



Comisión
Chilena de
Energía Nuclear
Ministerio de Energía
Gobierno de Chile



Memoria Anual Comisión Chilena de Energía Nuclear

2016

INDICE

	Pág
INTRODUCCIÓN.....	3
IN MEMORIAN.....	5
ORGÁNICA INSTITUCIONAL.....	6
RESULTADOS GLOBALES.....	7
DIVISIÓN CORPORATIVA.....	11
DIVISIÓN PRODUCCIÓN Y SERVICIOS.....	51
DIVISIÓN INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES NUCLEARES.....	96
DIVISIÓN PERSONAS.....	142
DIVISIÓN SEGURIDAD NUCLEAR Y RADIOLÓGICA.....	144
OFICINA ASESORA DE DESARROLLO ESTRATÉGICO Y ENERGÍA NUCLEAR DE POTENCIA.....	149
OFICINA ASESORA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN.....	153
OFICINA ASESORA DE AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO.....	156
OFICINA ASESORA DE COMUNICACIÓN CORPORATIVA.....	159

INTRODUCCIÓN

La Comisión Chilena de Energía Nuclear, CCHEN, es un organismo del Estado creado el 16 de abril de 1964 bajo el nombre de Comisión Nacional de Energía Nuclear.

En 1965, la Ley N° 16.319 crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear, continuadora legal de la anterior.

La misión y objetivos fijados por ley son:

- ❖ Atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y usos pacífico de la energía atómica y de los materiales fértiles, fisionables y radiactivos, y
- ❖ Regular, fiscalizar y controlar, desde el punto de vista de la seguridad nuclear y radiológica, las instalaciones nucleares y las instalaciones radiactivas relevantes en todo el país.

La institución es dirigida y administrada por un Consejo Directivo y un Director Ejecutivo, todos designados por S. E. el Presidente de la República. El Director Ejecutivo es seleccionado a través del Sistema de la Alta Dirección Pública.

Las actividades que se desarrollan al interior de la CCHEN, impactan en variadas áreas del quehacer nacional, siendo las más relevantes: la salud, la industria, la minería, la agricultura, la alimentación. La CCHEN regula, autoriza y fiscaliza, a nivel nacional, las fuentes nucleares y radiactivas catalogadas como de primera categoría y a los operadores de las mismas. Protege radiológicamente a las personas y al medioambiente; efectuando monitoreo, vigilancia, calibración, gestionando los desechos radiactivos y capacitando en el área radiológica.

Adicionalmente, a través de sus quehaceres, genera conocimientos y desarrollos en ciencia y tecnología nuclear para contribuir creciente y sostenidamente a la sociedad. De esta forma y siendo uno de sus principales objetivos estratégicos el incrementar el conocimiento en I+D en tecnologías nucleares y relacionadas, es que durante el año 2016, un total de 43 proyectos de investigación y desarrollo fueron ejecutados en ámbitos como la salud, agricultura, inocuidad alimentaria, caracterización de acuíferos e instrumentación, estudios de caracterización eléctrica, electrónica, radiológica e hidráulica en el Reactor de Investigación RECH-1 del Centro de Estudios Nucleares La Reina.

En el presente año, la CCHEN se encuentra desarrollando un completo y extenso Proceso de Fortalecimiento Institucional, el que involucra activamente a toda la comunidad CCHEN y que articula y sincroniza el conjunto de la Organización en torno a un proyecto común que busca actualizar el quehacer institucional.

El proceso se inició el año 2015 teniendo por finalidad fortalecer a la CCHEN desde una doble mirada: La eficiencia en las actividades cotidianas y la pertinencia entre esas actividades y las declaraciones que la constituyen como entidad pública en cuanto a su identidad, modelos de negocios y estrategias de desarrollo.

En el presente año, trabajan cuatro Grupos en las siguientes temáticas:

- Producción y Servicios
- Investigación y Desarrollo
- Órgano regulador
- Energía Nuclear de Potencia y
- Procesos, Infraestructura y Competencias Habilitantes

El Director Ejecutivo, Patricio Aguilera, ha destacado “el nivel de compromiso y desempeño de los Grupos de trabajo. Aquí no estamos tratando con una consultora que nos dice que hay que hacer. Aquí es capacidad interna y la capacidad de logro es altísima”.

Por su parte, el Presidente de la CCHEN manifiesta que “Lo que tenemos que hacer, o lo hacemos nosotros o alguien va a venir a hacerlo por nosotros. Esas son las dos alternativas, no hay una tercera. Y se tomó el camino de

Comisión Chilena de Energía Nuclear

hacerlo nosotros y nuestros funcionarios lo están haciendo. Eso es lo más importante de todo, el Proyecto de Fortalecimiento Institucional es un Proyecto del que son parte todos los funcionarios”.

En el transcurso de esta Memoria Institucional, se refleja el trabajo y los avances logrados al día de hoy, que en resumen significa el desarrollo de nuevos proyectos de investigación, así como la mejora de la gestión institucional.

Comisión Chilena de Energía Nuclear
IN MEMORIAM DE ÓSCAR ANDONIE ZAROR

1948-2016

Óscar Andonie Zaror, dio sus primeros pasos en la Comisión Chilena de Energía Nuclear en 1978. Por 38 años trabajó en el CEN La Reina. Fue jefe del Laboratorio de Activación Neutrónica y jefe de la Sección de Metrología Química.

Oscar Andonie tenía 68 años, estaba casado con Patricia Castillo, a quien conoció en la CCHEN. Era padre de dos hijos: Daniel y Javier, de 28 y 30 años, respectivamente.

Oscar Andonie, llegó al CEN La Reina en busca de un tema para su tesis de grado de Licenciado en Química, en el año 1976. Llegó al recién formado e implementado Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica (AAN) junto a su inseparable compañero de universidad don Jorge Ortiz, quien nos dejó tempranamente. En esa época, el AAN era la técnica de análisis químico para la medición de muy pequeñas cantidades de elementos químicos y sus aplicaciones eran múltiples.

Una de ellas, era la caracterización química elemental del material particulado atmosférico, el llamado smog, y que ya era preocupación en Santiago. Óscar y Jorge decidieron incursionar en este tema y realizaron su tesis sobre el "Análisis de los aerosoles atmosféricos de la ciudad de Santiago mediante análisis por activación neutrónica instrumental", la que completaron exitosamente y así se titularon en 1977.

Con este trabajo, sus resultados y conclusiones fue pionero. Fue la primera caracterización elemental del smog de Santiago, que sirvió de base para estudios y trabajos realizados en los años 90 y que dieron lugar al Plan de Descontaminación de Santiago del año 1997.

Más allá de lo profesional, Óscar Andonie, destacó en lo personal por ser muy respetuoso, de no pasar a llevar a nadie. El respeto se lo ganaba de esa manera, no con la autoridad de la jefatura.

En lo profesional si hay que describirlo en una palabra esa es riguroso. Por ejemplo, en el cumplimiento de las normas y del trabajo bien hecho. Duele saber que ya no está, pero a través de su trabajo, de su calidad como persona dejó una huella en la CCHEN, donde siempre se le recordará con mucho afecto y cariño.

ORGÁNICA INSTITUCIONAL



RESULTADOS GLOBALES

a) Resultados de la Gestión Financiera

Cuadro 2			
Ingresos y Gastos devengados año 2015 – 2016			
Denominación	Monto Año 2015 M\$ ¹	Monto Año 2016 M\$	Notas
INGRESOS	13.377.647	11.423.194	
TRANSFERENCIAS CORRIENTES	112.141	0	2
INGRESOS DE OPERACION	1.937.553	2.281.256	3
OTROS INGRESOS CORRIENTES	281.337	335.122	
APORTE FISCAL	10.743.483	8.488.127	4
VENTA DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	9.716	1.303	
RECUPERACION DE PRESTAMOS	293.416	317.386	
GASTOS	12.928.869	12.271.238	
GASTOS EN PERSONAL	8.023.499	8.178.753	
BIENES Y SERVICIOS DE CONSUMO	2.741.988	2.829.479	
PRESTACIONES DE SEGURIDAD SOCIAL	313.826	18.371	5
TRANSFERENCIAS CORRIENTES	20.404	24.561	
ADQUISICION ACTIVOS NO FINANCIEROS	497.257	118.569	
INICIATIVAS DE INVERSIÓN	1.168.652	200.788	6
SERVICIO DE LA DEUDA	163.243	900.717	
RESULTADO	448.778	-848.044	

1 La cifras están expresadas en M\$ del año 2016. El factor de actualización de las cifras del año 2015 es 1,0379.

2 Durante el 2016 no se realizaron pagos por concepto de bonos por retiro de funcionarios.

3 Se logró un 16,6% de incremento de los ingresos por Producción de Radioisótopos y Radiofármacos.

4 La diferencia se explica debido a que el 2016 se realizó rebajas del Aporte Fiscal que fueron compensados por mayores Ingresos Propios.

5 En 2016 sólo se realizó un pago por concepto de término de un Convenio de Alta Dirección Pública.

6 En 2015 y 2016 se ejecutó la mayor parte del Proyecto de Modernización del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes, correspondiendo al 2016 la última parte.

b) Estadísticas Área Prevención de Riesgos

Tabla: Cuadro estadístico año 2016 (Datos Oficiales Mutual de Seguridad)

Nº de Accidentes	2
Nº de Enfermedades Profesionales	1
Días Perdidos por Accidentes Profesionales	5
Días Perdidos por Enfermedades Profesionales	29
Promedio de Trabajadores	331
Nº de Accidentes Fatales	0
Nº de Pensionados	0
Nº de Indemnizados	0
Tasa de Siniestralidad por Incapacidad Temporal	10.27
Factor de Siniestralidad por Invalidez y Muertes	0
Índice de Accidentalidad	0.60
Tasa de Gravedad	2.99
Horas Hombre	834.120

Gráfico: Siniestralidad CCHEN 2016

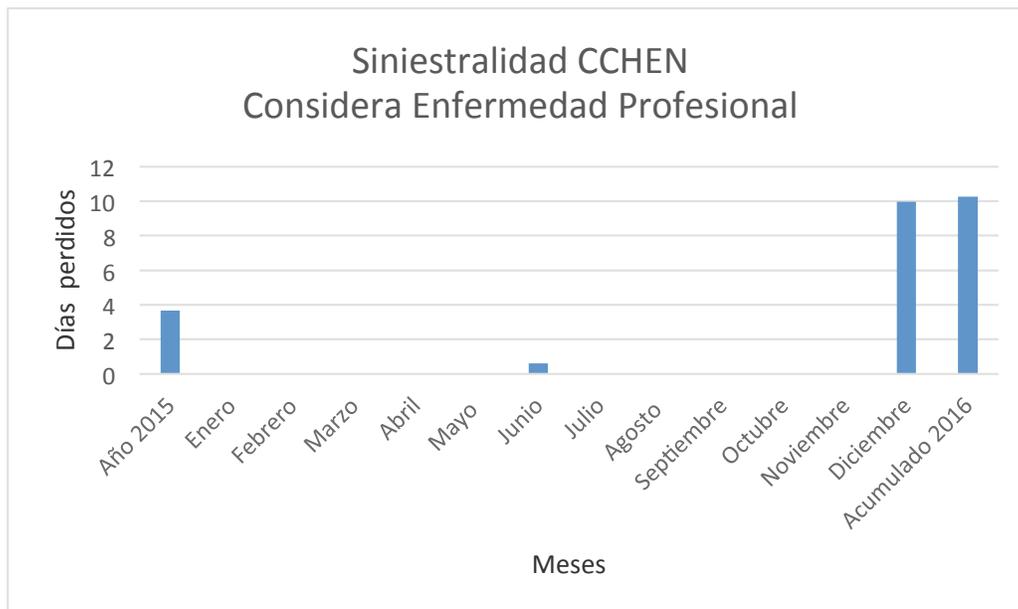


Gráfico: Masa laboral CCHEN 2016

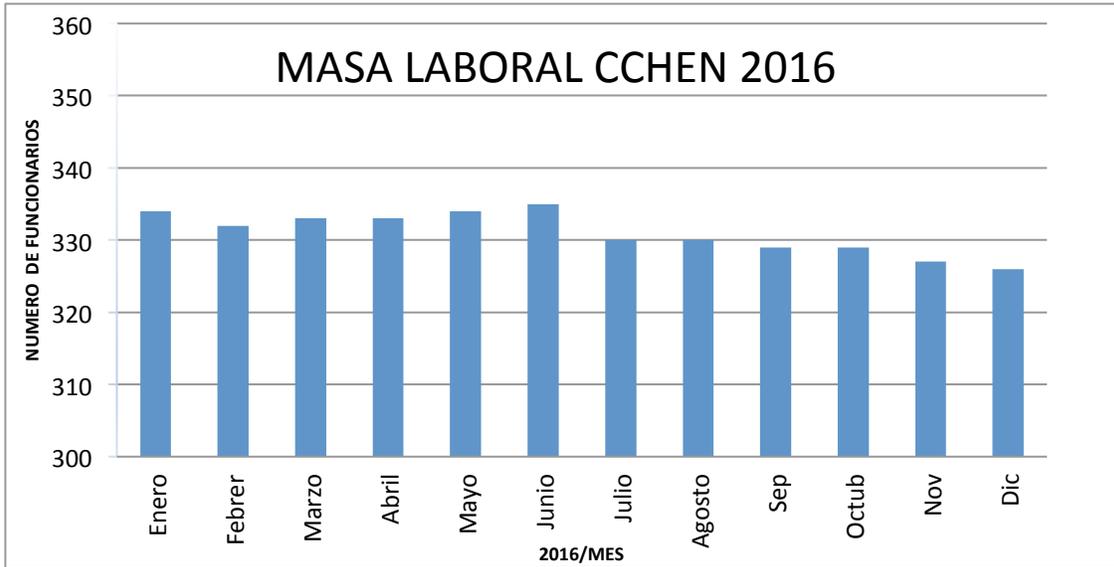
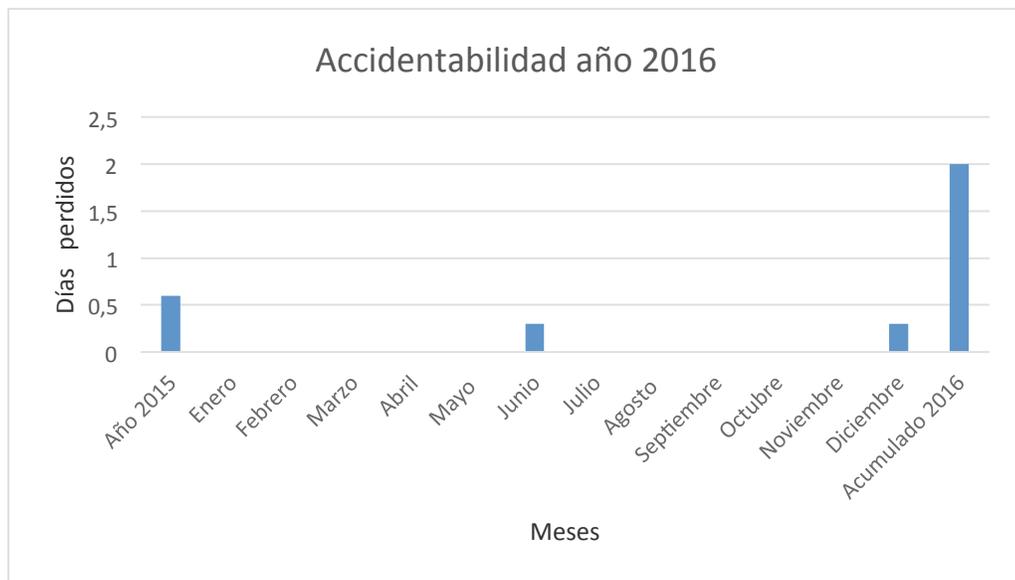


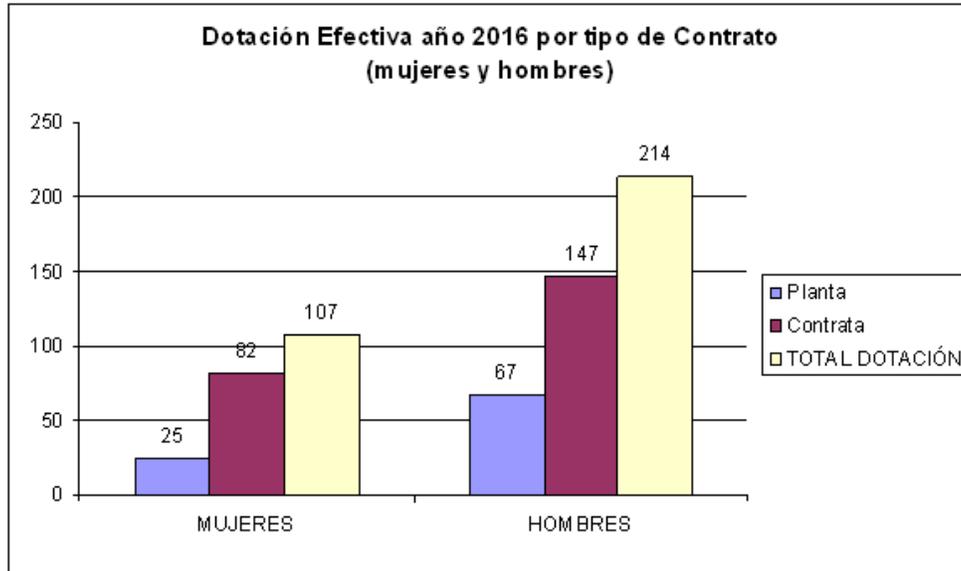
Gráfico: Accidentabilidad año 2016



C) Datos demográficos CCHEN 2016

Dotación Efectiva año 2016 por tipo de Contrato (mujeres y hombres)

Corresponde al personal permanente del servicio o institución, es decir: personal de planta, contrata, honorarios asimilado a grado, profesionales de las leyes Nos 15.076 y 19.664 que se encontraba ejerciendo funciones en la Institución al 31 de diciembre de 2016. Cabe hacer presente que el personal contratado a honorarios a suma alzada no se contabiliza como personal permanente de la institución.



CALIDAD JURÍDICA	MUJERES	HOMBRES	TOTAL DOTACIÓN
Planta	25	67	92
Contrata	82	147	229
Honorarios Asímilado a Grado	0	0	0
Otro Personal	0	0	0
TOTAL DOTACIÓN	107	214	321

DIVISIÓN CORPORATIVA

Jefe (S) de la División: Guillermo Parada Carvacho

☎ 223646189

✉ guillermo.parada@cchen.cl

OBJETIVO

La División Corporativa tiene por objetivo procurar la mejora continua de la gestión Institucional, conduciendo sus procesos estratégicos y de apoyo, alineando y coordinando las acciones de todas las unidades de gestión, para producir sinergia y de esta manera asegurar la entrega efectiva de los servicios comprometidos a los clientes y articular adecuadamente a la Comisión frente a otras instituciones, tanto en Chile como en el extranjero.

FUNCIONES

- Impulsar la ejecución de las tareas definidas por la Dirección Ejecutiva, facilitando y promoviendo la necesaria integración de las diferentes unidades de la División.
- Conducir los procesos y los sistemas y proyectos de carácter corporativo.
- Gestionar los procesos de administración y finanzas.
- Gestionar los sistemas de información y control de la gestión de la Corporación.
- Asegurar el adecuado funcionamiento de las instalaciones y equipamientos.
- Asegurar el adecuado control jurídico y normativo de los procesos, actividades y proyectos que realiza la Comisión.
- Apoyar al Director Ejecutivo en la gestión y seguimiento de las acciones e iniciativas que se realicen en el ámbito internacional.

Para cumplir con sus objetivos, la División tiene bajo su dependencia los departamentos de:

- Administración y Finanzas.
- Jurídico, Cooperación Técnica y Relaciones Internacionales.
- Gestión de Calidad, Ambiental y Prevención de Riesgos.
- Ingeniería y Sistemas.
- Protección Radiológica.

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION Y FINANZAS

Jefe del Departamento: Sr. Francisco Rodríguez C.

☎ 224702532

✉ francisco.rodriguez@cchen.cl

OBJETIVO

Proporcionar el apoyo necesario para el desempeño efectivo de las actividades de la Institución, desarrollando los procesos que permitan proveer los recursos financieros, materiales y de otro tipo y lograr el funcionamiento normal requerido por las diferentes Unidades, incluyendo el desarrollo de los procesos de adquisición, comercialización, contabilidad, ejecución presupuestaria, cobranzas, distribución y gestión de inventarios y servicios generales de los diferentes centros.

FUNCIONES

- Desarrollar, registrar y entregar información contable, financiera y presupuestaria a los niveles directivos de la Institución, y a los organismos externos, tales como Ministerio de Energía, Ministerio de Hacienda, Contraloría General de la República y Servicio de Impuestos Internos (SII).
- Realizar declaración de impuestos mensuales y declaraciones juradas anuales, solicitadas por el SII.
- Controlar el Activo Fijo de la Institución.
- Realizar la gestión de ventas de productos y servicios, generando cotizaciones, información comercial, listas de precios y visita a clientes.
- Controlar el avance del plan anual de ventas y facturación.
- Realizar los pagos a los proveedores de la CCHEN.
- Elaborar y enviar a los clientes los Documentos Tributarios Electrónicos, Facturas y Notas de Crédito, correspondientes a la venta de productos y servicios.
- Gestionar la cobranza a clientes, por venta de bienes y servicios.
- Mantener actualizado el Banco de Datos con los registros de clientes, productos y servicios.
- Participar de las Licitaciones de Mercado Público, en las que la CCHEN pueda y deba presentar sus ofertas de productos y servicios.
- Realizar análisis y estudios que requieran los niveles directivos de la Institución, tales como análisis de costos, análisis de precios, encuestas de satisfacción de clientes, estadísticas, post-venta, lanzamiento de productos, respuesta de información ciudadana, desarrollo de mejoras, optimización de procesos, entre otras actividades.
- Efectuar las adquisiciones, en el país o en el extranjero, de los productos y servicios que requiere la CCHEN, en conformidad a la normativa vigente.
- Tramitar la internación al país de equipos y bienes, que envía el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, Cooperación Técnica), a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Gestionar las operaciones de exportación de equipos de laboratorio, que se envían para su reparación y/o calibración.
- Proporcionar apoyo administrativo y logístico a todas las unidades de la CCHEN que lo requieran.
- Supervisar y controlar el cumplimiento de contratos de empresas de servicios, tales como alimentación, aseos, jardines, transporte de personal, entre otros.

SECCIÓN CONTABILIDAD Y FINANZAS

Actividades Realizadas:

- Se dio cumplimiento en forma oportuna y eficiente en la entrega de los Informes exigidos por la Dirección de Presupuesto y la Contraloría General de la República, emitidos mediante la plataforma SIGFE 2.0. En la revisión realizada por la Contraloría General de la República a los Estados Financieros, la CCHEN dio cumplimiento a un 99% de lo exigido, ubicándonos en el segundo lugar entre las Instituciones mejor catalogadas a nivel Nacional el año 2015 y 2016.
- El total recaudado el año 2016 por concepto de Cobranzas ascendió a M\$ 2.258.105, correspondiente a un 88,7% del total adeudado por Clientes a esa fecha. De esa total M\$ 2.005.466, corresponde a recuperación de servicios facturados el año 2016 y M\$ 252.639 a facturas pendientes de años anteriores.
- Se está llevando a cabo el plan de trabajo para abordar la nueva Normativa del Sistema de Contabilidad general de la Nación (NICSP), contenida en la Resolución CGR N° 16.



SECCIÓN ADQUISICIONES

Actividades Realizadas:

- Durante el periodo se realizaron 165 procesos de licitación en el portal mercado público, de los cuales, 3 procesos fueron declarados desiertos sin oferentes. Lo que arrojó un indicador de procesos desiertos sin oferentes para el año de un 1.82%, lo que permitió cumplir con meta de la CCHEN que establece un 5% como máximo anual de procesos desiertos sin oferentes.
- Durante el periodo se logró la mantención de la Acreditación ante la Dirección de Compras y Contratación Pública, de todos los integrantes de la Sección Adquisiciones, para los perfiles comprador y/o supervisor según corresponda.
- Procesos de gestión de licitación, adjudicación y contratación más relevantes:
 - Suministro e instalación de fuentes de cobalto-60 para la Planta de Irradiación Multipropósito del Centro de Estudios Nucleares (CEN) Lo Aguirre y retoma de fuentes gastadas en desuso.
 - Módulos electrónicos para el sistema de coincidencia del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CEN La Reina.
 - Estudio de opinión y estrategia de comunicaciones sobre los usos de la tecnología Nuclear en Energía y Medioambiente.
 - Servicio de auditoría interna para evaluación proceso venta de litio.
 - Modificación / adecuación a nueva normativa sísmica a estudio de ingeniería de detalle: 1° etapa construcción de nuevo almacén de desechos radiactivos en CEN Lo Aguirre.

SECCIÓN SERVICIOS GENERALES

Actividades Realizadas:

- Realización de nuevos levantamientos de inventarios y actualizaciones de planchetas, como producto de cambio y traslado de dependencias, acompañado de un proceso de sensibilización, respecto de las responsabilidades de los bienes institucionales.
- Actividades de coordinación y apoyo en: Presentaciones, Seminarios, Cursos, Talleres, Misión Expertos, Reuniones, Visitas, Charlas, además de las actividades institucionales protocolares.

OBJETIVOS

Asegurar que las actividades y procesos que desarrolle o tengan relación con la Comisión o con aquellos que sean solicitados a ésta, cumplan con los requisitos que el ordenamiento jurídico impone y con criterios propios del área de desempeño.

Integrar a la Comisión y las instituciones nacionales al ámbito de cooperación técnica internacional en el área nuclear, con el propósito de incorporar, actualizar y fortalecer sus capacidades científico-tecnológicas para beneficio de la sociedad y mantener los vínculos con los organismos externos en su ámbito de desempeño, para que el país dé cumplimiento a su rol en la comunidad nuclear.

FUNCIONES

- Asesorar a las autoridades y áreas de la Comisión en todos los ámbitos que su competencia legal lo habilita. Asesorar a las autoridades de la CCHEN y a las autoridades de gobierno, en conjunto con el Ministerio de Relaciones Exteriores, en todos los aspectos que se deriven de acciones de los países y organismos internacionales, que puedan afectar el desarrollo nuclear chileno.
- Asesorar, elaborar y tramitar contratos de servicios, convenios, acuerdos y otros, tanto nacionales como internacionales.
- Elaborar o revisar proyectos de leyes y reglamentos que, en virtud de sus objetivos y funciones, necesite o considere oportuno legislar.
- Validar la legalidad de los actos administrativos que emanen de las distintas áreas de la Comisión. Ejecutar las investigaciones sumarias y sumarios administrativos que disponga la autoridad institucional.
- Evaluar las ofertas de venta de productos mineros que contengan presencia significativa de Uranio o Torio en ejercicio de la 1ª opción de compra entregada al estado y establecer condiciones de compra o rechazo de la oferta.
- Recibir y evaluar comunicados de existencia de Litio en yacimientos mineros y que puedan tener presencia significativa para determinar su separación si fuese requerido para su acopio o venta.
- Revisar los actos jurídicos sobre Litio extraído conforme lo haya dispuesto la autoridad institucional.
- Desarrollar y mantener el vínculo formal entre la institución, el OIEA y organizaciones pertinentes, en materias de relaciones internacionales y cooperación técnica.
- Materializar el enlace entre la consejería científica en la Embajada en Viena y la CCHEN, coordinando todas las áreas del OIEA y las correspondientes de la Comisión.
- Realizar la gestión de los ciclos de la cooperación técnica del OIEA, desde la formulación del marco programático nacional, el llamado a concurso para la postulación a sus beneficios, el apoyo en la elaboración de proyectos, el proceso de selección y asignación y el control de los compromisos tomados por las instituciones favorecidas.
- Proponer las políticas y acciones necesarias para desarrollar e incrementar las relaciones con instituciones similares en otros países y con organismos internacionales, en asuntos relacionados con la energía nuclear.
- Proponer acuerdos de cooperación que conduzcan a la obtención de becas de capacitación, visitas externas y transferencias de tecnologías, equipos y materiales que Chile pueda suministrar a otros países, en el contexto del área nuclear.
- Asesorar al Director Ejecutivo, en su calidad de Oficial Nacional de Enlace (NLO), en los asuntos de cooperación técnica con el Organismo Internacional de Energía Atómica.
- Desarrollar el Plan de Cooperación Internacional, relacionado con visitas científicas, eventos internacionales, apoyo de expertos y obtención de materiales y equipos, que requieran las distintas áreas de la CCHEN, de acuerdo a la disponibilidad de instituciones, organizaciones y organismos internacionales.

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- Desarrollar, en conjunto con la División Personas, el plan de capacitación internacional de los funcionarios de la Comisión.
- Desarrollar y mantener el catastro de instituciones internacionales con capacidades para contribuir a la formación, capacitación y entrenamiento en el área nuclear y disciplinas relacionadas con su desempeño.
- Coordinar la realización de actividades de difusión del conocimiento adquirido en el extranjero por integrantes de la institución y verificar la eficacia y aplicabilidad del conocimiento adquirido, en coordinación con el área de capacitación de la División Personas.
- Coordinar las relaciones entre las áreas temáticas del OIEA y aquellas correspondientes de la Comisión.
- Estudiar y proponer, en conjunto con Asesoría Jurídica, la suscripción de contratos y/o convenios de carácter internacional, de acuerdo a los requerimientos de las actividades y áreas de la Comisión.

SECCIÓN JURÍDICA

Actividades Realizadas:

- Se asesoró, elaboró y tramitó 16 convenios:
 - 6 Convenios de Donaciones de equipos para la Junta Nacional del Cuerpo de Bomberos de Chile, Dirección General de Aeronáutica Civil, Policía de Investigaciones de Chile, Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante y Carabineros de Chile.
 - 7 Convenios de Cooperación con Universidades como Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Talca, Universidad de la Serena, Dirección nacional de Aguas y SERNAGEOMIN, Consejo para la Transparencia, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de Chile, Depto. de Ingeniería Industrial.
 - 3 Convenios de Subsidio para apoyo con CONICYT, Dirección Nacional del Servicio Civil y la Dirección Nacional de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas.

SECCIÓN COOPERACIÓN TÉCNICA Y RELACIONES INTERNACIONALES

Actividades Realizadas:

- Se ha desarrollado y se mantiene el vínculo formal entre la institución, el OIEA y organizaciones pertinentes, en materias de relaciones internacionales y cooperación técnica.
- Se desarrolló el plan de capacitación internacional de los funcionarios de la Comisión, en relación con los Proyectos RLA, CRP, OIEA, FONDECYT, CONICYT , a través de becas de capacitación (3), Conferencias (8), Talleres (21), Cursos (21), Congresos (1) Visita Científica (9) , Expertos (2) .
- Se desarrolló el plan de capacitación internacional de profesionales externos que colaboran en conjunto con la Comisión, en relación con los Proyectos RLA, CRP, OIEA, FONDECYT, CONICYT , a través de becas de capacitación (1), Conferencias (7), Talleres (6), Cursos (66), Reuniones (22) Visita Científica (1) , Expertos (1) .

DEPARTAMENTO GESTIÓN CALIDAD, AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

Jefe del Departamento: Sr. Herman Zarate Segovia

☎ 223646281

✉ herman.zarate@cchen.cl

OBJETIVO

Asegurar el desarrollo, implementación y mantención de un sistema de gestión de la calidad, que le permita a la Institución desarrollar sus actividades y procesos de modo estandarizado, trazable y satisfactorio, en relación a los requerimientos de sus clientes internos y externos.

FUNCIONES

Implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad, mediante un programa de trabajo, que considere todos los procesos de la CCHEN con la norma ISO 9001 y coordinar la certificación de aquellos procesos que la institución determine.

- Implementar y mantener el aseguramiento de la calidad, mediante un programa de trabajo, para Ensayos de Laboratorio y Calibración bajo la norma ISO 17025, en técnicas de Laboratorio definidas por la Comisión.
- Desarrollar, coordinar e implementar un programa anual de auditorías internas y externas al sistema de gestión de la calidad.
- Informar a la Dirección Ejecutiva sobre el desempeño del sistema, de las necesidades de recursos y de los requerimientos de mejora.
- Promover la toma de conciencia de los requisitos del cliente en todos los niveles de la Organización.
- Evaluar y proponer las políticas y criterios institucionales a la alta dirección y áreas de la Comisión, para la adopción de nuevos estándares asociados a los procesos y actividades que desarrolla la institución.
- Coordinar e implementar los estándares asociados a los procesos y actividades que desarrolla la institución de acuerdo a las políticas y criterios institucionales
- Desarrollar actividades de divulgación de las actividades y materias relacionadas con el área de desempeño.
- Asesorar a la autoridad institucional en su área de desempeño y proporcionar apoyo a entes internos y externos, según requerimiento.

SECCIÓN GESTIÓN CALIDAD

Actividades Realizadas:

- En el año 2016 la Institución sometió su Sistema de Gestión de la Calidad a validación, a través de 1 auditoría externa y 21 auditorías internas.
- Respecto a la auditoría externa, correspondió a la evaluación de seguimiento de acreditación, en función de la norma ISO 17025:2005 al "laboratorio de calibración, área de magnitud de metrología de las radiaciones ionizantes" perteneciente al Departamento de protección radiológica de la División. Dicha evaluación fue realizada por el Instituto de Nacional Normalización (INN).
- Se efectuó consultoría en donde se trabajó en el conocimiento y diferencias de la nueva versión de ISO 9001:2015, para la cual se realizaron cursos de interpretación, cursos a auditores y además se alinearon conceptos tanto de ISO 9001 con el CAIGG estableciendo criterios de evaluación de riesgos de nuestros procesos.

SECCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL

Actividades Realizadas:

- Se efectuó tramitación para la obtención de la clave de ingreso a Ventanilla única RETC, dicho esto se comenzó a realizar declaraciones correspondientes según DS 1/2013 Ministerio de Medio Ambiente.
- Se realiza acondicionamiento y disposición final de Residuos Peligrosos (RESPEL) de La Reina con su respectiva declaración.
- Mediciones periódicas de descargas al alcantarillado según DS 609/98 Ministerio de Obras Públicas.
- Se realiza declaración y medición de emisiones atmosféricas según Resolución 15027 a las calderas de calefacción y a grupos electrógenos de emergencia.

SECCIÓN PREVENCIÓN DE RIESGOS

Actividades Realizadas:

- Se ejecutaron diversas actividades de capacitación dirigida a funcionarios, así como evaluación de los puestos de trabajo y asesoría de Higiene y seguridad.
- Se realizó revisión anual del estado de los sistemas de emergencia: redes contra incendio, extintores, sistemas de detección de incendio, luces de emergencia, entre otros.
- Se gestionó elaboración de indicadores transversales del PMG, de acuerdo a requerimientos de la DIPRES (Informe del resultado del indicador del sistema Tasa de Accidentabilidad año 2015).
- Se trabajó estrechamente con Mutual de Seguridad en el Programa de vigilancia ocupacional para los funcionarios.
- Se asesoró y apoyó actividades de los Comités Paritarios de Higiene y Seguridad, especialmente en la solución de problemas técnicos o legales del ámbito, propiciando el contacto y red de apoyo con la Mutual de Seguridad.
- Se trabajó en el análisis e interpretación de los índices estadísticos de accidentes, con el objeto de tomar las medidas oportunas cuando estos indican una desviación de los valores esperados. El Programa "Sistema de Higiene – Seguridad y Mejoramiento de Ambientes de Trabajo "SHYSMAT", presenta el siguiente resultado, considerando una de las propuestas de los Comités Paritarios, en este caso mejora de las condiciones ergonómicas de los funcionarios, específicamente la adquisición de sillas ergonómica.



Figura 1: Capacitación en Emergencias

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y SISTEMAS

Jefe del Departamento: Sr. Raúl Riquelme Rojas

☎ 223646190

✉ raul.riquelme@cchen.cl

OBJETIVO

Proporcionar a la institución las capacidades de ingeniería e informática para el desarrollo efectivo de sus objetivos y la mantención sistemática de sus instalaciones y equipamiento, de modo moderno, ágil, actualizado y seguro, guiados por el cumplimiento de exigencias y criterios técnicos coherentes con la complejidad de las labores que efectúa la Comisión.

FUNCIONES

- **Ámbito ingeniería y proyectos**
 - Proyectar, ejecutar, coordinar y apoyar todos los proyectos de ingeniería de acuerdo a las necesidades de los usuarios internos en diversas especialidades, convencionales y no convencionales.
 - Preparar los antecedentes técnicos y económicos para la licitación de contratos de ingeniería básica, de detalle y/o de construcción, derivados de proyectos o programas de inversión y prestar asesoría en sus diferentes etapas.
 - Administrar los diversos contratos de arquitectura, ingeniería y construcción que se requieran para los diversos proyectos, incluyendo el llamado a propuesta, selección técnica de proponentes, dirección e inspección técnica y administrativa de labores de ingeniería y/o construcción.
 - Supervisar técnicamente el cumplimiento de los contratos de servicios y mantenimiento.
 - Administrar y mantener el Banco de Planos Institucional.
 - Suministrar o coordinar la provisión de servicios de diseño, construcción, fabricación y/o montaje en las áreas de mecánica, electricidad, electrónica industrial y otras especialidades, según sean requeridas.
 - Desarrollar y ejecutar programas de mantención mecánica, eléctrica y electrónica a las distintas áreas de la Comisión, para asegurar la disponibilidad de las instalaciones y equipamiento.
- **Ámbito mantenimiento**
 - Ejecutar la provisión de los servicios de diseño, construcción, fabricación y/o implementación en las áreas de mecánica, electricidad, instrumentación nuclear, electrónica industrial, soplado de vidrio, y otras especialidades, según sean requeridas.
 - Desarrollar y/o ejecutar programas de mantención preventiva, correctiva o predictiva, según corresponda, en las especialidades de mecánica, eléctrica y electrónica a las distintas áreas de la Comisión, para asegurar la disponibilidad de las instalaciones y equipamiento.
 - Mantener operativos y coordinar los sistemas de agua potable, alcantarillado, eléctrico, telefonía y aire acondicionado en las tres sedes.
 - Mantener la infraestructura de instalaciones, de acuerdo a necesidades básicas.
- **Ámbito informática y sistemas**
 - Alinear los servicios informáticos con los procesos productivos y de soporte de la Institución, a través de una adecuada gestión y monitorización de la infraestructura de Tecnología de Información y Comunicaciones que posee la CCHEN.
 - Gestionar la cartera de proyectos de tecnologías de información para los procesos de la CCHEN, en sus etapas de evaluación, adquisición, desarrollo e implementación.
 - Administrar la plataforma computacional y de redes de la institución.
 - Desarrollar y mantener el plan de seguridad de la información de la CCHEN y gestionar la

- seguridad de los activos de información de los procesos de la institución.
- Supervisar y coordinar los servicios computacionales, informáticos, enlaces de voz y datos que la Comisión adquiera o contrate.
- Incorporar sistemas de información a las operaciones y procesos operativos y de soporte que se realizan en las diferentes unidades de la institución.
- Centralizar los requerimientos informáticos operativos a través del servicio de mesa de ayuda y gestionar el requerimiento hasta su solución.
- Prestar apoyo y servicios de soporte informático y computacional, así como, el mantenimiento de los sistemas informáticos para todos los procesos de la institución.
- Centralizar y evaluar la provisión de medios o insumos informáticos.

SUBDEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

El Subdepartamento, además de entregar soporte a los usuarios internos de la CCHEN, asume responsabilidades institucionales en temas Gubernamentales, entre los cuales, en el año 2016, se pueden mencionar:

- **Transparencia Activa CCHEN** <http://www.cchen.gob.cl/transparencia/>

En lo referente a Transparencia Activa, se lleva a cabo mensualmente, la actualización del sitio Web Institucional de Transparencia, dando cumplimiento a la Ley de Acceso a la Información Pública N° 20.285 - ORD N° 802/2013, Oficios 870, 1220 y 166 junto a las instrucciones generales 8, 9 y 10 sobre "Transparencia Activa" de los Organismos de Gobierno.

- **Ley del Lobby** <https://www.leylobby.gob.cl/>

Se ha brindado el soporte respectivo para la administración de la plataforma de Lobby CCHEN. Se generaron los respectivos sujetos pasivos, de acuerdo a las instrucciones y plazo gubernamentales.

- **Gobierno Abierto** <http://www.gobiernoabierto.gob.cl/>

En el marco del Portal Gobierno Abierto, se brindó soporte a las publicaciones de los 5 conjuntos de datos que nuestra institución posee disponibles en el catálogo de datos del sitio <http://datos.gob.cl/page/view/inicio>. Los conjuntos de datos son los siguientes:

- Control Radiológico de Alimentos en Chile
 - Niveles de dosimetría del personal de la CCHEN
 - Convenios firmados en el área nuclear, nacional e internacional
 - Respuestas a consultas de autoridades sobre seguridad nuclear y radiológica
 - Situación de Japón. Accidente de Fukushima
- **Chile Atiende** <http://www.chileatiende.cl>, Se ha entregado el soporte respectivo a los trámites institucionales publicados en Chile Atiende, los cuales a la fecha corresponden a ocho.
 - **Plataforma Integrada de Servicios Electrónicos del Estado (PISEE)**, Se realizó el soporte necesario para realizar las actualizaciones solicitadas para inter-operar con los servicios ofrecidos por la plataforma tecnológica PISEE. <http://www.modernizacion.gob.cl/interoperabilidad/plataforma-de-integracion-pisee/>

Actividades Realizadas:

- **Datacenter de contingencia:** En 2016, se logró disponer de un sitio de contingencia ante la eventualidad que no esté disponible el data center principal.
- **PMG Sistema de Seguridad der la Información:** Durante el año 2016 se implementaron 16 controles de la Norma Nch-ISO 27001-2013
- **PMG Gobierno Electrónico:** El año 2016 se comprometió la digitalización del trámite "Obtención de Licencias y autorizaciones para instalaciones nucleares y radiactivas", este compromiso fue abordado de manera exitosa lográndose la digitalización de este trámite.

SECCIÓN SISTEMAS

Actividades Realizadas:

- Desarrollo y puesta en operación de un sistema informático para apoyar la integración de la información de fichas médicas y exámenes del personal CCHEN del proceso del área Radiomedicina de la División de Producción y Servicios. Este proyecto permitirá a dicha área contar con un Sistema que integre, organice, recopile, archive de forma digital todos los aspectos relacionados con el seguimiento tanto del personal ocupacionalmente expuesto como del resto de los funcionarios que conforman la CCHEN.
 - Apoyo a la integración, centralización y ordenamiento de la información de los procesos del Departamento de Seguridad Nuclear y Radiológica (DSNR).
 - En el Portal de Servicios CCHEN, se implementó mejoras en la digitalización del trámite “Obtención de Licencias y autorizaciones para instalaciones nucleares y radiactivas”, para esto se determinaron etapas de su flujo y se incorporaron mejoras que apuntan a convertirlo en un trámite “no presencial”.
 - Desarrollo de un Portal de información de autorización y fiscalización para el ciudadano y empresas, el cual permite al ciudadano o a la empresa respectiva visualizar o acceder la siguiente información:
 - Pública (ciudadano/empresa):
 - a) Registro de autorizaciones
 - b) Registro normativo
 - c) Enlace a Portal de Servicios CCHEN
 - Privada (empresa):
 - a) Registro de la empresa: datos propios, notificaciones.
 - b) Registro de instalaciones radiactivas de la empresa: autorizaciones, notificaciones de vencimiento, enlace a portal de negocios.
 - c) Registro de equipos de la empresa: autorizaciones, notificaciones de vencimiento, enlace a portal de negocios, geo-referencia (ubicación de equipos de su dependencia).
 - d) Registro de material radiactivo de la empresa: inventario material radiactivo, geo-referencia (ubicación de material radiactivo de su dependencia).
 - e) Registro de personas ocupacionalmente expuestas: autorizaciones, notificaciones de vencimiento, enlace a portal de servicios CCHEN.
- Su puesta en operación está prevista para el primer trimestre de 2017.
- Participación en el “Curso Regional sobre Contabilidad y Control de Materiales Nucleares”, con la presentación “Sistema Informático para apoyar el Control y Contabilidad de Materiales Nucleares CCHEN- Desarrollo y Operación - Visión Informática” patrocinado por el OIEA y organizado por la División de Seguridad Nuclear y Radiológica (DSNR) de la CCHEN.

SECCIÓN SOPORTE INFORMÁTICO

Actividades Realizadas:

- Actualización antivirus institucional: Se actualizó el antivirus institucional, al antivirus Eset Nod32, que es dentro del mercado uno de los más confiables y tiene la propiedad de liberación del rendimiento de la PC, facilitando el trabajo al usuario.
- Mejoras en seguridad interna y externa perimetral de la red institucional, LAN. Uno de los cambios importantes en la parte externa, lo realizó la Empresa ENTEL, siendo esta la cual nos otorga la seguridad en caso de ataques externos, para proteger nuestros equipos de escritorio y servidores.
- Se cambiaron e integraron tres nuevos servidores relacionados con las autorizaciones y privilegios de los usuarios. Esta plataforma denominada Directorio Activo, bajo el sistema Operativo Windows Server 2012, fue subida de versión desde el Windows server 2003. Esta actualización permitió mejorar todos los aspectos de seguridad anteriormente dichos y la modernización a una plataforma más actual y más confiable como en otros aspectos en cuando a la performance de los servicios asociados a las mejoras de los rendimientos.

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- Renovación del equipamiento para usuarios: Se ha integrado equipamiento nuevo con un total aproximado a 43 nuevos, 15 PC refaccionados y 19 impresoras nuevas, para distintas áreas que han solicitado modernización de PC y otros que pudieron para ser refaccionados (ver figura siguiente).

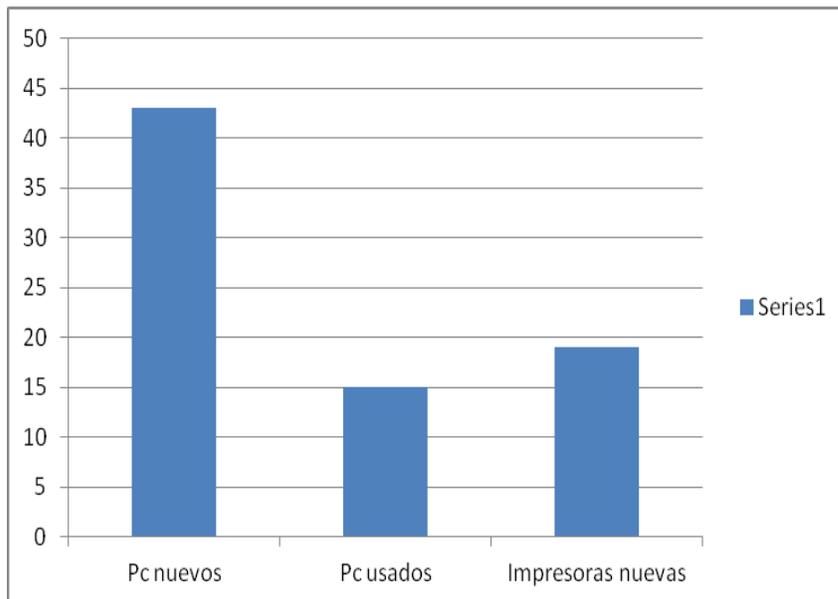


Figura: Equipamiento entregado año 2016

- Instalación de un Data Center de respaldo (ver figura siguiente), el que operará con los servicios prioritarios (Correo, Pagina WEB, servicios al Cliente y otros), para evitar el posible aislamiento en caso de falla de los enlaces propios de la Central en el CEN La Reina, los cuales podrían ser por efectos naturales o por falla de aspectos técnicos, principalmente por aspectos asociados a sismos, inundaciones o corte prolongado del suministro eléctrico.
- Se dictaron charlas de sensibilización en materias de seguridad informática y de la información, en las tres sedes.

SERVICIO DE MESA DE AYUDA

Actividades Realizadas:

- Se recibieron 1267 solicitudes durante el año 2016, destacando que más del 50% fueron resueltas por la Mesa de Ayuda directamente.
- El tiempo promedio de respuesta fue de 2,79 días de espera en promedio por cada requerimiento. Tiempo que se considera cuando la solicitud no requiere de proveedores externos tales como garantías, adquisición de repuestos o habilitación de servicios de terceros.
- En la mesa de ayuda se realizan otras tareas como: mantención de equipos, respaldos de información, mantenciones preventivas, instalaciones de software especializados así como también apoyo a cursos Nacionales e Internacionales, dentro o fuera de la CCHEN.

El siguiente gráfico muestra en los últimos años, la cantidad de requerimientos atendidos por el servicio de Mesa de Ayuda.



Gráfico de requerimientos del servicio de Mesa de Ayuda

SUBDEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y MANTENIMIENTO

SECCIÓN PROYECTOS

Actividades Realizadas:

- En el año 2016 se realizan diversos trabajos relevantes donde destacan la ingeniería del almacén de desechos radiactivos.
- Se contribuye con la ingeniería de equipo NORATOM utilizado por la sección salud y alimentos para aplicaciones médicas.

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de los trabajos realizados durante el año 2016.

PROYECTO - OBRA- MANTENIMIENTO	SEDE	ESTADO	CLIENTE
Habilitación de nueva sala de Vigilancia, CAS,	La Reina	Terminado	Departamento de Protección Radiológica
Habilitación de espacios de Trabajo Planta Piloto	Lo Aguirre	Terminado	Dirección Ejecutiva
Habilitación de espacios de Trabajo Centro de Entrenamiento	Lo Aguirre	Terminado	División Investigación y Aplicaciones Nucleares
Se rediseñan planos de ingeniería de NORATOM por ajustes requeridos por geometría de lápices (fuentes radiactivas).	La Reina	Terminado	División Investigación y Aplicaciones Nucleares
Cálculos civiles y mecánicos brazo móvil y nicho para nueva ubicación de equipo de irradiación NORATOM	La Reina	Terminado	División Investigación y Aplicaciones Nucleares

TRATADO DE PROHIBICIÓN COMPLETA DE ENSAYOS NUCLEARES (TPCEN)

Chile participa con 7 estaciones de vigilancia y un Centro Nacional de Datos en el Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares, TPCEN. En el periodo se han mantenido operativas las instalaciones de Isla de Pascua con sus tecnologías de Radio nucleídos, Infrasonido, Gases Nobles y Sísmica. También se han mantenido funcionando correctamente las instalaciones de Juan Fernández luego de su reconstrucción y puesta en operación. Estas instalaciones cuentan con tecnologías de Infrasonido e Hidroacústica siendo esta una de pocas estaciones en el mundo en su tipo. Las instalaciones de Punta Arenas ubicadas físicamente la Universidad de Magallanes han mantenido su correcta operación contando esta estación solamente con la tecnología de Radio nucleídos.

Actividades Realizadas:

- Destaca la mantención realizada en la Estación de Isla de Pascua a los equipos con tecnología de gases nobles y su subsistema de alimentación de helio. Este trabajo permitió la correcta operación de esta tecnología.
- Durante el año 2016 se logró, en coordinación con el CTBTO, concretar la renovación de equipamiento y software del Centro Nacional de Datos por parte del CTBTO, lo que permite que vía enlace satelital, nuestro país reciba información de las estaciones chilenas. Esta información es parte de lo utilizado para la generación de reportes, durante el 2016, que entregan información de operación y monitoreo de estaciones de vigilancia chilenas.
- Se realizó la actualización del Centro Nacional de Datos que consistió en equipos de procesamiento de datos, almacenamiento y software que permitirán realizar análisis de la información con herramientas modernas, lo cual permitirá mejoras la información disponible para diversos usos.



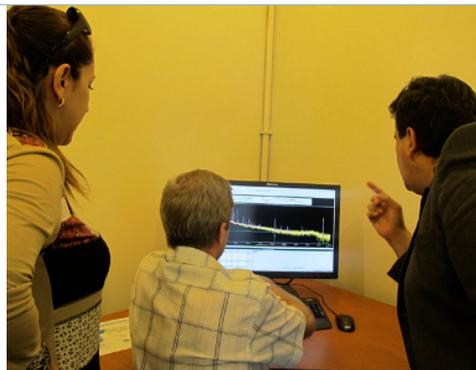
Reunión inicial de trabajo del CTBTO con experto Alexander Poplavskiy y el equipo CCHEN integrado por la Srta. Paola García, Sr. Alex Guinez y Sr. Remigio Contreras.



Montaje de DataStorage
Srta. Paola García y Sr. Omar Cabezas



Montaje de Baterías de UPS



Espectro de energía de visualizado de una muestra de Isla de Pascua. Sr. Jorge Gutierrez, Srta. Paola Garcia y Experto.



Reunión con el Sr. Rodrigo Sánchez, representante del Centro Sismológico de la Universidad de Chile



Reunión final del experto con el Jefe (S) de la División Corporativa

SECCIÓN MANTENIMIENTO

Actividades Realizadas:

- La sección tiene especialidades en electrónica, electricidad, mecánica industrial, soplado de vidrio, gasfitería y albañilería menor. El sistema de atención a clientes de nuestra institución se basa en solicitudes de trabajos que permite gestionar los trabajos con un enfoque orientado al cliente, bajo norma ISO 9001:2015.
- Durante el año 2016, la Sección Mantenimiento ejecuta trabajos de diseño, fabricación y montaje de piezas varias y mantuvo operativas las instalaciones de la CCHEN y en especial las de tipo nuclear de los dos Centros de Estudios Nucleares, a través de la realización de mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a lo planificado y a las necesidades, respectivamente. Se realizan apoyos para la realización de actividades de difusión y capacitación como seminarios y congresos en diferentes áreas de interés institucional.
- Se colabora en apoyo a la sección de Ingeniería y Proyectos en la licitación de obras como: licitación de mejoras a instalaciones en Isla de Pascua con cubierta generador eléctrico para prolongar su vida útil. Licitación reparación cubiertas de sala de ventilación y generador eléctrico de Lo Aguirre. Licitación mantención correctiva techumbre pabellón Geología y Minería. Licitación mamparas para nuevos puestos de trabajo. Licitación de climatización CTBTO Isla de Pascua.
- Diseño y montaje de piezas varias para la implementación de las nuevas celdas de la Planta de Producción de

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- Radiofármacos y Radioisótopos – Centro de Estudios Nucleares La Reina como porta frasco para calibrador.
- Montajes de los sistemas de monitoreo de la nueva Planta de Producción de Radiofármacos y Radioisótopos – La Reina.
 - Nuevo montaje del sistema de altoparlantes para la nueva Planta de Producción de Radiofármacos y Radioisótopos.
 - Se fabricaron dos muestreadores de acero inoxidable para sólidos con Litio el cual se está utilizando en trabajo en Norte de Chile para grupo de Metalurgia y Litio.
 - Fabricación de Blindaje de Plomo y apoyo para descarga de fuentes de cobalto 60 del irradiador Noratrom del CEN LR.
 - Apoyo en traslado de materiales para almacenamiento, carga y descarga como la nueva celda ciclotrón realizando trabajos de apoyo de la descarga y almacenaje.
 - Diseño y nuevo montaje del sistema de enclavamiento de seguridad de puertas del PPRI.
 - Reparación de selector tablero control de barras de RECH1.
 - Se habilita montaje del control inalámbrico para puente grúa RECH1.
 - Implementaciones eléctricas, electrónicas y obras civiles para el Proyecto Sistema de Monitoreo de Área Radiológico Remoto (SMARR).
 - Apoyo en generación de proyecto y control de obras para Monitoreo ambiental.
 - Fabricación de piezas requeridas para el transporte y cambio de lápices de Irradiación NORATOM.
 - Nuevo empalme eléctrico del sistema suministro y reposición del sistema eléctrico del sistema de ventilación PPRI.
 - Se habilita nuevas instalaciones para sala de monitoreo de Protección Física.
 - Se colaboró en ajustes de tareas iniciales en proyecto de Almacén de Desechos.
 - Se entrega proyecto de remodelación de biblioteca como espacio colaborativo que incluye plano de planta y presupuesto exploratorio.
 - Se rediseñan planos de ingeniería de NORATOM por ajustes requeridos por geometría de lápices (fuentes radiactivas).



Durante el año el taller de soplado de vidrio fabrica equipos en vidrio tipo boro silicato y cuarzo, para el proceso de producción de Yodo, Tecnecio y Fósforo requeridos por el Laboratorio de Producción de Radioisótopos. Asimismo, fueron fabricados piezas con diseños especiales y reparados diversos artículos de vidrio tales como mirillas, extractores, destiladores, equipos y líneas de laboratorio, además de otros artículos en vidrio tipo boro silicato y cuarzo. También fueron realizados trabajos de soldaduras vidrio-metal.

LABORATORIO DE ELECTRÓNICA

Actividades Realizadas:

- Durante todo el periodo, el laboratorio de electrónica efectuó los mantenimientos preventivos y correctivos que fueron requeridas por lo diferentes proyectos de la CCHEN y en especial los efectuados a los equipos de Reactor y Planta de Irradiación Multipropósito.
- Se ejecutan trabajos necesarios para calibrar los equipos del Laboratorio de Radioactividad Ambiental y de Análisis por Activación Neutrónica y otros laboratorios de la CCHEN a objeto de dar cumplimiento a los requisitos para cumplir con el Sistema de Certificación de la Calidad.
- Electrónica ejecuta el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de los distintos laboratorios e instalaciones de la CCHEN (monitores portátiles de radiación, espectrómetro de masas, termogravimetría, analizadores multicanales, electrómetros, fuentes de alto voltaje, monitor de pies y manos, etc.).
- Se ejecutan mantenimientos a los equipos de control y comando del RECH 1, permitiendo su operación de acuerdo a la programación anual
- Se apoya el diseño e implementación del proyecto detector (Compton) con movimiento de detector NAI para Laboratorio Análisis por Activación Neutrónica.
- Se realiza configuración de equipos de monitoreo radiológico en INCANCER.
- Se mantiene equipos de monitoreo radiológico en SAG.
- Se termina la implementación de puntos de Red Nacional de Monitoreo Radiológico Ambiental, cumplimiento meta Dirección, Proyecto 121.
- Habilitación de sensores radiológicos en PPRI.
- Se instala bomba ASM4 en Chimenea y piscina del reactor.
- Se trabaja en implementación de automatización de conteo de muestras.
- Proyecto Comptom para LAAN, conteo de muestras



Proyecto Comptom para LAAN, conteo de muestras

DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Jefe del Departamento: Sr. Juan Klein Dalidet

☎ 223646149

✉ juan.klein@cchen.cl

OBJETIVO

Verificar que la operación de instalaciones nucleares, radiactivas y convencionales y el desempeño de sus actividades sean efectuados de modo seguro, a fin de proteger a las personas, bienes y medio ambiente de los eventuales riesgos derivados de su uso, dando especial énfasis a aquellas actividades que impliquen la presencia de radiaciones ionizantes y/o materiales radiactivos.

FUNCIONES

- Supervisar las actividades institucionales que hagan uso de radiaciones ionizantes o impliquen la presencia de materiales nucleares o radiactivos, verificando el mantenimiento continuo de las condiciones de seguridad radiológica, física y convencional.
- Verificar que la componente correspondiente a protección radiológica está presente, en todo diseño de instalaciones o actividades de la Comisión.
- Establecer, desarrollar y mantener patrones radiactivos y suministrar servicios de calibración y metrología de las radiaciones ionizantes.
- Operar el laboratorio de referencia nacional en las magnitudes relacionadas con las radiaciones ionizantes.
- Diseñar, implementar, operar y mantener los sistemas de protección física en las instalaciones de la Comisión, con el propósito de prevenir y dar respuesta ante la ocurrencia de todo acto malicioso que atente contra la seguridad física de los materiales nucleares y radiactivos y bienes de la Comisión.
- Verificar el correcto desempeño de las actividades de la Comisión; en particular, el cumplimiento legal en materias de prevención de riesgos e higiene y seguridad industrial, y gestión ambiental constituyendo el nexo técnico con las instituciones fiscalizadoras.
- Desempeñarse como nexo técnico con la Policía Militar en los tópicos de protección física de las instalaciones nucleares.
- Desarrollar y mantener la capacidad de respuesta a emergencias en el ámbito radiológico y convencional en las instalaciones de la Comisión, coordinado con grupos de respuesta externos a ésta.
- Mantener un servicio de respuesta a emergencias radiológicas para eventos externos a la Comisión, que actúe en coordinación con autoridades externas.
- Desarrollar las labores de medicina ocupacional especializada en el área radiactiva, aplicable a los funcionarios de la Comisión y a entes externos, según requerimiento.
- Desempeñarse como nexo técnico con los programas de control metrológico en radiaciones ionizantes de organismos internacionales (OMS, OPS y otros).
- Realizar actividades de investigación y desarrollo en el ámbito de los temas de su competencia, a fin de incrementar las capacidades propias de su desempeño.
- Propiciar la generación y divulgación de conocimiento, colaborando en la formación de recursos humanos y de generación de capacidades nacionales, que sean coherentes con el desempeño de la Comisión.
- Desarrollar y concursar en proyectos de investigación vinculados a otras instituciones de investigación nacional y/o internacional, promoviendo el desarrollo de redes de mutuo beneficio.
- Desarrollar actividades de divulgación y publicación tanto de las actividades e instalaciones como de los resultados obtenidos en el proceso de investigación y desarrollo.
- Asesorar a la autoridad institucional en su área de desempeño y proporcionar apoyo a entes internos y externos, según requerimiento.

SECCIÓN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OPERACIONAL

Supervisión Radiológica. Efectuar la vigilancia y control permanente en las instalaciones internas de la CCHEN. La supervisión implica realizar monitoreos y mediciones en condiciones normales de trabajo al personal y a los diferentes ambientes de trabajo.

Las instalaciones controladas o supervisadas en el CEN La Reina son: Reactor Nuclear Experimental RECH-1, Laboratorio de Producción de Radioisótopos y Radiofármacos, Laboratorios de Aplicaciones Industriales, Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica, Laboratorio de Técnicas Nucleares en Agricultura, Laboratorios de Metrología de las Radiaciones Ionizantes, Laboratorio de Radiofarmacia, Sección Gestión de Desechos Radiactivos (depósito transitorio) y Ciclotrón.

Las instalaciones controladas o supervisadas en el CEN Lo Aguirre son: Reactor Nuclear Experimental RECH-2, Planta de Irradiación Multipropósito, Planta de Elementos Combustibles (metalurgia física y conversión), Laboratorio de Análisis Químico, Sección Gestión de Desechos Radiactivos (planta de tratamiento sólido y pabellón de almacenamiento transitorio), Laboratorio de Tratamiento de Muestras y Laboratorio de Radioquímica (generadores).

Actividades Realizadas:

- **Prestación de Asesorías Externas.** Durante el año 2016, la Sección prestó servicios especializados en protección radiológica a:
 - CGM Nuclear S.A. Medición de 2000 blindajes de plomo para certificación y Análisis de muestras de aire para inspección a la instalación.
 - PETROQUIM, Evaluación Radiológica de 13 fuentes industriales de nivel de Cs-137.
 - CODELCO NORTE, control radiológico bunker radiografía industrial y se finaliza contrato de monitoreo radiológico.
 - Entrenamiento en uso de equipos de identificación para primeros Actuantes en: DIRECTEMAR, GOPE, PDI, BOMBEROS y DGAC.
 - GERDAU AZA, procedimientos de revisión y evaluación radiológica del ingreso de materiales radiactivos como chatarra.
 - CIA MANUFACTURERA PAPELES Y CARTONES CMPC, Control Radiológico de fuentes industriales de Kr 85.
 - Participación en la organización del ejercicio práctico de respuesta a una emergencia radiológica, en Centro Nuclear la Reina, en el Curso Nacional para Primeros Actuantes en emergencia radiológica, con la participación de unidades móviles de Bomberos, Carabineros, SAMU, PDI.
 - Actuación como Grupo de Apoyo Radiológico, en el simulacro de emergencia del CEN Lo Aguirre, con participación de Bomberos de Quinta Normal.

- **Atención del Oficial en Protección Radiológica en Alerta (OPRA) en emergencias radiológicas.** Las respuestas del OPRA en el año 2016, fueron ante el llamado directo, correo electrónico o por R-2, de distintas emergencias radiológicas correspondientes al sector industrial y de la medicina, de las que se mencionan a continuación:

ATENCIÓN OFICIAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN ALERTA		
HECHO	ASESORÍA DE OPRA	CONCLUSIÓN
Posible sobreexposición por práctica de gammagrafía en Antofagasta.	Coordinó la situación con médicos locales, recomendó chequeo y envío del operario a la Mutua de Seguridad local, realizó seguimiento de la situación.	Finalmente, el operario estaba en buenas condiciones de salud, habiendo recibido una dosis muy inferior al límite de público. Se determinó que la alarma se generó sólo por el hecho de que el operario pasó por las faenas y estuvo breve tiempo en el lugar donde se hacía una gammagrafía.
Robo de Densímetro Nuclear en Comuna La Cisterna. Marzo de 2016.	Comunicó el hecho a la Seremi de Salud correspondiente dado que se trataba de un equipo bajo su control. Se realizó seguimiento de la situación.	Finalmente, las acciones pertinentes fueron llevadas a cabo por la Policía de Investigaciones, Seremi de Salud correspondiente y el dueño del Equipo.
Atención telefónica por posible pérdida de fuentes radiactivas ante caída de Helicóptero del Ejército, cercano al paso de los Libertadores.	OPRA tuvo conocimiento del hecho y realizó gestiones inmediatas a nivel de la CCHEN. Funcionarios de la CCHEN asisten a la Escuela Militar para recibir una pequeña charla acerca del hecho y coordinar las acciones conjuntas con la entidad.	Se determinó que la fuente representaba un muy bajo nivel de riesgo radiológico, por su baja actividad. Se coordinaron las acciones de rescate en conjunto con el Ejército, quienes, dada la experiencia en trabajos en laderas de alta montaña, realizaron las labores de recuperación de la fuente.
Daño en equipo Densímetro Nuclear Troxler 3430 en Coyhaique. 1 ° de Junio de 2016.	Comunicó el hecho a la Seremi de Salud Regional porque se trataba de un equipo bajo su control.	El Seremi de Salud y el dueño del Equipo se encargaron de llevar a cabo las labores de inspección del equipo.
Aviso desde Aduanas, de posible alerta de ingreso de material radiactivo, no autorizado al país, en Paso Libertadores, que generaba preocupación pública. Personal SEPRO, acude a terreno. Junio 2016.	Personal SEPRO y OPRA, acude a terreno para evaluar la situación y determinar las acciones y protocolos pertinentes en terreno.	Se determinó que era una falsa alarma, ya que quien generó la alarma fue una persona que decía traer una botella con uranio, lo cual no era efectivo. Se generó Informe de Notificación de Incidente Radiológico R2 y R24, distribuido a organizaciones del CONSER.
Aviso de una contaminación por rotura de ductos en el Sistema de Riles con material radiactivo (I-131), en el Hospital Clínico de la Universidad Católica de Chile. Octubre 2016.	Concurre OPRA y personal calificado al lugar para evaluar la situación y llevar a cabo las acciones y protocolos	Finalmente, se establece la existencia de una falla en la tubería de riles. Personal calificado del hospital repara la falla y en el intertanto se

Comisión Chilena de Energía Nuclear

	pertinentes.	habilita, de manera transitoria, una dependencia del hospital como lugar de almacenamiento de desechos radiactivos generados, lo que permitió superar la emergencia.
Llamado de bomberos de Copiapó por el aplastamiento de un equipo Densímetro Nuclear. Octubre 2016.	Comunicó el hecho a la Seremi de Salud Regional porque se trataba de un equipo bajo su supervisión.	Seremi de Salud y el dueño del equipo se encargaron de llevar a cabo las labores de inspección del equipo.
Extravío de un equipo de FRX, por parte de un particular. Noviembre 2016.	Concurre OPRA para evaluar la situación y llevar a cabo las primeras acciones.	Después de una intensa búsqueda, se localiza el equipo y el OPRA lo revisa y determina que está en condiciones de funcionar en forma segura sin representar peligro para la población o el medioambiente.
Bomberos de Puerto Montt da aviso del encuentro de una caja con material radiactivo.	OPRA solicita los antecedentes del material y evalúa la situación.	Se trató de una falsa alarma, pues se concluyó que lo encontrado era una caja que no contenía fuentes ni material radiactivo alguno.
Diversos llamados para la verificación del número del celular del OPRA, como parte de los procedimientos existentes en los Manuales de Emergencia Radiológica de los usuarios.	OPRA responde a cada uno de ellos.	Se trata de una acción rutinaria de verificación de los teléfonos de emergencia.



Curso Nacional de Primeros Actuantes en Emergencia Radiológica.



Ejercicio de campo, Curso Nacional de Primeros Actuantes en Emergencia Radiológica.



Taller de entrenamiento en últimas técnicas para atender emergencias en el SEPRO, Misión Experto Proyecto OIEA-CHI-9022



Taller de Entrenamiento a Personal de Aduana en el uso del Scanner. ARICA



Ejercicio Práctico, Curso Nacional de Seguridad Física en el Transporte.

- Se elaboraron informes técnicos internos y externos. Se realizaron 4 Informes Técnicos de Evaluación Radiológica correspondientes a las Asesorías Internas dadas para distintas instalaciones, LPRI, PEC, LAB. ANÁLISIS QUÍMICO (Claudia Lamas) , HIDROMETALURGIA (Pedro Orrego) y 32 Informes Técnicos trimestrales de las vigilancias radiológicas de las instalaciones de la CCHEN.
- 8 Informes Técnicos de Evaluación Radiológica correspondiente a las Asesorías Externas se mencionan empresas como CGM, Petroquim, Gerdau, Codelco Norte Chuquicamata.
- Se hace entrega oficial de la Guía para la Identificación de Fuentes Radiactivas, Primeros Actuantes, Primera Categoría, en la sesión de diciembre de la CONSER, en dependencias de la ONEMI.



Entrega Oficial de Guía para la Identificación de Fuentes de Primera Categoría, para los Primeros Actuantes del País, Diciembre de 2016.

- Supervisión especial de las condiciones radiológica en la remodelación del LPRI La Reina e implementación del sistema de monitoreo.
- Ejecución de un escenario de una Emergencia Radiológica en el Ciclotrón y Laboratorio de Control de Calidad.
- Se realizó capacitación en materias de Protección Radiológica Operacional al personal del Reactor del CEN La Reina, para la actualización de la renovación de sus licencias de desempeño.
- Participación en Cursos CEPRO y CUBEPRO como charlistas.



Implementación de equipos para el monitoreo de la Planta de Producción del CEN La Reina.

- Participación activa en el trabajo de terreno y el desarrollo y preparación de documentos en los procedimientos del transporte de 150.000 Ci de Co-60 desde la Argentina al Centro Nuclear lo Aguirre, (PIM), así como en el

Comisión Chilena de Energía Nuclear

reenvío de 4.000 Ci hacia la Argentina.

- Asesoría en materias de protección radiológica en la recuperación del irradiador del CEN La Reina, Norathon, se carga con 8.000 Ci de Co-60 con lápices de la Planta de irradiación Multipropósito del CEN Lo Aguirre.
- Apoyo de un semestre en materias de docencia en Protección Radiológica a la Carrera de Tecnología Médica.
- Preparación a bomberos de Antofagasta en el uso de instrumentos para atender una primera respuesta en emergencias radiológicas.



Equipo de trabajo de la CCHEN, en labores de inspección y evaluación del transporte de fuentes radiactivas de Co-60, para la PIM del CEN Lo Aguirre.



1er Taller de manejo de instrumentos de detección para primeros actuantes ante una emergencia radiológica, grupo HAZMAT 6ª Compañía, Antofagasta.

Participación internacional SEPRO

La participación del SEPRO en las siguientes actividades:

- Curso "Entrenamiento para dar preparación y respuestas a emergencias radiológicas para eventos masivos", Estados Unidos.
- Entrenamiento en uso de detectores de primera línea, en Viena por el OIEA.
- Observador en un ejercicio "GATE TO AFRICA". En España.

Participación nacional SEPRO

- Taller avanzado de rastreo y protección de fuentes huérfanas, dirigido a: Oficina Nacional de Emergencias – ONEMI-, Ministerio de Salud, Carabineros de Chile, Policía de Investigaciones, Bomberos de Chile, Dirección General del Territorio Marítimo, Servicio Nacional de Aduanas y la Dirección General de Aeronáutica Civil.
- Ejercicio de campo, organizado para un escenario hipotético con la actuación de diversos organismos de primera respuesta, incluyendo descontaminación radiactiva, se realizó en el mes de Noviembre en el Centro de Estudios Nucleares La Reina, como fase práctica del Curso Nacional para Primeros Respondedores en Emergencias Radiológicas, organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).
- Curso de transporte en el tráfico ilícito de material radiactivo, organizado por el OIEA y la CCHEN.
- Taller de entrenamiento para el grupo Hazmat de Antofagasta.
- Curso de respuesta médica para la SEREMI con colaboración del SEPRO y organizado por el OIEA.
- Taller de actualización en elementos de emergencia para el grupo SEPRO de la CCHEN. Organizado por el OIEA y la CCHEN.
- Taller de protección radiológica para personal de aduanas.

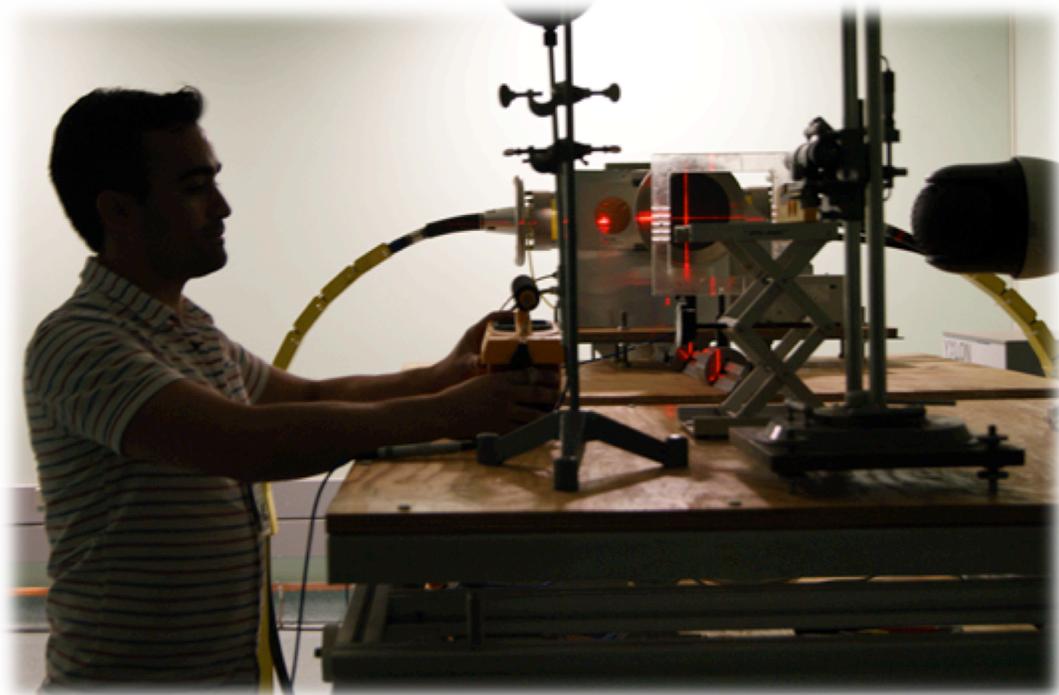
SECCIÓN LABORATORIO DE METROLOGÍA RADIACIONES IONIZANTES (LMRI)

Actividades Realizadas:

- El LMRI-Chile-CCHEN y el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes del ISP-MINSAL, efectuaron la Intercomparación anual 2016 de los sistemas de dosimetría personal externa (Dosis equivalente Individual Externa) a 4 empresas que dan este servicio a nivel nacional, para trabajadores ocupacionalmente expuestos. El objetivo 2016 para dichos sistemas se centró en evaluar el grado de calibración de los sistemas en Dosis Equivalente Individual Externa Hp (10) para RX. En el rango 0.10 mGy(10mR) a 8,8 mGy (10000 mR).
- Se finalizó la etapa de construcción y entrega de las obras civiles básica de modernización del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes, según el proyecto Diseño Arquitectónico e Ingeniería respectivo.
- Se efectuaron 323 calibraciones y estandarización de equipos de protección radiológica (211 externos y 112 CCHEN) en unidades operacionales.
- Informes técnicos: 323 certificados LMRI-Chile emitidos.



Vista Nuevas Instalaciones del LMRI



Trabajo de Calibración de Equipos en Instalaciones del LMRI

Participación internacional LMRI

Coordinador Nacional del Programa OIEA /OMS "Auditoría Postal para Unidades de Radioterapia".

Miembro de la Red Internacional de Laboratorio de Patrones Secundarios SSDLs. asociadas al Network OIEA/OMS.

Participación en reuniones de la asamblea general del Sistema Internacional de Metrología (SIM) .

Participación en reunión del Proyecto ARCAL RLA 6074 sobre "Términos de referencia del ejercicio de comparación de las mediciones de la actividad de radionúclidos terapéuticos con activímetros".

En el marco de la visita del Jefe de Radiaciones Ionizantes del NCR-Canadá, Dr. Malcolm McEwen, se realizó una comparación bilateral obteniéndose para Dosis Absorbida en Agua (Co-60) LMRI/NCR = 0.9972 y para Kerma en Aire (Co-60) LMRI/NCR = 0.9945. Estas razones representan una diferencia de 0.28% y 0.34% respectivamente, comparado con la comparación clave entre NCR-Canadá y NPL-UK. Los resultados obtenidos son consistentes con los publicados en el KCDB y demuestran que las mediciones realizadas en el LMRI son equivalentes Internacionalmente.

En las pruebas pre-operacionales de la instalación Theratron Phoenix 2000 N°127, se hizo una comparación utilizando dosimetría Fricke y el protocolo OIEA-TRS-277, encontrándose diferencias entre 0.7% y 2% para dosis de 60 y 80 Gy respectivamente.

Participación nacional LMRI

- Participación en programa académico de la carrera de Tecnología Médica Mención Radiología y Física Médica (U. de Chile), Pos título en Radioterapia Oncológica (Fundación Arturo López Pérez - Universidad Austral), Magíster en Medicina Experimental U de Chile.
- Miembro permanente de la subcomisión de radioterapia oncológica del Comité de Cáncer y Tabaquismo del Ministerio de Salud
- Evaluación de Dosimetría Clínica y planificación de los efectos en casos clínicos atípicos en Fundación Arturo López Pérez FALP Clínica Alemana y Clínica las Condes.
- Participación de programa académico de Pos título de Biofísica Física de las Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Participación en programa de Tecnología Médica Universidad Andrés Bello de Santiago.
- Participación en programa académico de Universidad de Valparaíso Carrera de Tecnología Médica y Física Médica. Tesis (2014-2016)

Capacitación otorgada a nacionales por el LMRI-CHILE-DPRA.

Cursos programados: CEPRO I, II., CUBEPRO I, II, III, CASS 01/01, Curso para Carabineros de Chile, Curso para Policía de Investigaciones, Curso Seguridad Radiológica para U. Chile, Curso Seguridad Radiológica para U. de Valparaíso, Curso Protección Radiológica U. de La Frontera. Curso Post grado en Radioterapia Oncológica, Fundación Arturo López Pérez y Universidad Austral

Cursos No Programados. -Conferencia sobre Control de Calidad en Radioterapia oncológica y Técnicas Clínicas, Clínica Alemana, FALP, LMRI (Chile).

SECCIÓN PROTECCION FISICA

Actividades Realizadas:

- El sistema de protección física ha sido desarrollado cumpliendo todas las recomendaciones sobre Protección Física de Materiales Nucleares e Instalaciones Nucleares del OIEA (Nuclear Series Security NSS N° 13) y su implementación ha sido bajo la colaboración y supervisión de expertos del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), con el objetivo de prevenir el retiro no autorizado (robo, hurto, tráfico ilícito) de materiales nucleares y reducir la probabilidad de sabotaje a las instalaciones nucleares de cualquier acto que atente en contra de ellas.



Central de Alarmas y Vigilancia del CEN La Reina

- Durante el año 2016 se desarrollaron diversas actividades, entre ellas la operación en sistema de turnos 24/7 de la Central de Vigilancia y Alarmas de la Reina, mantenimiento preventivo y correctivo de sus equipos de CCTV, alarmas y controles de acceso.
- También se finalizaron obras de mejoramiento del sistema de protección física en Lo Aguirre dotándolo de una nueva caseta de Guardia Militar y barrera en el acceso al recinto de Lo Aguirre, mejoramientos de iluminación LED para la calle interior de ingreso al recinto nuclear de Lo Aguirre, y reubicación de cámaras de CCTV en almacén de desechos radiactivos y en la entrada de la Planta de Irradiación Multipropósito.
- Por otra parte, se continúa trabajando en la coordinación diaria con personal de la Policía Militar el control de entrada y salida de personas y vehículos en las porterías de los centros de estudios nucleares, la realización de charlas de Inducción en protección física para nuevos funcionarios, memoristas, tesistas, alumnos en práctica y personal de empresas contratistas que realizan trabajos al interior de los recintos nucleares.
- Apoyo al Plan de emergencias de la CCHEN: en caso de ocurrencia de incidentes radiológico, sismos, incendios u otro tipo de eventualidad. Enlace radial con ONEMI para reportes rutinarios de información de Emergencias y punto de enlace vía FAX para recepción de información de emergencia desde el OIEA.
- Transporte de material nuclear y radiactivo: Apoyo en monitoreo por GPS al transporte de material radiactivo del Departamento de Producción y Servicios. Elaboración de plan de seguridad física en el transporte internacional de material radiactivo (Cobalto 60) para la Planta de Irradiación Multipropósito del CEN Lo Aguirre, realizado en diciembre de 2016.

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- Emisión de credenciales de identificación para funcionarios, personal a honorarios, estudiantes en pasantías, asistentes a cursos y talleres.
- Se encuentra en desarrollo la instalación de cámaras de CCTV, alarmas y controles de acceso y puertas de seguridad para el Laboratorio de Mediciones de Radiaciones Ionizantes, trabajos que han contado con la colaboración del Departamento de Energía de los EE.UU. (DOE).
- Se ha colaborado con el DOE en el desarrollo de la última fase de proyecto de monitoreo radiológico de instalaciones externas, en específico la supervisión de implementación de medidas de protección física que se realizarán en instalaciones médicas externas entre ellas Clínica Dávila, Instituto Nacional del Cáncer, Hospital Militar y Clínica Radiaciones Médicas (IRAM). Paralelamente la CCHEN a través de Ingeniería y Mantenimiento ha implementado en estas instalaciones equipos de control radiológico para ser monitoreados por esta institución.
- Participación en reuniones técnicas: Asistencia de la jefatura de la Sección Protección Física, en su calidad de Punto de Contacto, a la Reunión Técnica de los Representantes y Puntos de Contacto de los Estados Parte en la Convención sobre Protección Física de los Materiales Nucleares (CPFMN) y la Enmienda de la CPFMN, desarrollada en el OIEA, Viena-Austria.

Monitoreo Radiológico de Instalaciones Externas



El último equipo en ser instalado fue el correspondiente al Hospital Militar cerrando así la etapa de instalación de estos 4 puntos de monitoreo en Clínica Dávila, Instituto Nacional del Cáncer e IRAM

SECCIÓN EMERGENCIAS Y SEGURIDAD FÍSICA

Actividades Realizadas:

- Se realizó el simulacro de emergencia en el CEN Lo Aguirre, como parte de las acciones rutinarias del Plan de Emergencias CCHEN. El simulacro se basó en simulación de fuego afectando a la Bodega de Insumos de la Planta de Elementos Combustibles (PEC), con potencial de afectar al Centro Nuclear en su conjunto. Se incluyó además la simulación de accidentes laborales. Como propósitos para este simulacro se estableció lo siguiente:
 - Evaluar el desempeño de las personas y el grado de conocimiento que poseen del plan de emergencia, en las maniobras de evacuación de las instalaciones ante una emergencia simulada sin aviso previo.
 - Evaluar si están establecidos todos los procedimientos que sean necesarios para el escenario considerado, y si están bien formulados y comprendidos por todo el personal que debe actuar en ellos.
 - Verificar que se cuente con todos los recursos necesarios para responder a la emergencia postulada.



Simulacro de emergencia en el CEN Lo Aguirre, Julio de 2016

Participó el Cuerpo de Bomberos de Quinta Normal, a través de la 4ta. Y 8ª. Compañías. La organización, coordinación y evaluación del simulacro estuvo a cargo de la Sección Emergencias y Seguridad Física, con el apoyo de SEPRI, SEPRO, instalaciones involucradas, el grupo de observadores voluntarios y el jefe del Plan de Emergencia. Una vez efectuado, se recibió realimentación y sugerencias para la mejora del plan, por parte de los primeros actuantes involucrados, de CCHEN y Bomberos de Quinta Normal.

- Plan de Acción para el reforzamiento del Plan de Emergencia del CEN La Reina. Se dio inicio a un proceso de revisión sistemática de los planes de emergencia existentes, para determinar la necesidad de incorporar nuevos medios o protocolos de respuesta. Los planes de emergencia de las instalaciones interiores son de completa

responsabilidad de la CCHEN y se gestionan bajo su exclusiva dirección, con medios propios o con la participación de medios externos, bajo requerimiento, según sea necesario. En cambio, el Plan de Emergencia Exterior, que se desencadena si la emergencia sobrepasara las capacidades de la instalación de origen o si la emergencia afectara a más de una instalación simultáneamente, con el potencial de afectar la zona exterior, es de responsabilidad compartida entre CCHEN y las organizaciones externas que les corresponde intervenir, como respondedores y parte del Sistema de Protección Civil, local y/ o regional. Por tanto, la revisión en curso involucra la evaluación y/ o actualización de todos los aspectos relevantes contenidos en el plan, tales como roles y funciones de los actuantes, recursos y/o medios técnicos disponibles, medidas de protección aplicables, coordinación e interacción con organizaciones externas, aspectos comunicacionales y de información al público y el régimen de ejercicios y simulacros.

- Acciones de coordinación con Sistema Nacional de Protección Civil, requeridas para el transporte de cobalto-60 desde Argentina a la PIM.

- Rol de Secretaría Técnica en Comisión de Seguridad en Emergencias Radiológicas, (CONSER).

Con la publicación del Decreto N° 647, en el Diario Oficial, el 2 de diciembre de 2015, el Ministerio del Interior y Seguridad Pública formalizó la creación de la Comisión de Seguridad en Emergencias Radiológicas (CONSER), como una comisión asesora presidencial, de carácter técnico y permanente, presidida por dicho Ministerio. Este decreto asignó a la CCHEN el rol de Secretaría Ejecutiva, junto a Ministerio de Salud. Esto involucra coordinar y registrar las acciones y actividades que se desarrollen en el seno de la CONSER y evaluar anualmente su funcionamiento, rol que fue ejercido operativamente por la Sección Emergencias. Con el establecimiento y funcionamiento de la CONSER, el país avanza en el cumplimiento de las recomendaciones del OIEA, de establecer un mecanismo de coordinación entre todas las organizaciones nacionales involucradas en la preparación y respuesta a emergencias radiológicas y eventos de seguridad nuclear física. Durante 2016, la CCHEN, colaboró activamente en su etapa de constitución, trabajando en la propuesta de Agenda de Trabajo Anual y en la propuesta de su reglamento interno de funcionamiento. En marzo se efectuó la sesión de constitución formal de la CONSER, con presencia de autoridades del Ministerio del Interior, Ministerio de Salud y de la CCHEN.

Acorde a los objetivos planteados por su decreto constituyente, la CONSER estableció para su primer año de funcionamiento formal 3 líneas de trabajo:

- Línea de Trabajo 1 – LT1: Fortalecimiento de capacidades nacionales
- Línea de Trabajo 2 – LT2: Coordinación inter-institucional
- Línea de Trabajo 3 – LT3: Difusión de conocimientos y estándares

La CCHEN participó activamente en cada una de las tres líneas de trabajo, en especial, tuvo muchas responsabilidades en la Línea de Trabajo 3, cuyo detalle se presentará en el Informe "CUENTA ANUAL 2016" de la Comisión de Seguridad en Emergencias Radiológicas (CONSER), según lo establece el Decreto de su constitución.

- Participación, en representación de la CCHEN, en las Mesas de Trabajo relativas al Reglamento Sanitario Internacional, Puntos de entrada y Comunicación de Riesgos, actividad coordinada por Centro Nacional de Enlace del Ministerio de Salud.
- Proyecto para el desarrollo del Centro de Entrenamiento y Soporte de la Seguridad Física Nuclear (NSSC). Es un compromiso gubernamental adquirido en la Cumbre de Seguridad Nuclear de Seúl, en 2012 (Nuclear Security

Comisión Chilena de Energía Nuclear

Summit). Se orienta a las actividades de entrenamiento y capacitación en seguridad nuclear física, empleando la metodología de Enfoque Sistemático de la Capacitación, SAT, para formar, en el país, recursos humanos capacitados en la materia, provenientes de las organizaciones de la CONSER y en una segunda etapa, a sostener una variedad de sistemas de protección a la seguridad pública, ofreciendo soporte técnico. Bajo este marco, se efectuaron las siguientes actividades:

A) Misión de 4 expertos del OIEA, provenientes de la Universidad de Witwatersrand, Sudáfrica y del Pacific Northwest National Laboratory, USA, que impartieron el taller denominado “Análisis de los recursos humanos y de las necesidades de capacitación en el ámbito de la seguridad nuclear física en Chile”. El taller contó con la presencia de 30 representantes de organizaciones de la CONSER.



Fotos del Taller “Análisis de los recursos humanos y de las necesidades de capacitación en el ámbito de la seguridad nuclear física en Chile”.

B) Organizó el Taller de Entrenamiento en “Detección de material radiactivo para inspectores de carga”, a solicitud de la Dirección General de Aeronáutica Civil, DGAC. Contó con instructores de SEPRO, DSNR y Emergencias, y se efectuó en dependencias del Aeropuerto de Santiago.

C) Cursos de capacitación, a nivel nacional, apoyadas por el Departamento de Energía, DOE de USA, a través del programa de la Oficina de Seguridad Física, (ORS), orientadas a reforzar la seguridad física en autoridades competentes, usuarios finales e instalaciones. Los cursos ejecutados fueron los siguientes:

i) En cooperación con Sandia National Laboratorie y Pacific National Northwest Laboratory (PNNL), curso denominado: “IRT- Respuesta Local a Incidentes Radiológicos”, orientado a personal técnico de las 4 instalaciones médicas de primera categoría de la Región Metropolitana, que han sido apoyadas por el DOE para reforzar sus sistemas de protección física y a personal de las fuerzas locales de respuesta que actúan en las comunas específicas donde están localizadas las 4 instalaciones. Su finalidad fue presentar la metodología para la elaboración y evaluación de planes de respuesta locales a incidentes radiológicos, originados en instalaciones radiactivas específicas, de primera categoría, del área médica. Participaron 30 representantes de organizaciones de la Región Metropolitana, incluyendo, INCANCER, HOSMIL, Clínica Dávila, IRAM, GOPE y OS-5 de Carabineros, BIDEMA-PDI, Unidades Hazmat de los Cuerpos de Bomberos de Santiago y Ñuñoa, ONEMI-Región Metropolitana y CCHEN. En el curso, se conformaron grupos de trabajo integrados por personal de cada instalación y de las fuerzas de respuesta a emergencias de su comuna, quienes trabajaron integradamente en preparar borradores del Plan de Respuesta de cada instalación ante incidentes de seguridad física.

ii) En cooperación con Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), "Taller para el Desarrollo de Cursos de Formación en Seguridad Física Nuclear". Su propósito fue desarrollar capacidades para elaboración de cursos personalizados, en seguridad física nuclear, orientados a intereses específicos del país. Participaron como alumnos 7 representantes de CCHEN y uno de Aduana. Como resultado se generó un borrador de programa de curso para Aduana, a realizarse durante 2017. Adicionalmente, se discutió posibles opciones para el desarrollo de nuevos cursos, orientados a otras audiencias, por ejemplo, inspectores de organismos reguladores, operadores de instalaciones radiactivas, etc.

Todas las actividades de capacitación organizadas bajo el marco de la colaboración internacional, tanto del DOE como del OIEA, han permitido generar en la CCHEN, nuevas capacidades de gestión en capacitación, aspecto relevante para consolidar el proyecto del Centro de Soporte y Entrenamiento en Seguridad Física.

Publicaciones.

a) Reunión plenaria anual, en Islamabad, Pakistán, de la Red Internacional de Centros de Entrenamiento y Soporte en Seguridad Nuclear Física, International NSSC Network, organizadas por OIEA. Marzo 2016. Nombre Presentación: "Experience in the development of the NSSC project in Chile". L.Villanueva.

b) Octava Reunión de Autoridades Competentes, bajo las Convenciones de Emergencia, Junio 2016, Viena, organizada por OIEA.: Nombre Presentación: National Arrangements in Chile for Training and Exercises, L. Villanueva.

c) Conferencia Internacional en Seguridad Física Nuclear: Compromisos y Acciones", realizada en Viena, Austria, entre el 5 y el 9 de diciembre de 2016, organizada por el OIEA, en cooperación con diversos organismos internacionales⁷ relacionados con la seguridad física nuclear. Nombres Presentaciones:

- Current status, on-going actions and challenges in MORC control in Chile. Ref No.: CN-244. L. Villanueva.
- Experience, lessons learned and the way ahead in the development of the NSSC project in Chile. CN-244-407. L. Villanueva.
- Achievements, Progress and Challenges in the Chilean Nuclear Security Detection Architecture. Ref N° CN-244-439. P. Sotomayor.
- Avances y resultados de la participación en proyectos nacionales e internacionales y descripción del rol que en ellos desempeña la CCHEN.

Programas y Proyectos

Programa de Rastreo y Protección de Fuentes Radiactivas Huérfanas (Search and Secure) del Departamento de Energía, USA.

Durante 2016, se efectuó la organización de 2 actividades, efectuadas entre el 7 y 15 de julio: a) Taller RAILS, destinado a introducir y/o consolidar el uso de una plataforma interactiva de entrenamiento, suministrada por DOE b)

Comisión Chilena de Energía Nuclear

Curso avanzado para rastreo y protección de fuentes radiactivas huérfanas. Contaron con 28 participantes de organizaciones miembros de CONSER: Carabineros, GOPE y OS-5, Policía de Investigaciones, BIDEA Metropolitana, Servicio Nacional de Aduanas (Arica, Iquique, San Antonio, Paso Libertadores, Metropolitana), Dirección General del Territorio Marítimo, Dirección General de Aeronáutica Civil, Ministerio de Salud, Seremi de Salud Maule y Antofagasta, Junta Nacional de Bomberos, ONEMI R-M y CCHEN. Junto a ellos, estuvo personal de Gerdau Aza, involucrados en las labores de detección y control de eventuales fuentes radiactivas huérfanas que ingresen a sus instalaciones. Fue impartido por expertos de Pacific Northwest Laboratory, Canberra Industries, Spectral Labs Inc y Los Alamos National Laboratory. La actividad incluyó un ejercicio práctico de 2 días de duración, efectuado en Gerdau Aza para ejercitar búsqueda de fuentes radiactivas huérfanas en un sitio real, haciendo uso de gran número de equipos de detección, empleo del laboratorio móvil de SEPRO y de un puesto de mando móvil del Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa. Este ejercicio permitió practicar y analizar posteriormente el desempeño de los equipos fundamentales para desarrollar una acción de este tipo, el grupo de comando y control y los grupos técnicos de búsqueda en terreno.



Fotos del Curso Avanzado de Rastreo y Protección de Fuentes Radiactivas Huérfanas, DOE

Proyecto nacional de Cooperación Técnica con el OIEA, CHI-9022: Reforzamiento de las capacidades nacionales en preparación y respuesta a emergencias radiológicas.

Durante 2016, comenzó la fase implementación de este proyecto nacional, orientado a fortalecer capacidades técnicas de las organizaciones contraparte para responder ante emergencias radiológicas en el país, y así contribuir a fortalecer el Plan Nacional de Protección Civil, desde la perspectiva de la emergencia radiológica. En este proyecto, la CCHEN actúa por un lado como contraparte nacional, coordinando las actividades de las diferentes organizaciones participantes, esto es, MINSAL, ONEMI y Hospital Mutual de Seguridad y a la vez llevando a cabo las actividades específicas de su responsabilidad, que involucran la participación de SEPRO, Radiomedicina, SEVRA y Emergencias. Las actividades realizadas fueron:

a) Organización de Misión de experto en Reconstrucción de Dosis, efectuado en agosto 2016, cuya contraparte fue la Sección Radiomedicina. Tuvo el objetivo de proporcionar un diagnóstico y asesoramiento sobre las necesidades y capacidades para iniciar la aplicación de la reconstrucción de dosis en accidentes radiológicos, mediante dosimetría computacional.

b) Organización Misión de expertos en Respuesta a Emergencia Radiológica, cuya contraparte principal fue SEPRO, con la participación de personal de SEVRA, Radiomedicina y Emergencias, la que se efectuó entre el 21 al 25 de noviembre. Su objetivo fue asesorar y brindar capacitación específica a las unidades operativas de la CCHEN, que actúan en emergencias, en materias relativas a su rol de asesores técnicos en una emergencia radiológica, en el contexto de los lineamientos actualizados del OIEA. Lo anterior, con el fin de reforzar las capacidades de la CCHEN para brindar respuesta ante emergencias radiológicas a nivel nacional.

c) Gestiones requeridas para el suministro de equipos a la CCHEN, por un valor de 100.00 euros, donados por el OIEA. Equipos que incluyeron detectores para primeros actuantes y software actualizado APEX, para mejorar capacidades del contador de cuerpo entero.

d) Apoyo y/o participación en 2 misiones de experto, de responsabilidad del Ministerio de Salud y ONEMI:

- La CCHEN aportó expertos del SEPRO, SEVRA y Radiomedicina como relatores y ejecutores de prácticas de respuesta a emergencia radiológica, para una misión de expertos al Ministerio de Salud, que involucró un curso de capacitación denominado: "Preparación y respuesta a emergencias nucleares y radiológicas- Autoridad Sanitaria, efectuado en octubre, destinado a miembros de los equipos técnicos de Salud Ocupacional y a los Coordinadores de Emergencias y Desastres del MINSAL, de todo el país. El curso contó con 38 participantes.
- En el caso de la misión de experto para ONEMI, efectuada en septiembre, la CCHEN, contribuyó a organizar la misión que involucró la participación de organizaciones nacionales de primera respuesta y participó como miembro del equipo contraparte del experto, con personal de SEPRO y Emergencias. En la misión se revisó el avance de actividades realizadas en Chile en torno a la preparación y respuesta nacional a emergencias radiológicas en Chile, tomando como bases la situación del año 2006, después del accidente radiológico de Nueva Aldea y otra misión exploratoria realizada en 2014. Se constató avances en materia de coordinación para la respuesta, gatillados principalmente por la creación de la CONSER y se recomendó la realización de un conjunto de acciones para avanzar hacia la formalización de un protocolo de respuesta específico, y en línea con los instrumentos normativos en desarrollo a nivel nacional, específicamente, el plan de emergencia por materiales peligrosos que desarrolla ONEMI, PNER.

Proyecto de fortalecimiento de la detección radiológica en fronteras, de la División Seguridad Física del OIEA.

En este proyecto, que se deriva de la misión de evaluación del OIEA en seguridad física al país, misión INSSERV, efectuada en 2013, la CCHEN cumple el rol de facilitador y coordinador nacional, entre las organizaciones participantes así como el rol de contraparte beneficiaria. El proyecto involucra directamente a Aduanas, Carabineros y la propia CCHEN; quienes recibirán del OIEA equipamiento de detección de material radiactivo, fijo y móvil, a ser utilizado en diversos puntos de frontera y en la CCHEN, por parte del grupo de apoyo experto en terreno (SEPRO-MEST) y por el Centro de Entrenamiento y Soporte en seguridad física. El proyecto involucra la implementación y uso de los equipos fijos y móviles de detección de material radiactivo en diversos puntos de frontera, capacitación del personal involucrado, establecimiento de los procedimientos de operación y mantenimiento de los equipos, la implementación de sistemas de monitoreo centralizado de alarmas, etc. Cabe mencionar que este proyecto fue mencionado expresamente, como otro de los compromisos país asociados al combate del terrorismo nuclear, como producto de la participación de la Presidenta de la República en la Cumbre de Seguridad Nuclear, NSS; que tuvo lugar en Washington en abril 2016.

Durante 2016, se realizaron las siguientes actividades:

a) Organización del segundo taller sobre “Arquitectura sostenible para la detección de eventos de seguridad nuclear física en Chile”, efectuado en CEN La Reina, del 26 al 28 de abril. Su objetivo fue efectuar las coordinaciones necesarias para el seguimiento de la implementación del proyecto en Chile. Contó con 30 participantes, de las organizaciones miembros de CONSER, con roles dentro del proyecto, específicamente: Servicio Nacional de Aduanas, Ministerio del Interior y Seguridad Pública, SEREMI de Salud, Carabineros, Dirección General del Territorio Marítimo, Dirección General de Aeronáutica Civil, y la CCHEN.

El taller fue conducido por 2 expertos del OIEA, y como resultado se recomendó la implementación del proyecto en etapas para facilitar las acciones requeridas y a la vez, efectuar eventuales ajustes. El trabajo contempla 6 proyectos que comprenden: 1) Implementación del sistema de detección en Aeropuerto Arturo Merino Benítez, siendo el primer objetivo de implementación, 2) Implementación de controles en fronteras verdes, 3) Implementación del sistema de detección en Paso Fronterizo Los Libertadores, 4) Implementación del sistema en Puerto San Antonio, 5) Apoyo al Grupo Móvil de Respuesta Experta (MEST-SEPRO) y al Centro de Soporte y Entrenamiento de la CCHEN, 6) Implementación del Centro Nacional de Datos (una central de alarmas en Aduanas Valparaíso) y una réplica espejo, de soporte en la CCHEN.

b) Capacitación a personal de Aduanas y la CCHEN en la operación y mantención básica de todos los equipos de detección a ser proporcionados por el proyecto. Esta se llevó a cabo en septiembre 2016, en Viena, participando 3 profesionales de SEPRO y un profesional de Aduanas. Producto de ello, los equipos destinados al proyecto fueron probados por el grupo y quedaron listos para su despacho a Chile.

c) Organización de las reuniones de coordinación entre los beneficiarios, esto es, Aduanas, Carabineros y CCHEN con el PNUD, a fin de esclarecer los mecanismos de recepción en el país. Se espera que el OIEA concrete el envío dentro del primer trimestre de 2017.

d) Participación en las reuniones de coordinación, lideradas por Aduanas, en Puerto de San Antonio y Aeropuerto de Santiago: Involucran a las diversas organizaciones que cumplen funciones en ambos puntos de frontera, y se han efectuado para explicar el proyecto, discutir las propuestas de protocolos de respuesta operativa y apoyar el

análisis y definición de los lugares de almacenamiento transitorio de material radiactivo ilícito que detecte Aduanas en dichos puntos, producto de la implementación del proyecto.

Plan Integrado de la Seguridad Nuclear Física, INSSP del OIEA

Se organizó, en conjunto con el OIEA, el “Curso Nacional sobre Seguridad Física Aplicada al Transporte de Materiales Radiactivos”, realizado del 12 al 16 de septiembre de 2016 en Santiago. Su propósito fue dar a conocer y discutir los requisitos y recomendaciones destinados a proteger el material radiactivo durante su transporte, contra el robo, el sabotaje u otros actos dolosos. Este curso entregó conocimientos y herramientas para implementar los requisitos seguridad física aplicables en el transporte de material radiactivo a nivel nacional. Participaron 20 alumnos, representantes de Bomberos, Aduanas, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, PDI, Carabineros, ONEMI, ANI, DIRECTEMAR, DGAC y la CCHEN. Fue impartido por 3 expertos del OIEA y una relatora CCHEN, del DSNR.

Proyecto Regional de Emergencias Radiológicas, RLA/ 9076

a) Se organizó, en conjunto con el OIEA, el curso nacional denominado: “Primeros actuantes en caso de emergencia radiológica”, realizado del 14 al 18 de noviembre de 2016, en CEN La Reina. Su propósito fue entregar a los participantes conocimientos y herramientas sobre preparación y respuesta ante emergencias radiológicas y poner en práctica los conceptos y criterios propios de la respuesta a emergencias radiológicas de acuerdo con los estándares del OIEA. El público objetivo fueron las instituciones que deben cumplir roles en la primera actuación ante una emergencia radiológica o apoyar esta respuesta temprana. Participaron 40 personas del Sistema Nacional de Protección Civil, atención médica de urgencia, policías, bomberos, oficiales de primera línea en fronteras, coordinadores de recursos y asesores especializados, así como dos expertos del OIEA y dos expositores de la CCHEN, perteneciente a SEPRO y Emergencias. Los contenidos del curso tuvieron como principal referencia el documento “Manual para Primeros Actuantes ante Emergencias Radiológicas”, patrocinado conjuntamente por CTIF, OIEA, OPS y OMS.

b) Se apoyó a MINSAL para la organización del Curso Nacional de Preparación y Respuesta Médica a Emergencias Nucleares y Radiológicas”, efectuado en Santiago, desde el 7 al 11 de noviembre de 2016, aportando expertos de SEPRO, SEVRA y Radiomedicina, que efectuaron presentaciones y ejercicios prácticos. El curso estuvo destinado a médicos y enfermeras de urgencia de establecimientos de salud de Arica, Antofagasta, San Antonio, Santiago (Maipú, Santiago Centro), Concepción, Puerto Montt y Punta Arenas, y contó con 14 participantes.

DIVISIÓN PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

Jefe (S) de la División: Sra. Carmen Silva Gundelach.

☎ 223646235

✉ carmen.silva@cchen.cl

Durante el año 2016, se crea en la CCHEN una nueva orgánica institucional en la cual emerge en esta estructura la División Producción y Servicios, y por consecuencia, desaparece el Departamento de Producción y Servicios el cual englobaba las Secciones de Producción de Radioisótopos y Radiofármacos, Ciclotrón, Control de Calidad, Dosimetría Personal e Irradiación.

En la actualidad, la División Producción y Servicios se compone de 3 departamentos: Departamento Producción de Radiofármacos, Departamento de Servicios de Protección Radiológica y Departamento de Servicios de Caracterización e Irradiaciones.

OBJETIVO

Coordinar y ejecutar la comercialización de los diversos productos y servicios generados por la Institución, a diferentes clientes internos según aplique y a clientes externos en el ámbito de la salud, industria y medioambiente.

FUNCIONES

- Producir los radioisótopos y radiofármacos de reactor y ciclotrón.
- Servicios de irradiación planta multipropósito e irradiación experimental.
- Servicios de dosimetría personal.
- Radiomedicina.
- Gestión de desechos radiactivos.
- Materiales Combustibles.
- Análisis químico convencional y caracterización de materiales.
- Servicio de análisis por activación neutrónica.
- Vigilancia radiológica ambiental y análisis radiológicos.
- Comercializar los productos y servicios y desarrollar las acciones de gestión de clientes y de marketing.
- Cursos de capacitación en protección radiológica.

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE RADIOFARMACOS (DPR)

Jefe del Departamento: Andrés Núñez S.

223646137

andrez.nunez@cchen.cl

El Departamento de Producción de Radiofármacos organizó y ejecutó sus funciones y tareas a través de 2 secciones y un área que depende directamente del Jefe del Departamento:

- La Sección Control de Calidad, la cual tiene como función asegurar las especificaciones del producto terminado.
- La Sección Producción, la cual tiene como finalidad la manufactura de productos destinados a la medicina nuclear. Se subdivide en tres áreas: Radioisótopos de Reactor, Radioisótopos y Radiofármacos de Ciclotrón y el área de Liofilizados o kits.
- Área Registros y Normalización, la cual tiene como función ser el nexo primario con el Instituto de Salud Pública, garantizando a futuro la veracidad de la información declarada en los registros sanitarios, llevando un archivo con las resoluciones de registro de productos, sus modificaciones, la información al profesional, publicidad y de toda documentación enviada o recibida del Instituto. Es importante mencionar, que este será el primer esfuerzo formal de concentrar todo el quehacer legislativo en lo referente a normar los radiofármacos en la CCHEN frente al Instituto de Salud Pública (ISP). Desde el punto de vista del Proyecto "Normalización de la Radiofarmacia CCHEN", se asignaron recursos financieros para desarrollar la fase 1, Diseño del Establecimiento, del proyecto Normalización de la Radiofarmacia CCHEN, presentado al Ministerio de Desarrollo Social.

METAS

El Departamento de Producción de Radiofármacos, finaliza el año 2016 en el proceso de término de metas comprometidas por el ex Departamento de Producción y Servicios.

1.- Metas establecidas como Convenio de Desempeño Colectivo (CDC)

1.1.- Pruebas pre-clínicas para producto Flúor Estradiol (¹⁸F-FES) para el diagnóstico de Cáncer de mama, con 100% de cumplimiento.

1.2.- Implementación del proceso de producción de Yodo 131 (¹³¹I) en un nuevo formato Farmacéutico de Cápsulas, con 100% de cumplimiento.

1.3.- Porcentaje de generación de ingresos por prestación de servicios del Departamento de Producción de Radiofármacos, con un cumplimiento de 115%. En la tabla 1 se muestra el detalle para cada centro de costo.

Centro Ingreso	Nombre Departamento/Sección	Ingresos Acumulado 2016	Meta 2016	Cumplimiento
	Departamento de Radiofarmacia			
129	Producción RI&RF	302.871.005	290.000.000	104%
576	Ciclotrón	661.557.665	540.000.000	123%
630	Control de Calidad	4.846.169	10.000.000	48%
	Total Departamento Radiofarmacia	969.274.839	840.000.000	115%

Tabla 1: Ingresos por centro de costo e ingreso total generado por el DPR.

2.- Metas internas:

2.1- Cumplimiento del flujo de caja anual: 97%. En la tabla 2 se muestra el detalle para cada centro de costo.

Centro Gasto	Nombre Departamento/Sección	Presupuesto 2016	Comprometido	Devengado	Devengado
	Departamento de Radio farmacia				
594	Jefatura DPS	1.000.000	1.122.775	1.122.775	112%
129	Producción de RI&RF	90.200.000	87.204.424	85.598.353	95%
576	Ciclotrón	153.000.000	147.096.503	150.834.813	99%
630	Control de Calidad	47.000.000	44.888.728	44.888.728	96%
651	Desarrollo FES Ciclotrón I+D	9.000.000	8.441.564	8.120.136	90%
	Total Departamento Radio farmacia	300.200.000	288.753.994	290.564.805	97%

Tabla 2: Flujo de caja por centro de costo y promedio total del DPR.

2.2.- Porcentaje de etapas realizadas para el estudio de estabilidad anual de kits para marcación (DMSA y MIBI), cuyo estado fue de 100% de cumplimiento.

3.- Avances en Planta de Producción de Radioisótopos, CEN La Reina.

Durante el primer semestre del año 2016, se finalizó la implementación de las celdas de producción de ^{99m}Tc y la celda de producción de ¹³¹I. En el mes de Agosto se terminó con el montaje de equipos en la celda de fraccionamiento de ^{99m}Tc.

En la celda de fraccionamiento de yodo en cápsulas, durante el año 2016 se desarrollaron múltiples pruebas de funcionamiento de ¹³¹I del equipo ITD (*Isotope Technologies Dresden*) y se fabricaron 5 paletas adicionales con capacidad de 25 cápsulas cada una, con las cuales se espera tener el respaldo suficiente en caso de contaminación de alguna de ellas durante la producción.

Se probó la totalidad de los equipos instalados en celda y se hicieron los ajustes necesarios para comenzar con el periodo de pruebas.

Se realizó el comisionamiento de los sistemas de transporte neumático de cápsulas irradiadas y del sistema de tratamiento de desechos radiactivos sólidos y líquidos que provendrán de la producción rutinaria de radioisótopos.

Se desarrollaron durante el mes de noviembre las pruebas de producción en frío y durante el mes de diciembre, previo a la finalización de la etapa de pre-comisionamiento, las primeras pruebas de producción en caliente, con material radiactivo en baja dosis.

La cantidad de producciones de ^{99m}Tc fue de 11 durante el periodo de comisionamiento, todas las cuales fueron aprobadas por el laboratorio de control de calidad desde el punto de vista físico-químico y microbiológico

(endotoxinas bacterianas y esterilidad). La cantidad de producciones de ^{131}I fue de 2 durante el periodo de comisionamiento, las que también fueron cumplieron las especificaciones para liberación.

Es importante mencionar que el comisionamiento final aún no concluye, el cual desde el punto de vista técnico considera como un todo, el funcionamiento de los sistemas de apoyo crítico de la PPRI en adición a la ejecución del proceso de manufactura mediante actividades de escalamiento de los productos $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ y Na^{131}I .

Resultados relevantes

1.- Sección Producción

1.1.- Área de Radioisótopos y Radiofármacos de Ciclotrón

- Resultados de Servicio

La CCHEN abastece a cuatro cámaras PET de un total de 12 existentes en nuestro país. En tabla 3 y en gráfico 1, se muestra el histórico del N° de Pacientes tratados, la cantidad de mCi entregados y mCi producidos de los últimos cinco años. Se observa cómo ha ido incrementando la demanda y de qué manera este radiofármaco, ^{18}F -FDG, es cada vez más solicitado en las clínicas a las que abastece la CCHEN. Cabe señalar, que el abastecimiento durante el año 2015 se vio interrumpido por un periodo de tres meses, lo que se ve reflejado en la baja de número de pacientes tratados y los mCi entregados y producidos. También se observa otra baja a partir del año 2010, la que es atribuida a la entrada en funcionamiento de un nuevo ciclotrón en Santiago, perteneciente a la salud privada.

Año	N° Pacientes Tratados	mCi Entregados
2011	2.108	80.000
2012	1.442	64.275
2013	2.198	137.311
2014	2.497	165.628
2015	1.441	106.463
2016	3.018	243.852

Tabla 3: Demanda histórica del ^{18}F -FDG, se observa cómo se ha ido incorporando a la salud Chilena este radiofármaco.

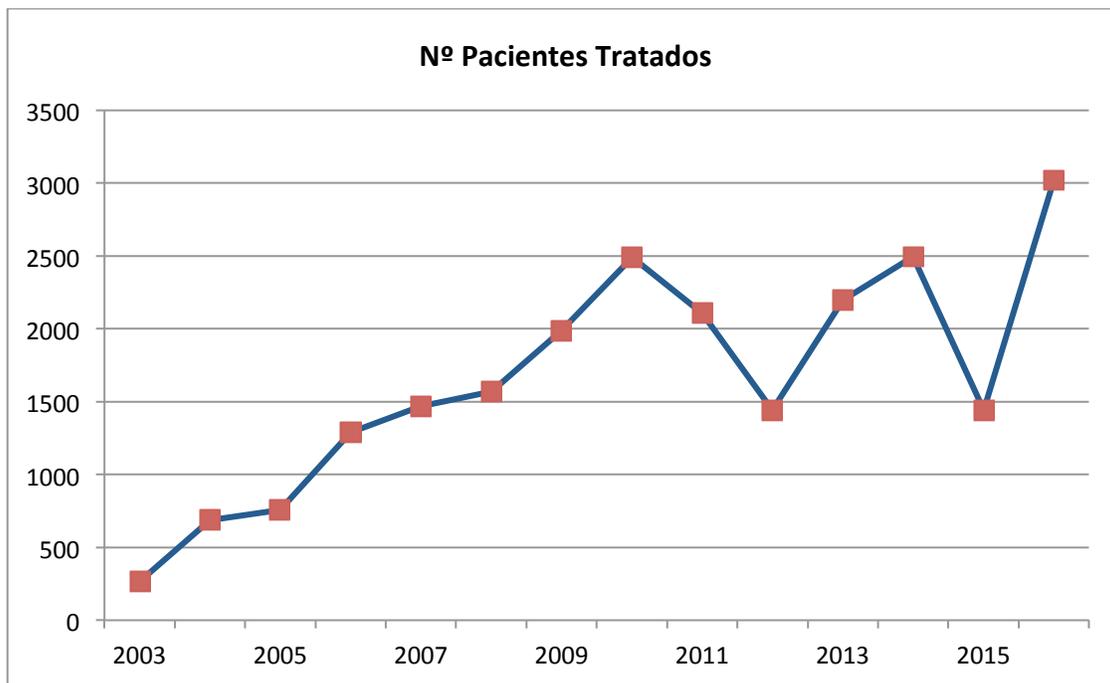


Grafico 1: Demanda histórica del ^{18}F -FDG, se observa cómo se ha ido incorporando a la salud Chilena este radiofármaco.

Durante el año 2016 se solicitaron 3042,5 dosis, de las cuales se enviaron 3018,5, lo que equivale a un 99,2% de satisfacción a las clínicas que abastece la CCHEN. De esta forma, se observa un proceso robusto, que permite a la CCHEN proyectarse con una segunda demanda de forma segura a lo largo del año 2017 (ver gráfico 2).

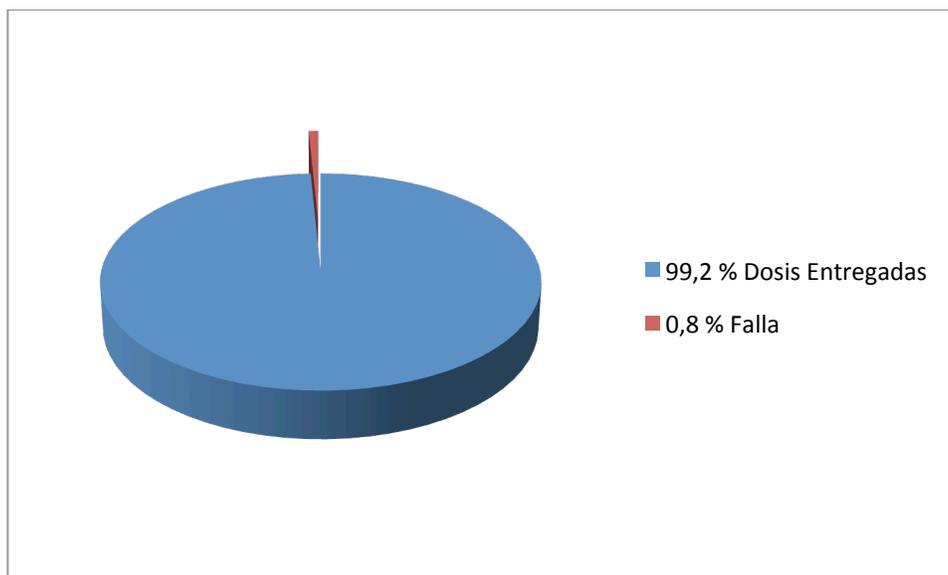


Grafico 2: Muestra esquemáticamente el porcentaje de falla que presentó el proceso de producción de ^{18}F -FDG, durante el año 2016.

Durante 2016 el proceso de producción de ^{18}F -FDG se sometió a auditorías por parte de la oficina de gestión de calidad ISO 9001:2008. De la auditoría interna se originó 1 no conformidad y 4 oportunidades de mejora, todos estos hallazgos se encuentran cerrados.

- Resultados de Proyectos Ejecutados

Durante el año 2016, el equipo técnico de esta área, preocupado de la salud humana, específicamente del cáncer en la población chilena, se impuso el desafío de desarrollar en conjunto con la Sección Control de Calidad la actividad correspondiente a meta de convenio de desempeño colectivo de “Porcentaje de Etapas Desarrolladas de Pruebas preclínicas para producto Flúor estradiol” (^{18}F -FES) para diagnosticar cáncer de mama radiofármaco de diagnóstico, no disponible en Chile, la cual fue cumplida en un 100%. El cáncer de mama constituye la tercera causa de muerte con una tasa de mortalidad de alrededor de 13 por cada 100.000 mujeres.

La síntesis del radiofármaco se desarrolló el año 2014, utilizando el módulo diseñado exclusivamente para síntesis del ^{18}F -FDG, una innovación tecnológica que fue posible por tratarse del mismo radiotrazador y de su corta vida media.

Durante el año 2015 se realizan los estudios de la caracterización físico química del nuevo producto a través de la puesta a punto de las técnicas desarrolladas por Control de Calidad, demostrando que el Radio fármaco cumple con la calidad farmacéutica requerida.

En el transcurso del año 2016 se realizan las pruebas preclínicas demostrando que tanto para la metabolización y especificidad es posible afirmar que el ^{18}F -FES sintetizado en la CCHEN, tiene la actividad biológica deseada para utilizarse como radiotrazador en patologías tumorales, absorbiéndose preferente en órganos que poseen alta concentración de receptores de estrógenos, mediante una unión específica del fármaco, emulando una unión hormona-receptor en forma de ^{18}F -FES-receptor. De la misma manera, las experiencias que evalúan el efecto citotóxico sobre un panel de líneas celulares, en un amplio rango de concentración mostraron que dicho producto no presenta un efecto citotóxico.

- Proyecto Nacional

La Sección Ciclotrón, durante el año 2016 presenta proyecto CHI2016002 de Cooperación Técnica periodo 2018/2019, FORTALECIMIENTO Y CREACION DE CAPACIDADES TECNOLOGICAS PARA LA PROVISION DE RADIOFARMACOS A LA RED PUBLICA DE SALUD. Dicho proyecto aborda el Fortalecimiento de la plataforma tecnológica del ciclotrón para otorgar continuidad y seguridad al suministro de ^{18}F -FDG a Clínicas y Hospitales. Este proyecto se desarrolla en conjunto con el reactor RECH-1, teniendo este el mismo propósito..

- Capacitación al personal

- “Gestión de Riesgos y Criterios CAIGG”, Noviembre 2016.
- “Curso de Implementadores ISO 9001:2015, Evaluación de Riesgos, Criterios y Metodología”, Diciembre 2016.
- “Taller Gestión por Compromiso”, Julio 2016.
- “Gestión de Riesgos y Criterios CAIGG”, Noviembre 2016.
- “Curso Regional Cultura de Seguridad”, Octubre 2016.
- “Curso Ejecutivo ISO 9001:2015”, Noviembre 2016.
- “Metodología de Evaluación de Riesgo”, Noviembre 2016.

- “Curso de Implementadores ISO 9001:2015 Evaluación de Riesgos, Criterios y Metodología”, Diciembre 2016.
- “Buenas Prácticas de Manufactura en área estéril”, Julio 2016.
- “Curso TRIZ (Teoría para resolver problemas de inventiva)”, Mayo 2016
- “Buenas Prácticas de Manufactura en área estéril”, Julio 2016.
- “IAEA/WCI Training course on Cyclotron-based Production Radioisotopes”, Noviembre 2016

1.2.- Área de Radioisótopos de Reactor

- Resultados de Servicio

Durante el año 2016 la producción de radioisótopos de reactor se continuó realizando en el Laboratorio de Radioquímica de Lo Aguirre, instalación de respaldo que permite asegurar continuidad de la producción de los productos más demandados en Chile (^{99m}Tc , ^{131}I).

Durante el año 2016 se realizaron 49 solicitudes de irradiación de blancos para la producción de Tecnecio y Yodo al reactor RECH-1, con un total de 630 cápsulas de aluminio, de las cuales 575 son de MoO_3 y 55 cápsulas con TeO_2 para la producción de ^{99m}Tc y ^{131}I respectivamente. Con la utilización de tecnología de reactor se produjeron 915Ci de ^{99m}Tc y 53Ci de ^{131}I . En la Tabla 4 la cantidad histórica producida

Radioisótopo	2012	2013	2014	2015	2016
	(mCi)	(mCi)	(mCi)	(mCi)	(mCi)
^{99m}Tc	699.496	720.992	800.101	778.371	914.654
^{131}I	53.209	89.088	66.896	47.523	52.798
^{153}Sm .	0	28.000	38.500	84.000	0

Tabla 4: Cantidad de mCi producidas anuales por radioisótopo.

Se realizaron 286 producciones en el año, 243 de ^{99m}Tc , 11 de las cuales fueron realizadas en la nueva planta durante el proceso de comisionamiento para determinación de cumplimiento de especificaciones de producto terminado y 43 de ^{131}I , 2 de las cuales fueron realizadas en la nueva planta durante el proceso de comisionamiento para determinación de cumplimiento de especificaciones de producto terminado. Las producciones de traducen en el cumplimiento de 2.967 pedidos de ^{99m}Tc y 778 pedidos de ^{131}I .

Durante 2016 los procesos de producción de ^{99m}Tc , ^{131}I de se sometieron a auditorias por parte de la oficina de gestión de calidad ISO 9001:2008. De la auditoría interna se originó 1 no conformidad la cual se encuentra cerrada.

Se realizó una auditoría por la Unidad de Auditoría Interna, cuyo alcance fue Radioisótopos de Reactor, el cual evidenció 6 hallazgos. El plan de acción fue presentado y aceptado con medidas a implementarse a fines del 2016 y comienzos del 2017.

- Resultados de Proyectos Ejecutados

Formulación cápsulas de gelatina de ^{131}I

El año 2016 se desarrolló el proyecto de convenio de desempeño colectivo de producción de cápsulas de ^{131}I , el cual surge como una necesidad de parte de los médicos nucleares de cambiar la forma de administración de solución de ^{131}I por una formulación que evite irradiación de esófago y que permita por ende, la obtención de una imagen limpia para fines clínicos. Esto se traduce finalmente en seguridad radiológica para el paciente y además, para los operadores, ya sea de producción como suministradores debido a que las cápsulas contienen un excipiente que absorbe el yodo radiactivo manteniéndolo solidificado en el interior, eliminando el riesgo de derrames y posterior contaminación de personas y superficies.

El proyecto contempló el desarrollo cápsulas de ^{131}I , a partir del mismo proceso con el que hoy se manufacturan los viales de solución de ^{131}I , es decir destilación seca de óxido de telurio irradiado en el reactor RECH-1.

El proceso se implementó en el interior de una celda blindada de la nueva planta de producción de radioisótopos ubicada en el Centro de Estudios Nucleares de la Reina, y consistió en dosificar la solución de ^{131}I en forma automática en cápsulas de gelatina que contiene una mezcla de productos químicos denominados excipientes. Este excipiente absorbe el radioisótopo y lo retiene en el interior como un sólido, luego la cápsula es cerrada, calibrada, dispuesta en un blindaje especial, y preparada para su embalaje y despacho.

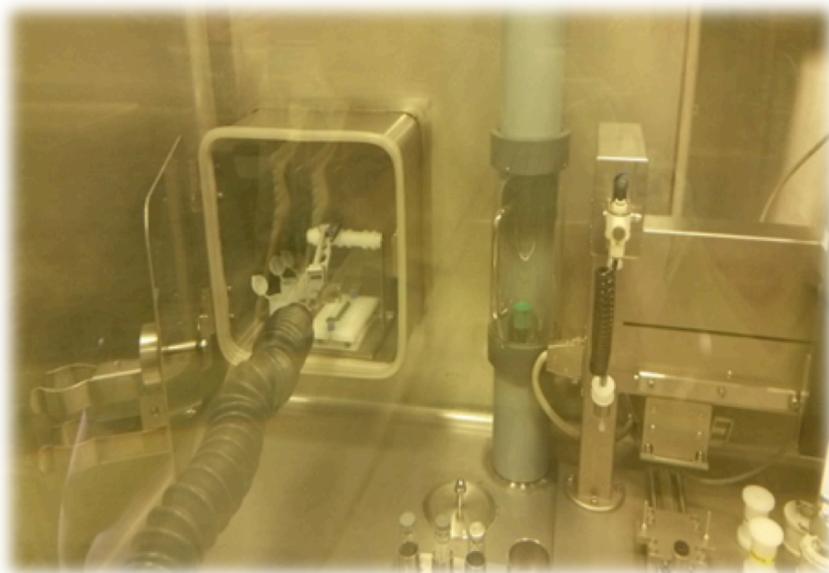
El alcance de este proyecto en general, contempló la implementación de la celda de producción de ^{131}I y del equipo dosificador para las cápsulas en la celda de fraccionamiento, el desarrollo del control de calidad y la elaboración de una primera versión de los procedimientos operativos.

De forma general, los resultados de este proyecto fueron los siguientes:

- Se implementó la celda blindada de producción de ^{131}I (ver fotografía 1) y la celda de fraccionamiento en la nueva planta de producción de radioisótopos que permitió la instalación del equipo dosificador de ^{131}I en cápsulas (ver fotografía 2). La implementación de la celda e instalación del equipo se logró con la participación de los técnicos de la empresa fabricante ITD en conjunto con los talleres eléctrico y mecánico de la CCHEN, y la coordinación y colaboración de los operadores de producción.



Fotografía 1: Celda de Producción de ^{131}I , vía destilación seca.



Fotografía 2: Celda de Fraccionamiento de ^{131}I en cápsulas de gelatina.

- Para las dosificaciones de cápsulas de gelatina en marcha blanca, el equipo dosificador tuvo un mejor comportamiento en las soluciones con mayor concentración de actividad, mejorando su exactitud en todos los volúmenes tomados. Lo anterior hace presumir que el equipo dosificador de cápsulas al trabajar con soluciones cercanas a concentraciones de 1,0 a 1,5Ci/mL tendrá un comportamiento óptimo, para entregar cápsulas de ^{131}I para uso comercial con actividades de 10 a 150mCi por cápsula.
- El proceso de cápsulas de gelatina de ^{131}I desde el punto de vista productivo, avala que este nuevo formato se encuentra listo para su comercialización
- Capacitación al personal
 - “Capacitación en proceso de producción de yodo-131 en cápsulas” Instituto de Cancerología, Colombia, Febrero de 2016
 - “Buenas Prácticas de Manufactura en área estéril”, Julio 2016.
 - “Escuela de Supervisores y Operarios Farmacéuticos”, Julio de 2016
 - “Buenas Prácticas de Manufactura en el Área Estéril”, Julio de 2016
 - “Curso Regional de Capacitación sobre Metrología Aplicada a la Preparación y Uso de Radiofármacos”, Julio de 2016
 - “Escuela de Supervisores y Operarios Farmacéuticos”, Julio de 2016
 - “Escuela de Supervisores y Operarios Farmacéuticos”, Julio de 2016

1.3.- Área de Liofilizados/kits

- Resultados de Servicio

Los kits de fármacos (liofilizados) para marcaje con ^{99m}Tc , son fundamentales para localizar el tecnecio radiactivo en el órgano de interés. Básicamente, estos kits contienen: la molécula a marcar con el radioisótopo, la que tiene afinidad con el órgano a estudiar, además de un agente reductor y estabilizador.

- Resultados de Proyectos Ejecutados

El área de liofilizados participó en el proyecto de formulación de cápsulas de gelatina de ^{131}I , específicamente en la preparación de mezclado de excipientes y llenado del cuerpo de gelatina (proceso frío). Se desprende de las actividades realizadas, que la preparación de excipiente es factible de ser aplicado a la elaboración de cápsulas de ^{131}I . No tiene grandes exigencias de equipamiento y puede hacerse de forma manual, abaratando costos de implementación. De ser necesario, podría implementarse la automatización del tamizaje y mezclado de los excipientes, con todas las ventajas que eso implica (control de variables, optimización de horas hombre, etc.).

- Capacitación al personal
 - “Curso Buenas Prácticas de Manufactura en el Área Estéril”, Julio 2016
 - “Escuela de Supervisores y Operarios Farmacéutico”, Julio 2016
 - “Curso Buenas Prácticas de Manufactura en el Área Estéril”, Julio de 2016
 - “Curso Regional de Capacitación sobre Validación de Protocolos”, Diciembre de 2016

2.- Sección Control de Calidad

- Resultados de Servicio

Las operaciones del laboratorio de Control de Calidad de RI&RF se desarrollaron bajo los estándares normativos ISO 9001:2008 e ISO 17025. Además el Laboratorio considera las recomendaciones de los informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Durante el año 2016 se realizaron 1001 ensayos de control de calidad a productos producidos en la CCHEN según la siguiente distribución: 243 ensayos de ^{99m}Tc , 43 de ^{131}I , 263 de ^{18}FDG , 178 a compuestos liofilizados y 268 análisis a reactivos e insumos a utilizar en manufactura. Además se realizaron 15 servicios análisis de biodistribución para la empresa privada.

Se realizó la primera auditoría interna de diagnóstico ISO 17025 enfocada a la técnica “Análisis de Esterilidad por 2 métodos: Inoculación Directa y Filtración por Membrana en Sistema Cerrado”. Esta auditoría detectó 4 no conformidades y 5 oportunidades de mejora, los cuales están siendo tratados por la unidad. Esta auditoría, por ser de diagnóstico, no fue incorporada en la plataforma del sistema de gestión de calidad.

Se renovó ante el Departamento de Seguridad Nuclear y Radiológica (DSNR) la Licencia de Operación del Laboratorio de Control de Calidad que permite el funcionamiento continuo desde el punto de vista radiológico. Documento código LC 001-116-176.

- Resultados de Proyectos Ejecutados

Se continuó en la ejecución del Plan Maestro de Validaciones (PMV) elaborado el año 2013 lo que obedece a satisfacer las exigencias del Decreto N°3 del MINSAL “Reglamento del sistema nacional de control de los productos farmacéuticos de uso humano”. La validación de métodos y procesos farmacéuticos para laboratorios de control de calidad de productos farmacéuticos, se alinea al requisito de trabajar con buenas prácticas de laboratorio (BPL), no solamente asegurando las especificaciones terminales del producto, sino más bien, asegurando el cómo se obtienen dichas especificaciones durante el análisis. Es así como esta exigencia apunta a demostrar que los ensayos aplicados a los productos, están correctamente ejecutados y no introducen ningún tipo de variabilidad al mismo. En ese contexto el PMV apunta hacia el aseguramiento de la calidad de los ensayos microbiológicos y analíticos. En dicho contexto, a la fecha, se tiene validado los siguientes análisis: a) determinación de solventes residuales en matrices radioactivas, b) Análisis de endotoxinas bacterianas para radionucleídos y radiofármacos y c) Análisis de esterilidad por el método de inoculación directa y filtración por membrana a los productos TcO₄Na, ¹⁸F FDG, DMSA, MIBI, MDP, ECD, Buffer ECD, FES-18, FITATO, Coloide/Tampon/HCl 0,6N. Se validó además, la determinación de recuento microbiano en cápsulas de gelatina para uso de I-131, se generó el documento Validación Método de Determinación de Carga Microbiana en Cápsulas de I-131, DOCINT-044. Por otra parte, se complementó el análisis de endotoxinas bacterianas validando el agua tipo I producida en CCHEN “Análisis de endotoxinas con agua producida en el laboratorio de liofilizados” DOCINT-045.

Se realizó una calificación del área utilizada para la ejecución de los análisis de esterilidad desde el punto de vista microbiológico a través de la ejecución de un plan de muestreo de aire en puntos críticos definidos dentro de la instalación. Esta actividad originó 2 documentos internos que hoy en día son monitoreados dentro de la instalación: Protocolo Plan de Muestreo Microbiológico de Aire en Zona Clasificada DOCINT-040 y Protocolo Plan de Muestreo Microbiológico de Superficie y Manos en Zona Clasificada, DOCINT-046. Esta documentación tiene como base el trabajo bajo estándar ISO 14644.

Se dio continuidad de los estudios de estabilidad de radiofármacos a un año plazo, lo que permite documentar objetivamente la estabilidad química, física, microbiológica y de biodistribución de los preparados que se manufacturan en CCHEN. A la fecha se entregaron los informes finales para los productos MIBI y DMSA.

Se desarrolló el control de calidad del producto ¹³¹I en capsulas PRT-DPSSCC-037, el cual comprendió el análisis de parámetros físico químicos (control de disolución de capsulas, control de masado, identificación radionucleídica, pureza radionucleídica, determinación de teluros, pH y pureza radioquímica) y biológicos (recuento microbiano de la capsula) obteniendo resultados satisfactorios.

- Capacitación al personal
 - “Control de Capsulas ¹³¹I, Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (IPEN)”, Sao Paulo, Brasil, Marzo 2016.
 - “Curso Medios de cultivo en Microbiología: Nuevos estándares para Control de Calidad”, Santiago, Chile, Empresa Merck, Junio 2016.
 - “Participación como experto en la producción de protocolos para la validación de procesos de producción de radiofármacos” (Asunción, Paraguay), Julio 2016.
 - “Curso regional de capacitación sobre cultura de seguridad en las organizaciones, las instalaciones y las actividades con fuente de radiación ionizante”, Octubre 2016.
 - “Curso: Buenas prácticas de manufactura en el área estéril”, Junio 2016.

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- “Curso: Actualización de buenas prácticas en manejo de material biológico”, Julio 2016.
- “Curso: validación de procesos de producción y ensayos analíticos de radiofármacos (IPEN, Sao Paulo, Brasil) Noviembre 2016
- “Pasantía de Centro de Isótopos (CENTIS) en estudio de biodistribución; Escuela de supervisores y operarios farmacéuticos”, La Habana, Cuba, Febrero 2016.
- “Escuela de supervisores y operarios farmacéuticos”, Julio 2016.

DEPARTAMENTO SERVICIOS DE PROTECCION RADIOLÓGICA

Jefe del Departamento: Sra. Azucena Sanhueza Mir

☎ 223646115

✉ azucena.sanhueza@cchen.cl

OBJETIVO

El Departamento de Servicios de Protección Radiológica creado por Resolución Exenta N° 618/ 2016 de 30 Junio 2016. Su misión es centralizar los servicios de Protección Radiológica que entrega CCHEN que garanticen la seguridad y calidad, a objeto de entregar a usuarios del país mediciones radiológicas de parámetros establecidos internacionalmente para proteger la salud, la vida, los bienes y el medioambiente, en el desarrollo y la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos.

Este Departamento actúa como órgano técnico de soporte para las autoridades reguladoras en materias radiológicas, y su misión es entregar resultados confiables cumpliendo normas, reglamentos y guías de seguridad asociados al personal, instalaciones y medioambiente.

A continuación se entrega información sobre el resultado del trabajo realizado durante 2016 a través de las secciones que componen el Departamento.

SECCION VIGILANCIA RADIOLOGICA AMBIENTAL

OBJETIVO

Realizar la vigilancia radiológica ambiental, a través de mediciones y evaluaciones periódicas de los niveles radiológicos ambientales, tanto de origen natural como artificial, presentes en el país, para estimación de la dosis a público y evaluar los riesgos potenciales para la salud de la población, con especial énfasis en los sitios de emplazamiento de las instalaciones nucleares de la CCHEN.

Actuar como laboratorio referente nacional para la medición y evaluación de contaminantes radiactivos en alimentos, muestras ambientales y productos de exportación. El Laboratorio mantuvo su acreditación bajo la norma ISO 17025 bajo el registro LE188 del INN hasta Octubre 2016, lo cual se plantea reasumir en 2017.

LÍNEAS DE TRABAJO

SERVICIOS

Se presenta la cantidad de análisis realizados en el período a solicitud de usuarios del país y de CCHEN

Análisis Radiológicos – servicios a clientes externos

- 80 Análisis radiológicos por espectrometría gamma de alta resolución a alimentos y productos de exportación, que respaldan más de 2.000 toneladas de productos de exportación, como pulpa de manzanas, pasta de tomate, mantequilla, salmón, leche en polvo, queso, etc.
- 299 Análisis de Aguas para cumplimiento de la norma chilena de agua NCh-4509/1Of.20045 para criterios de elementos radiactivos (Tipo III) pertenecientes a industrias de alimentos
- 65 Análisis radiológicos de test de fuga en fuentes de braquiterapia utilizadas para tratamiento de cáncer.
- 24 Análisis radiológicos a frotis en equipos de gammagrafía industrial y densímetros nucleares.
- 20 Análisis radiológicos a muestras de usuarios externos (aceite reciclado como combustible alternativo para hornos cementeros, lodos, etc.)
- Análisis Radiológicos – servicios externos

Análisis Radiológicos – servicios internos en CCHEN

- 51 Análisis radiológicos a muestras ambientales, correspondientes al Control de Sitio en los centros nucleares de la CCHEN.
- 24 Análisis radiológicos a diferentes tipos de muestras para laboratorios de la CCHEN (control de calidad agua del RECH-1, agua de la PIM, desechos, soluciones, etc.).

Análisis Radiológicos - estudios y control

Se continuó con el estudio en alimentos a nivel nacional para la determinación de dos de los radionucleídos de mayor importancia radiosanitaria (Cesio137 y Estroncio90), en conjunto con dos instituciones fiscalizadoras, como son el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). Se analizó:

- 6 muestras de carne (vacuno, ovino, ave)
- 19 muestras de leche natural
- 8 muestras de productos marinos (peces, algas y moluscos)
- 27 muestras de otros alimentos (alimento para peces)

Las muestras son georreferenciadas y recolectadas por el SAG y SERNAPESCA en zonas seleccionadas a lo largo del país y analizadas y evaluadas radiológicamente por la SEVRA. Con los resultados obtenidos en leche y carne obtenidos en colaboración con el SAG, se continuó incorporando valores de medición radiológica en alimentos dentro de la Red Regional SIGLARA, que es una Base de Datos Regional con valores georreferenciados de radiactividad en alimentos típicos de América Latina, que en el caso de nuestro país tiene como alimentos principales carne, leche y trigo.

Participación en Rondas Internacionales de Intercomparación de mediciones de radiactividad

La Sección mantiene su permanencia en la Red ALMERA, que corresponde a la Red de Laboratorio Analíticos en Radiactividad Ambiental perteneciente al Organismo Internacional de Energía Atómica.

Vigilancia Radiológica del ambiente País

Se instaló 3 nuevas estaciones para el monitoreo radiológico en tiempo real en dependencias de la Dirección General de Aeronáutica Civil, en el Aeropuerto Carriel Sur de Concepción, Aeropuerto La Araucanía de Temuco y Aeropuerto El Tepual de Puerto Montt. De esta manera, se llegó a 9 estaciones de monitoreo radiológico ambiental permitiendo la recuperación de la Red Nacional de Radiactividad Ambiental en tiempo real (fotografía N°1), lo cual representa un hito muy importante a nivel país porque permitirá:

- contar con un sistema de alerta temprana ante eventos de emisión masiva de productos radiactivos al ambiente;
- establecer valores de radiación de fondo y a futuro
- completar el mapa dosimétrico radiológico ambiental del país.
- pertenecer a la Red IRMIS del Organismo Internacional de Energía Atómica

PARTICIPACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL

- El Jefe de la Sección participó en Misión de Experto del Organismo Internacional de Energía Atómica, proyecto Gua7004 (Actividad Alfa y Beta) para “Aumentar las capacidades nacionales para evaluar la radiactividad natural y artificial en productos agrícolas de exportación y vigilancia ambiental para fortalecer el control de la radiactividad en Guatemala” Guatemala 18-22 Enero 2016.

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- Asimismo, participó en el Taller “Counter Nuclear Smuggling (CNS) Workshop Institute for Transuranium Elements, European Commission, Joint Research Centre, entre el 8-10 Marzo 2016, Karlsruhe, Germany
- Participó como Expositor sobre “Vigilancia Radiológica Ambiental en Chile” Primera Jornada de Forénsica Ambiental, 6-7 Abril 2016, Facultad de Derecho, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Y, como Docente nacional en el “National Training Course on Medical Preparedness and Response to Nuclear and Radiological Emergencies”, Curso MINSAL-OIEA, Santiago, 07-11 Noviembre 2016.
- Los funcionarios de la Sección, Sr. Leonardo Segura Yanquis y Fernanda Olivares Lagos, participaron en el “Curso Nacional para Primeros Respondedores a Emergencias Radiológicas” realizado en Santiago, Chile del 14 -18 de Noviembre de 2016.

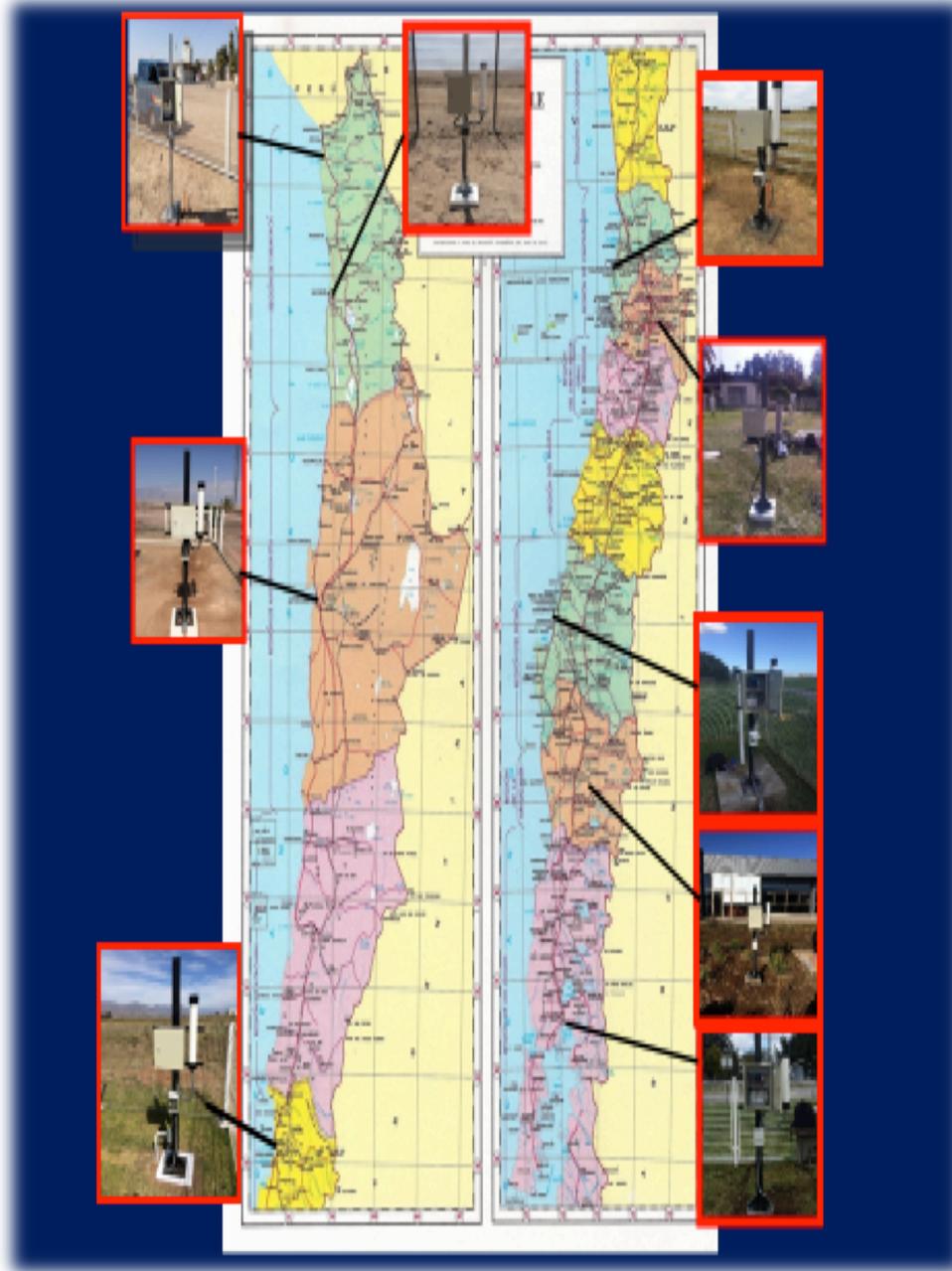


Foto N°1. Mapa de Chile y localización de las estaciones meteorológicas que forman parte de la red Nacional de Monitoreo Radiológico ambiental del país, instaladas por la CCHEN

SECCIÓN RADIOMEDICINA

OBJETIVO

La Sección de Radiomedicina cuya misión es estudiar los efectos de la radiación ionizante en el ser humano (irradiaciones y contaminaciones), como mitigarlos y sus alcances (dosimetría biológica) responde a la necesidad específica de nuestro País de contar con una unidad capaz de atender a personas que presenten daños biológicos ocasionados específicamente por radiaciones ionizantes. Dependiente del Departamento de Servicios de Protección Radiológica, cumple funciones transversales dentro de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), entre las que se encuentran la evaluación periódica de los trabajadores expuestos a radiaciones, a través de diversos tipos de exámenes específicos, que permiten conocer individualmente las dosis de radiación incorporadas, y garantizar un desarrollo adecuado de la actividad laboral. En este ámbito, se controlan los posibles daños que la radiación ionizante ocasiona en los trabajadores y público, cumpliendo las recomendaciones internacionales y la normativa vigente. Además, tiene la función de unidad Referente Nacional en Dosimetría Interna “in Vitro” e “in Vivo” y Dosimetría biológica.

Objetivos Específicos

- Integración de grupos de trabajo que colaboren en mantener las buenas prácticas laborales, como por ejemplo el Comité Dosimétrico.
- Función de Referente Nacional en dosimetría interna y dosimetría biológica.
- Desarrollo de investigación y trabajos científicos.
- Actividades de docencia y difusión en su área de trabajo.
- Participación en actividades científicas afines a nivel Nacional e Internacional.
- Vigilancia médica ocupacional para los funcionarios CCHEN.

LÍNEAS DE TRABAJO

Vigilancia Médica:

Su propósito es controlar la salud del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes de la CCHEN, descartando patologías que se puedan producir, confundir ó agravar al trabajar con radiaciones ionizantes. Considera control médico de ingreso, egreso y rutinario para cada trabajador.

Dosimetría Interna:

Consiste en la estimación de dosis incorporadas en una persona expuesta a radiaciones ionizantes. Estas pueden ser “in Vitro” e “in Vivo”. Para las mediciones “in Vitro” se estiman las dosis incorporadas por contaminación interna a través de mediciones de orina del trabajador expuesto.

Para la técnica “in Vivo” se realizan mediciones directas a cuerpo entero en los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes con el fin de identificar radionucleidos incorporados al organismo.

Dosimetría Biológica:

Se dispone de la técnica de Dosimetría Citogenética (Dicéntricos) para estimar dosis de radiación absorbida en casos de sobreexposición a radiaciones ionizantes. En la Sección se encuentra el único laboratorio en Chile que ha desarrollado esta técnica y que atiende el 100% de los casos de personas sobreexpuestas a radiaciones ionizantes.

DESARROLLO

En concordancia con los objetivos de la Sección y su planificación de operaciones y ámbito de acción a futuro, se apunta al desarrollo y mejoramiento continuo de todas sus funciones, lo que beneficiará a los usuarios tanto de la CCHEN como a nivel Nacional. Respecto a las proyecciones de corto plazo, particularmente para el año 2017, se apuesta por los siguientes ítems:

- Formación de sus integrantes en los temas que se desarrollan en Radiomedicina, esto comprende entre otras áreas: Dosimetría interna “in Vitro” e “in Vivo”, Radiopatología y perfeccionamiento en Dosimetría Biológica.
- Con el fin de conservar el conocimiento dentro del área de dosimetría biológica, mantener el programa de capacitación para dar continuidad a las técnicas que se realizan actualmente e implementar nuevas técnicas.
- Implementación de la técnica de micronúcleos por bloqueo de la citocinesis en dosimetría biológica. Esta técnica permite obtener resultados de forma más rápida que la técnica citogenética convencional (dicéntricos), por lo que en casos de sobreexposición masiva es una herramienta confiable y recomendada para una estimación preliminar de dosis absorbida.
- Capacitación de un médico para dar continuidad a las funciones y áreas específicas como la vigilancia médica a personal ocupacionalmente expuesto y respuesta médica ante emergencias radiactivas. Considerando los actuales y futuros usos de la radiación, se hace imprescindible la especialización en temas médicos para responder adecuadamente, en casos emergencias radiológicas y nucleares.
- Durante este año se implementó para el área de vigilancia médica, un sistema de fichas médicas con el fin de resguardar y mantener vigente la información médica de los funcionarios de la institución. Se proyecta para el año 2017 integrar información de análisis provenientes de Dosimetría externa, interna y biológica, con el fin de unificar las fuentes de información requeridas para la correcta vigilancia radiológica de los usuarios de estos servicios.
- Mantener la participación del país dentro de la LBDNET, ya que genera directrices de nuevos estudios y técnicas, que nos permitan evaluar los efectos provocados por las radiaciones ionizantes a altas y bajas dosis a nivel celular (Dosimetría Biológica). Además, pertenecer a la red, permite medirnos con nuestros pares de la Región, actualizarnos y buscar soluciones en conjunto a problemas comunes de la Región.
- Desarrollar un sistema de monitoreo integrado de dosis (Dosimetría interna y externa).

RESULTADOS RELEVANTES DEL PERIODO

Vigilancia Médica

- Seguimiento y control de salud del TOE.
- Ejecución de certificados de salud para ingreso o renovaciones de licencias operacionales de los TOE.
- Control de salud de funcionarios CCHEN, TOE para prevenir riesgos ocasionados por la radiación.
- Realización y puesta en marcha de “Sistema integrado de fichas clínica CCHEN”. Este proyecto fue desarrollado en 6 etapas desarrolladas por 2 integrantes del DIS y el médico a cargo de entregar la información requerida. Se tuvo como meta institucional, y se cumplió 100% oportunamente. Las etapas y su cumplimiento fueron:

Etapas de desarrollo del sistema integrado de fichas médicas y exámenes del personal CCHEN:

Fecha de entrega de informes:

1. Catastro y selección de información médica a registrar	31.03.16
2. Definición de mecanismos para la protección de la información.	30.06.16
3. Diseño y contenidos del sistema.	30.06.16
4. Digitalización de la información histórica.	30.06.16
5. Desarrollo de un sistema para el manejo de la información.	15.12.16
6. Revisión, depuración y puesta en operación del sistema.	15.12.16

- Participación en proyecto de investigación de radiofármaco FES 18 (Fluoroestradiol 18)
- Tutoría en conjunto a otros profesionales CCHEN en el “proyecto explora” para replicar experiencia con radiofármaco FES 18.
- Se realizaron 230 exámenes médicos que incluyeron controles del personal expuesto a radiaciones y atenciones al personal CCHEN, por patología prevalente.

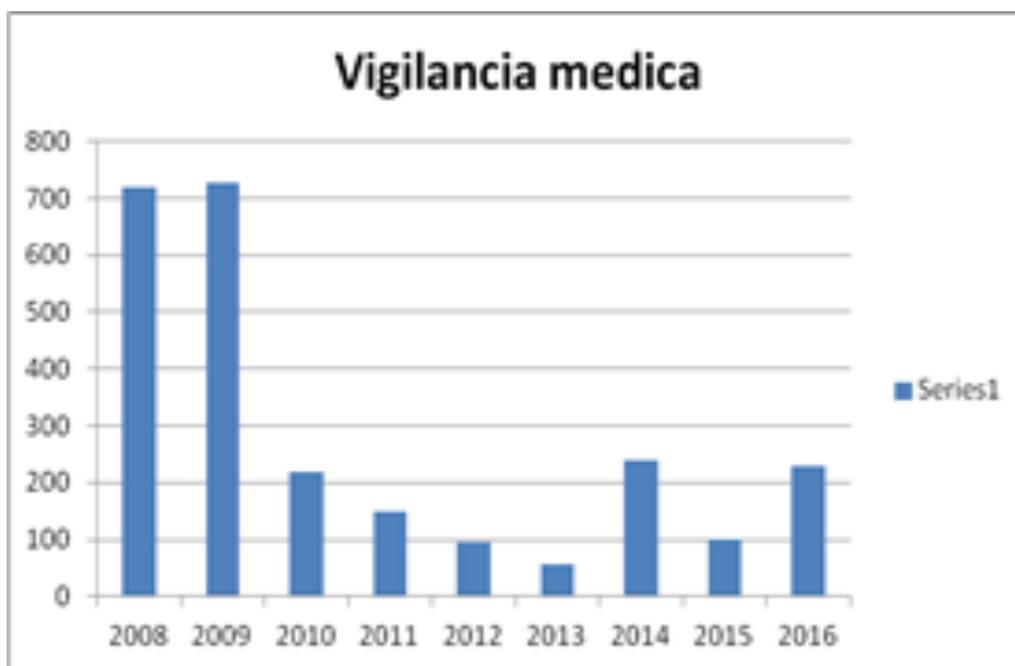


Gráfico N°1 Historial de exámenes al TOE CCHEN



Gráfico N°2 Historial de certificados de aptitud psico-física

Dosimetría interna

- **Mediciones in Vitro**

Se realizaron 1.654 análisis de orina para profesionales ocupacionalmente expuestos, tanto de la CCHEN como de organizaciones externas, a modo de detectar contaminación interna con radionúclidos.

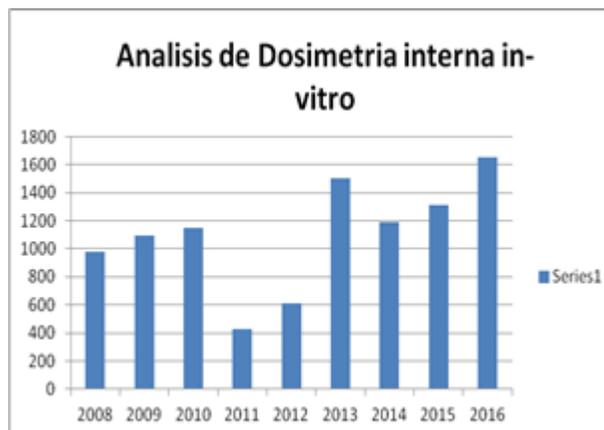


Fig. N° 1 Muestra en detector e historial de análisis in vitro efectuados

Del total de análisis realizados en el área de Dosimetría interna 1.414 fueron análisis por espectrometría gamma y 240 fueron mediciones de Uranio natural por técnica de KPA (Fluorimetría).

El laboratorio de dosimetría interna este año fue sometido a una ronda de inter comparación para cálculo de dosis por incorporación de Radionúclidos, obteniendo excelentes resultados y siendo un nuevo logro en ámbitos de la calidad de los resultados que se entregan a nuestros usuarios.

Para el año 2016 se participó por tercera vez consecutiva a una ronda de inter comparación europea Red Europea de Intercomparaciones para control de calidad (PROCORAD) que contempla las mediciones de emisores gamma y uranio natural en orina. Con esto se pretende incrementar la calidad de las técnicas a nivel de los laboratorios de Dosimetría interna de Latinoamérica, obteniendo mayor respaldo en nuestros resultados como laboratorio de referencia en el país. Con esto, el laboratorio de dosimetría interna pretende asegurar la calidad de sus resultados,

además de tener implementada la norma ISO 17025 en las técnicas para cuantificación de emisores gamma en muestras de orina.

- **Mediciones in Vivo**

Se realizaron 615 análisis en el contador de cuerpo entero a los trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes.

Mediante un proyecto de cooperación técnica, en el marco del Proyecto CHI9022 “Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Respuesta a Emergencias Radiológicas” se pudo adquirir la actualización del software de medición (APEX in vivo), el cual será implementado y puesto a punto durante el primer trimestre de 2017.

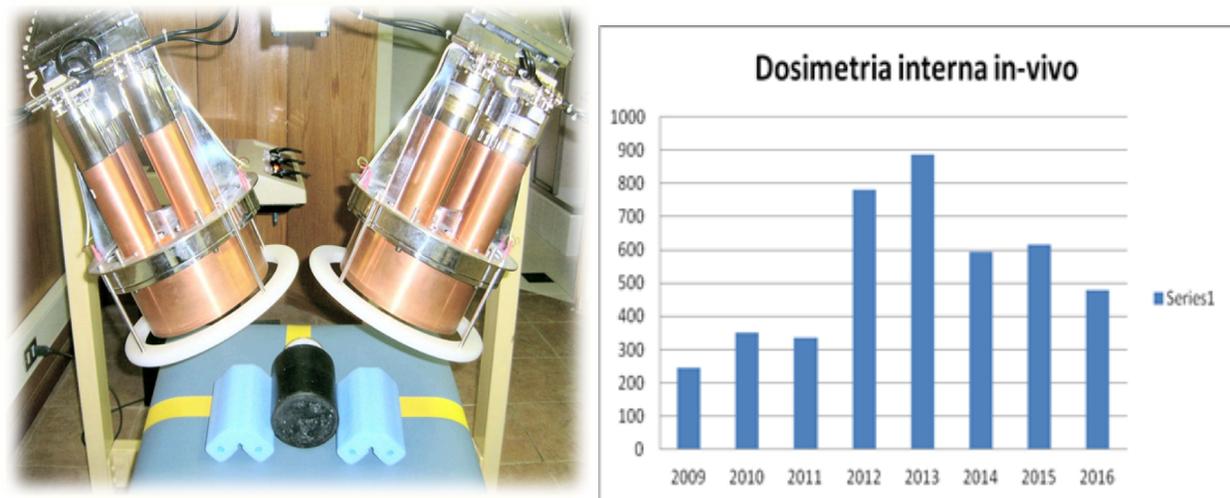
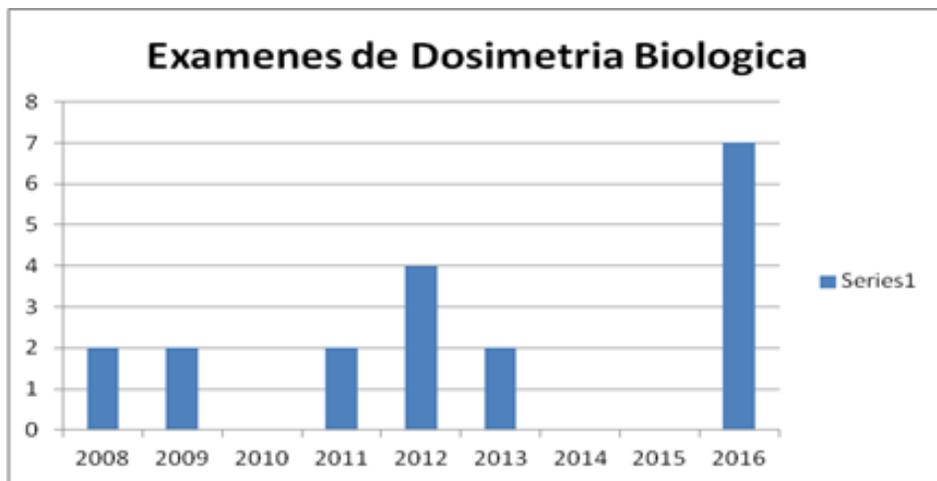


Fig. N° 2 Contador de cuerpo entero e historial de mediciones en el tiempo

Dosimetría Biológica

Durante el año 2016 se realizaron siete análisis de dosimetría biológica, de los cuales 5 corresponden a servicios solicitados por empresas externas, siendo el registro dosimétrico elevado la causa de solicitud del examen. Dos análisis corresponden a ensayos programados en el plan de capacitación de la nueva profesional.

Gráfico N°3. Historial de exámenes de dosimetría biológica



PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

Red LBDNet

El laboratorio se encuentra participando en un ejercicio organizado por la Red Latinoamericana de laboratorio de dosimetría biológica (LBDNet), el cual permitirá la construcción de una curva de calibración para la estimación de dosis absorbida, utilizando la técnica de micronúcleos por bloqueo de la citocinesis. Con ello se pretende iniciar el proceso de desarrollo e implementación de esta técnica en el laboratorio. La presentación y discusión de estos resultados se realizó en la reunión anual de la LBDNet (en ella participaron las dos funcionarias del laboratorio), en ésta se pudo concluir respecto al desempeño de cada laboratorio, y los resultados para nuestro laboratorio en particular fueron satisfactorios, respaldando así las buenas prácticas de los funcionarios del laboratorio de dosimetría biológica de la CCHEN. La Sección recibió reconocimiento de Cuba, por este aporte.

Red LBDNet - ARN

Con el fin de mantener la confiabilidad de los ensayos, fortalecer las capacidades del servicio, mejorar la calidad y competencias técnicas del laboratorio, éste está participando en un ejercicio de intercomparación organizado por la LBDNet y Autoridad Regulatoria Nuclear de la República Argentina (ARN), en el marco del proyecto regional OIEA-RLA 9075 y 9076. Este ejercicio tiene por objetivo evaluar la capacidad de respuesta regional en dosimetría física, biológica y/o computacional en un escenario simulado de exposición accidental en gammagrafía industrial. Nuestra sección participa realizando la estimación de dosis absorbida utilizando la técnica citogenética de dicéntricos y los resultados de éste se obtendrán en el año 2017.

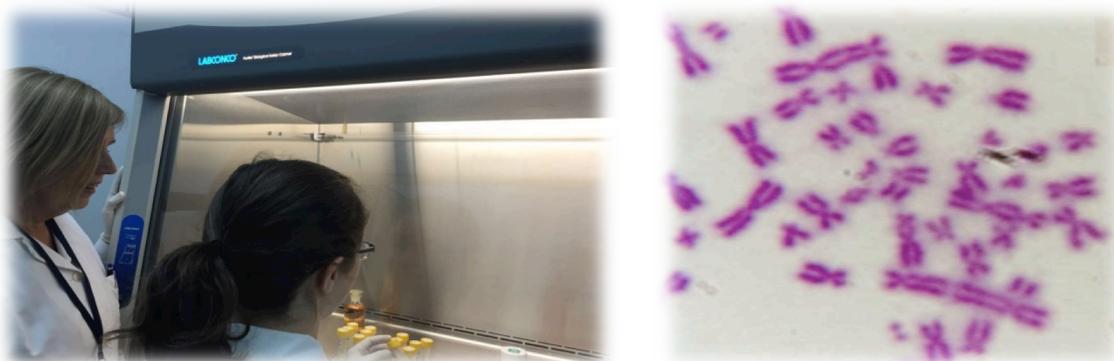


Fig. N° 3 Campana de cultivo – desarrollo de capacidades para dosimetría biológica

PARTICIPACIÓN EN CURSOS, REUNIONES, DOCENCIA E INSTANCIAS DE DIFUSIÓN

1. Agosto 2016:
 - a. Visita del experto Sebastián Gossio, en el marco del Proyecto CHI9022 “Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Respuesta a Emergencias Radiológicas” organizado por el OIEA en cooperación con la Comisión Chilena de Energía Nuclear, la cual tuvo por objetivo principal evaluar las capacidades nacionales de reconstrucción de dosis.
 - b. Curso de respuestas médicas a emergencias nucleares y radiológicas, bajo del proyecto regional RLA/9/076, en Ciudad de México, organizado por el OIEA en cooperación con el Gobierno de México a través de La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS).
2. Septiembre 2016:
 - a. Curso de Elementos de Protección Radiológica Operacional (CEPRO)-Salud, realizada en la Comisión Chilena de Energía Nuclear.
3. Octubre 2016:
 - a. Docencia en el Curso Nacional de Preparación y Respuesta a Emergencias Nucleares y

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- Radiológicas, para entrenamiento de profesionales del Ministerio de Salud de Chile, organizado por el OIEA en cooperación con el Gobierno de Chile, realizado en Santiago-Chile.
- b. Participación en taller regional: "Pruebas de Micronúcleos por Bloqueo de la Citocinesis como Método Biodosimétrico en Sucesos con un Gran Número de Víctimas durante Emergencias Radiológicas", en el marco del proyecto RLA/9076 "Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Respuesta a Emergencias Radiológicas" organizado por el OIEA y Servicio de Biodosimetría del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable y de la Autoridad Reguladora Nacional en Radioprotección del Uruguay. Este se realizó en Montevideo-Uruguay
4. Noviembre 2016:
 - a. Docencias en el Curso Nacional de Preparación y Respuesta Médica a Emergencias Nucleares y Radiológicas, organizado por el OIEA en cooperación con el Ministerio de Salud, realizado en Santiago-Chile.
 - b. Participación en el curso Montecarlo n-Particle software basic training course, en el marco del proyecto CHI0018 "Improving Capabilities for Simulation and Calculation in Nuclear Sciences", realizado en la CCHEN.
 - c. Participación en el curso nacional para Primeros Respondedores en Emergencias Radiológicas, organizado por el OIEA, en cooperación con la Comisión Chilena de Energía Nuclear, y que se realizó en la CCHEN.
 5. Diciembre 2016:
 - a. participación en el curso Montecarlo n-Particle software intermediate training course, en el marco del proyecto CHI0018 "Improving Capabilities for Simulation and Calculation in Nuclear Sciences", realizado en la CCHEN

SECCION DOSIMETRIA PERSONAL EXTERNA

OBJETIVO

Dar respuesta a la demanda usuarios de energía nuclear del país, sobre dosis externa que absorbe personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes, según los requisitos de la normativa nacional, por expresa autorización legal, y con el aval del Instituto de Salud Pública (ISP), aval que es mantenido a través de las intercomparaciones nacionales realizadas por dicho Instituto. La Sección Dosimetría Personal externa mide y registra las dosis recibidas por las personas expuestas a radiaciones ionizantes desde fuentes externas a la persona, contribuyendo así al control de aquellas dosis según lo autorizado por la agencia reguladora pertinente.

El Servicio usa tecnología de elementos termoluminiscentes en base a fluoruro de litio, (Fig. 1) leídos por lectores modelos Harshaw 5500 (Fig. 2) y Thermo Fisher 6600. La evaluación de dosis se basa en calibración con irradiaciones proporcionadas por el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes de la CCHEN, que es el Laboratorio de referencia nacional en estas materias.

RESULTADOS RELEVANTES

CONTROL DE CALIDAD

Durante 2016 el proceso Servicio de Dosimetría Personal se sometió a una auditoria interna de seguimiento, la cual detectó sólo una no conformidad. El Servicio se propone renovar la certificación ISO 9001:2008 en el 2017.

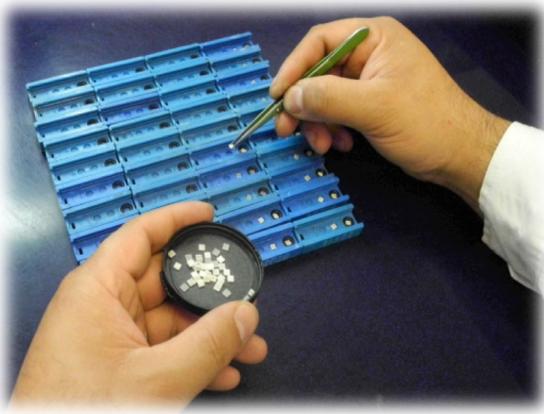


Fig. 1. Armado de dosímetros, con 2 elementos termoluminiscentes (TLD-100).



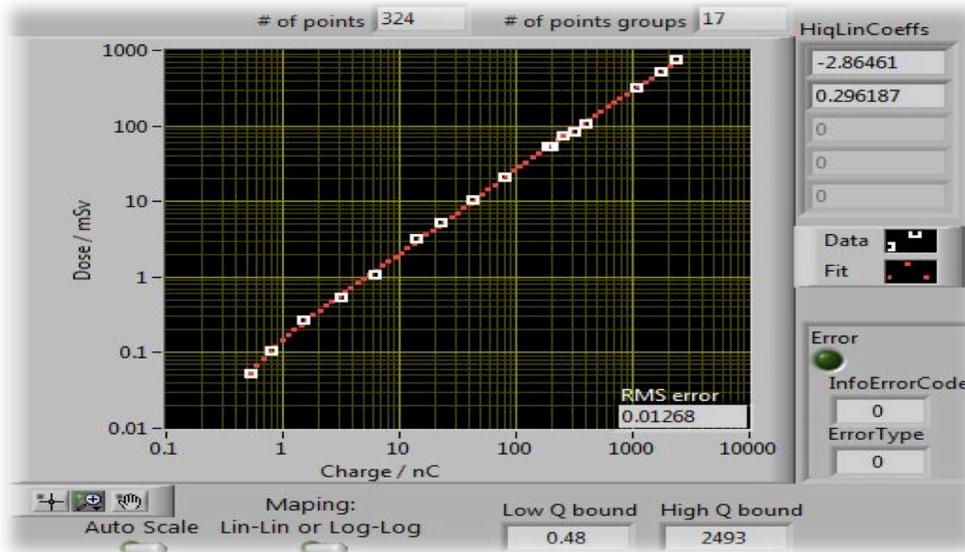
Fig. 2. Carga de disco con elementos termoluminiscentes al lector Harshaw 5500.

DESARROLLO

Programa WINREMDOSE

En CCHEN se ha desarrollado un programa (Fig. 3), llamado WinRemsDose; actualmente se desarrolla el Manual del programa, que está diseñado para la calibración y evaluación de dosis de las lecturas de analizadores Harshaw 5500 y 6600. En la etapa de calibración se decide la zona de las curvas de brillo de donde se calculará las dosis, y se ajusta una curva cúbica a baja dosis, seguida de una lineal a dosis intermedia y alta.

Fig. 3,
(a)



(a) Curva de calibración

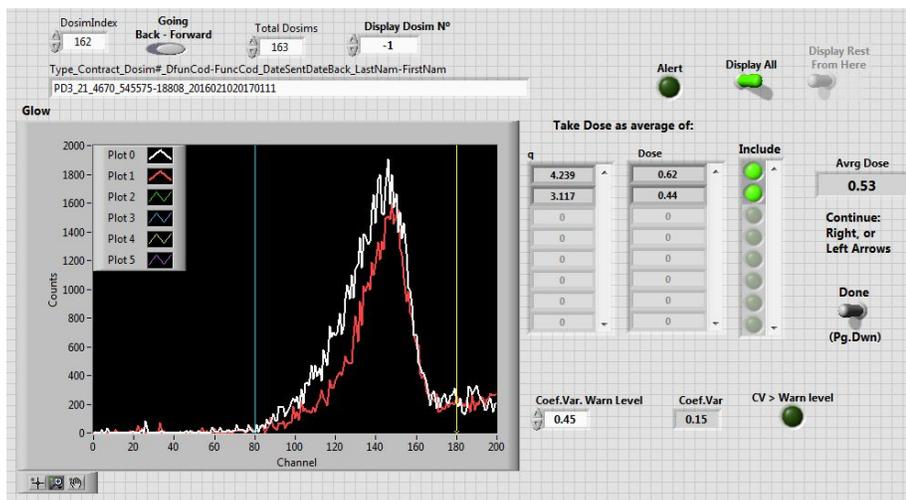


Fig. 3,
(b)

Fig. 3. Un programa desarrollado en CCHEN construye la curva de calibración (a), y evalúa la dosis (b), con asistencia para inspección visual al operario.

Dosimetría de cristalino

Se está evaluando⁸ el ofrecer dosimetría de cristalino, servicio que estará particularmente dirigido a trabajadores que enfrentan fuentes relativamente localizadas, cercanas a la cabeza. Este interés surge de experiencias internacionales que han demostrado que la afectación al cristalino por radiación de baja dosis puede ser superior a lo anteriormente evaluado. <http://rpd.oxfordjournals.org/content/147/1-2/300.long>.

SERVICIOS

En 2016 se despachó un total de 33.753 controles dosimétricos. Estos sirven a aproximadamente 320 funcionarios de la CCHEN, y personas en actividades temporales, y a más de 6.700 usuarios de otras instituciones y empresas. La Tabla 1 muestra los clientes con los mayores números de personas controladas.

Tabla 1. Principales clientes (con más de 100 personas controladas, y donde cada persona tuvo 2 controles, o más, en 2016)

Cliente	Controles
HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS	493
HOSPITAL CLINICO UNIVERSIDAD DE CHILE	353
HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO	299
SERVICIO NACIONAL DE SALUD. HOSPITAL CARLOS VAN BUREN	299
COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR	297
HOSPITAL CLINICO SAN BORJA-ARRIARAN	243

8 DPS.SDPE.INF.02.2016, "Introducción y evaluación de uso de dosímetros de cristalino"

Comisión Chilena de Energía Nuclear

INSTITUTO NACIONAL DEL CANCER	219
HOSPITAL CLINICO REGIONAL ANTOFAGASTA	184
CLINICA AVANSALUD PROVIDENCIA S.A.	166
HOSPITAL CLINICO UNIVERSIDAD DE CHILE	126
HOSPITAL EDUARDO PEREIRA RAMIREZ	113
CLINICA REÑACA S.A.	111
HOSPITAL CLINICO DEL SUR	103
UNIVERSIDAD DE VALPARAISO	103
CLINICA UNIVERSITARIA DE CONCEPCIÓN S.A.	102
HOSPITAL REGIONAL COYHAIQUE	101

MEJORAS DEL PROCESO

En 2016, se ha incorporó integralmente, en un mismo sistema, la evaluación de lecturas de los tres modelos que opera el Laboratorio: los lectores Harshaw 3500 y 5500 y Thermo Fisher 6600 Lite.

El Laboratorio está participando en el "Ejercicio de Intercomparación en Dosimetría Física, Biológica y Computacional en un Escenario Simulado de Exposición Accidental en Gammagrafía Industrial", a invitación de la Autoridad Regulatoria Nuclear, Argentina, bajo el Proyecto de Cooperación Técnica RLA /9/075, del OIEA. Los resultados de la evaluación de dosímetros fueron enviados a los organizadores en diciembre de 2016, y se espera el resultado de la comparación internacional en marzo, 2017.

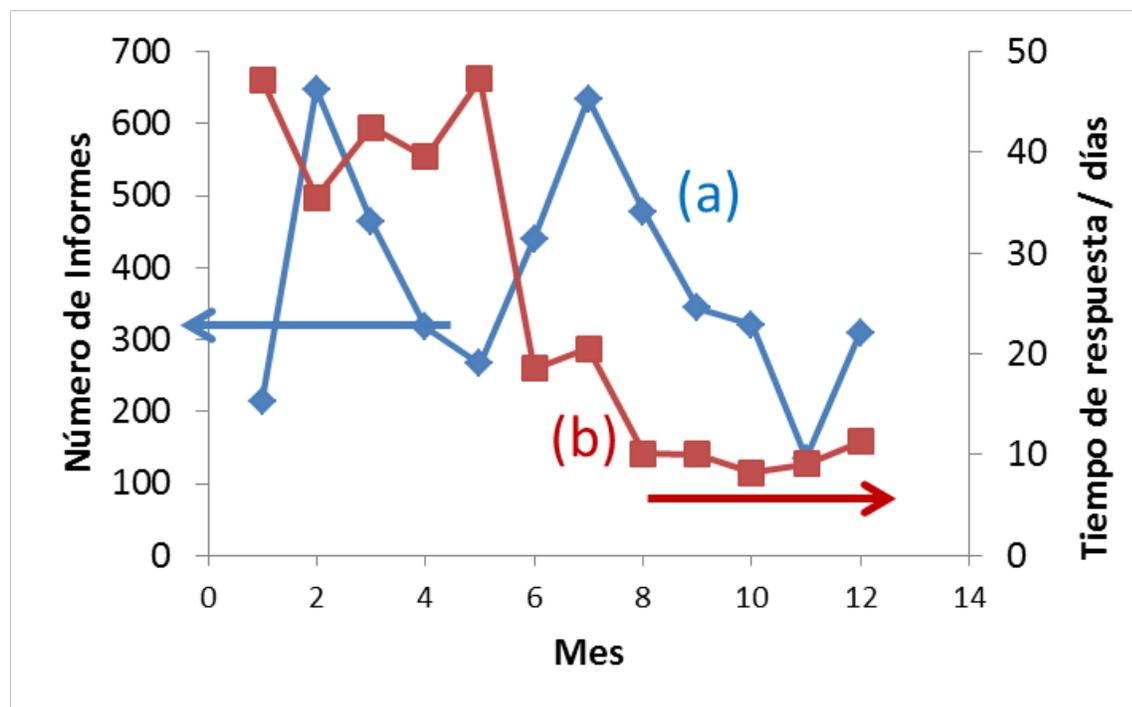


Fig. 4. Producción de Informes Dosimétricos: (a) número de informes enviados, por mes, (b) demora promedio desde recepción de dosímetros.

Gracias a operaciones más expeditas, el Servicio consiguió bajar sus tiempos de respuesta, desde recepción de

dosímetros para evaluación hasta despacho de los informes, desde aproximadamente 40 días a 10 días, en promedio, como se muestra en la Fig. 4.

PARTICIPACIÓN NACIONAL

Docencia

El Jefe de Sección, impartió clases en los cursos regulares que ofrece la CCHEN en protección radiológica ocupacional, y en la cátedra de protección radiológica en programas de magister en tecnología médica en las universidades de Chile, de Valparaíso, y Mayor.

SECCIÓN GESTIÓN DESECHOS RADIATIVOS

OBJETIVO

La Sección Gestión de Desechos Radiactivos (SEGEDRA) tiene por objetivo proponer, operar y mantener la infraestructura operacional técnico-administrativa en CCHEN para satisfacer las necesidades de los generadores de desechos radiactivos del país. Para ello, centraliza todas las actividades relacionadas con la gestión de desechos radiactivos que se generen en el país como producto de aplicaciones para usos pacíficos de la energía nuclear, a fin de proteger al hombre, los bienes y el medio ambiente.

LÍNEAS DE TRABAJO

Para dar cumplimiento a su objetivo, la Sección desarrolla su quehacer en las áreas de:

SERVICIOS

- Asesorías

Asesoría para la gestión de desechos radiactivos a los generadores del país, tanto a clientes internos (CCHEN) como a clientes externos de instalaciones radiactivas y nucleares del país.

- Gestión de desechos radiactivos

Gestión de desechos radiactivos, mediante el cual se recibe el material radiactivo en desuso en calidad de desecho, dando tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento en forma permanente en las instalaciones de gestión de desechos radiactivos.

Durante el periodo, se atendió un total de 101 solicitudes de gestión de desechos radiactivos, provenientes de clientes internos y externos. En las instalaciones de SEGEDRA, se recibió un total de 8m³ de desechos radiactivos, para su tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento en forma segura; cuya distribución se presenta en el siguiente gráfico.

Volumen en Litros de Desechos Radiactivos Gestionados
Año 2016

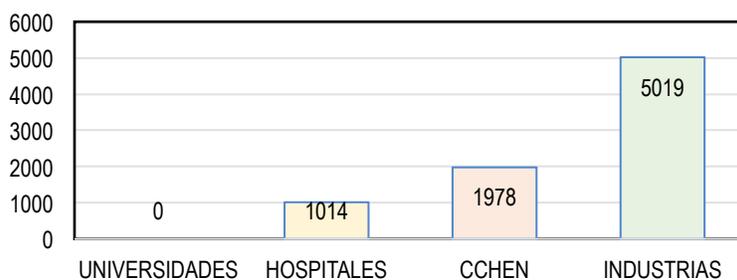


Gráfico N°1 Tipo de generadores de desechos radiactivos año 2016

Servicios realizados año 2016

Servicios Externos - generadores de desechos radiactivos del país.

En el año 2016, la Sección Gestión Desechos Radiactivos, atendió un total de 55 solicitudes de empresas o instituciones generadoras de desechos, externos a la CCHEN. Se realizó evaluación de la gestión de desechos radiactivos a un total de 43 instalaciones, con asesoría en la instalación a 4 de ellas, y se concretó la gestión de desechos de 17 instalaciones, haciendo un volumen de 6 m³ procedentes de instalaciones externas. En el gráfico N°2 a continuación, se muestra el comportamiento del servicio en el historial de la Sección.



Gráfico N°2 Comportamiento de los servicios en el tiempo

Servicios Internos - generadores de desechos radiactivos en CCHEN.

En el periodo, se recibieron 46 solicitudes de gestión de desechos radiactivos procedentes de cuatro (4) instalaciones de ambos Centros Nucleares de la CCHEN. Dichos desechos aportan un volumen aproximado de 2m³.

Asesorías a generadores de desechos radiactivos en el país

Se realizó asesorías en terreno a un total de 4 instalaciones generadoras de desechos radiactivos, a cuyos responsables se entregó la evaluación de las características de sus desechos, condiciones a cumplir y se dieron recomendaciones para realizar la gestión de ellos, junto con el costo de dicha gestión, lo anterior reportado en informes de evaluación. Las siguientes instalaciones solicitaron este servicio:

- Sociedad Industrial Kunstmann S.A.
- Pontificia Universidad Católica de Chile-Red Salud UC-CHRISTUS
- Gerdau Aza S.A.
- Molibdeno y Metales S.A.
- SQM Industrial S.A. – Planta María Elena (Actualización Plan de Gestión Desechos Radiactivos)

OPERACIÓN

SEGEDRA cuenta con instalaciones para el procesamiento y almacenamiento de desechos radiactivos, las cuales son operadas y mantenidas, en condiciones de seguridad conforme a requisitos normativos reglamentarios y normativos tanto nacionales como internacionales

Volumen total de desechos radiactivos gestionados año 2016

El total de desechos radiactivos recibidos en el año 2016 es de 8 m³ (6 m³ procedentes de externos y 2 m³ proveniente de aplicaciones e investigación en CCHEN).

DESARROLLO

Orientados a la mejora y renovación de procesos con la consiguiente infraestructura técnica tales como diseño y experimentación de procesos, diseños conceptuales de instalaciones necesarias, estudios de factibilidad técnica y mejoras orientadas a la gestión de desechos radiactivos, es una línea de trabajo que constantemente está en el quehacer de la Sección.

Desarrollo de Procesos de Tratamiento de Desechos Radiactivos Líquidos

Durante el año 2016, se continuó con el desarrollo a nivel laboratorio, del proceso de reducción de volumen de desechos radiactivos líquidos que contienen Uranio en medio clorhídrico, sulfúrico y fosfórico, estos desechos radiactivos líquidos fueron generados por trabajos realizados en instalaciones CCHEN, y contienen hasta 8,5m/L de Uranio. El objetivo es reducir de volumen el líquido que contiene Uranio, mediante re-extracción y luego precipitación, para dejarlo en fase sólida en pequeño volumen.

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Experimentación de SEGEDRA, por alumnos memoristas de la carrera de Ingeniería Civil Química de la Universidad de Chile y de la Universidad de Santiago. El proceso seleccionado fue extracción líquido-líquido, usando como solvente kerosene con los siguientes extractantes: óxido de tri-n-octilfosfina (TOPO), di-2-etilhexil ácido fosfórico (DEHPA).

El objetivo de las experiencias fue reducir la concentración de Uranio que se encuentra en un líquido acuoso de medio sulfúrico o fosfórico, mediante la extracción del radioisótopo desde esta fase acuosa a la fase orgánica (compuesta por solventes más extractantes TOPO+DEHPA), y posteriormente precipitar el Uranio, presente en la fase orgánica, mediante una reacción con carbonato de amonio, formando Uranil carbonato de amonio (AUC, por sus siglas en inglés).

La concentración inicial de los desechos radiactivos en medios acuoso es de hasta 8500 [ppm] de Uranio, reduciéndose hasta valores de 10 [ppm] de Uranio, lo que indica que el factor de descontaminación en el líquido alcanzó un valor de FD = 850, que implica una reducción de concentración de 99.88% en el desecho líquido madre.

Factor de descontaminación (FD)	850
Descontaminación	99,88%

Además, el estudio permitió demostrar empíricamente, que los líquidos que tienen presencia de hierro en la solución, con concentraciones mayores a 80 [ppm], disminuye la eficiencia del proceso, no lográndose los objetivos de reducción de Uranio, debido a que los extractantes (TOPO+DEHPA) tienen afinidad por hierro. Por lo que el conocimiento de los compuestos del líquido, a través de una caracterización, es importante al momento de realizar este tipo de procesos de extracción.

PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

Proyecto Regional OIEA-CCHEN “Fortalecimiento de Infraestructura Nacional y Marco Regulatorio para Protección del Público y medioambiente para la Gestión Segura de Desechos Radiactivos” código RLA9078

La participación de Chile en este proyecto es de asesoría con la participación de expertos nacionales, utilización de capacidades e infraestructura para reuniones y cursos de carácter regional para participantes de Latinoamérica y El Caribe, y capacitación de personal nacional en el tema de gestión de desechos radiactivos.

La contraparte nacional es la Jefa de la Sección Gestión Desechos Radiactivos; el proyecto se encuentra en marcha y las actividades cumplidas en el año 2016 son:

- **Marzo:** en el marco del proyecto, el colaborador de SEGEDRA Sr. Nicolás Contreras c., participó en la “Reunión Regional sobre la Concesión de Licencias y la Inspección de las Instalaciones de Gestión de Desechos Radiactivos y Actividades Conexas”, realizado en Ciudad de Panamá (Panamá). Se presentó en la reunión la experiencia en el licenciamiento de las instalaciones para la gestión de desechos radiactivos provenientes de reactores de investigación y plantas de producción de radioisótopos.
- **Julio:** en el marco del proyecto, SEGEDRA, recibió a los expertos Sr. Fabio López (Argentina) y Jaime Aguirre (México), quienes desarrollaron una misión del OIEA, para colaborar en la revisión, discusión y proposición de actualizaciones en la gestión de desechos radiactivos, específicamente en la aplicación de descargas y exención de material radiactivo en concordancia con los estándares del OIEA.
- **Agosto:** en el marco del proyecto, SEGEDRA recibió a las expertas Sra. Aniuska Betancourt (Cuba) y Sra. Marcela Medici (Argentina), quienes desarrollaron una misión del OIEA, para colaborar en el documento de Política Nacional y Estrategia para la Gestión de Desechos Radiactivos y apoyar la inclusión del combustible nuclear gastado, para dar cumplimiento a los requerimientos de la Convención Conjunta sobre Seguridad del Combustible Gastado y sobre Seguridad de la Gestión de Desechos Radiactivos, de acuerdo a estándares de OIEA.
- **Noviembre:** La Sra. Azucena Sanhueza Mir, participó como experta del OIEA en la Dirección de Energía Nuclear de Guatemala, para Asesorar a Reguladores y Operadores en la Implementación de Planes para la Gestión Segura de Fuentes de Radiación Selladas y Desechos Radiactivos, en el marco del Proyecto RLA 9078
- **Diciembre:** en el marco del proyecto, el colaborador de SEGEDRA Sr. Marcelo Mendoza y dos colaboradores del RECH-1, Sres. Carlos Henríquez y Patricio San Martín, participaron asistieron al a “Reunión Regional sobre Requisitos Regulatorios, Seguridad de las Prácticas y Gestión de Desechos de Clausura de Pequeñas Instalaciones”, realizado en Montevideo (Uruguay), donde se presentó un caso de estudio técnico y económico respecto a la clausura de reactores nucleares experimentales, basándose en la experiencia internacional existente.
- Se recibió a las expertas Srta. Niurka González (Cuba) y Srta. Natalia Protti (Argentina), quienes desarrollaron una misión del OIEA, para colaborar en la evaluación de seguridad del Banco de Trabajo para Acondicionamiento Recuperable de Fuentes de Radiación Selladas, mediante aplicación del código SAFRAN.

Proyecto Internacional sobre Ciclos del Combustible y Reactores Nucleares Innovadores (INPRO):

La participación de Chile en este proyecto, fue mediante la asistencia de un colaborador de SEGEDRA en la reunión técnica “Hacia la Sostenibilidad de los Sistemas de Energía Nuclear-Gestión de Desechos y Agresores Ambientales”

PARTICIPACIÓN NACIONAL

Docencia

Cátedras: Durante al año 2016, la jefa de la sección participó como docente de la cátedra de Protección Radiológica para la Universidad Mayor, Universidad de Chile y Universidad de Valparaíso, sede San Felipe)

Cursos CEPRO: En el período informado, se dio cumplimiento a todas las solicitudes de Extensión de CCHEN para dictar clases en Cursos de Elementos de Protección Radiológica, las que fueron dictadas por la Jefa de Sección.

Instituto Nacional de estadísticas, INE: como otros años, se aportó datos estadísticos de la gestión de desechos radiactivos, los cuales son utilizados por INE para la recopilación de estadísticas nacionales y los cuales son publicados en el Plan Nacional de Recopilación Estadística.

ENSEÑANZA DE LA PROTECCION RADIOLOGICA: CURSOS DE PROTECCION RADIOLOGICA

OBJETIVO

Propiciar la enseñanza de la utilización de la energía nuclear manteniendo la realización de cursos, seminarios, cátedras por sí misma o en convenios con instituciones de instrucción, para la divulgación de normas y reglamentos y el entrenamiento en materias de protección radiológica, con la finalidad capacitar y entrenar en el uso de la tecnología nuclear en condiciones de seguridad.

LÍNEAS DE TRABAJO

Dictación de Cursos, Seminarios y Cátedras

Un total de 373 participantes fueron capacitados en 2016, que pertenecen a instituciones del sector salud, industrial y educacional. En la Tabla N°1 se presenta el total de cursos realizados en el año 2016. En estos cursos es importante la experiencia que CCHEN puede ofrecer a las instituciones que solicitan este servicio, siendo un factor primordial la excelencia de nuestros capacitadores y la disponibilidad de la infraestructura – laboratorios para demostraciones y prácticas programadas en los cursos. A continuación se presenta los resultados habidos en el período informado.

Dirección de seminarios de titulación

Dentro de las actividades de extensión realizadas en las universidades, ha surgido la necesidad de involucrarse en la dirección y corrección de memorias de titulación de alumnos, especialmente cuando los temas están relacionados con la seguridad radiológica para la obtención de formación de pregrado como de post grado. Esta actividad ha sido constante en la Universidad de Chile, Universidad Mayor y Universidad de Valparaíso, la Universidad de la Frontera y la Universidad Tecnológica Metropolitana.

Recursos Humanos

Durante el 2016 participaron 23 profesionales de CCHEN 8 profesionales de la División Corporativa 7 de Producción y Servicios 8 de la División Seguridad Nuclear y Radiológica y 1 de Investigación y Desarrollo. Estos profesionales participan dictando clases, realizando pasos prácticos en cátedras, seminarios y cursos abiertos que la institución realiza.

La cantidad de horas comprometidas para el año 2016 son: 1035 h/h. del total de horas, la División Seguridad Nuclear y Radiología aporta 105,5 H/H correspondiente al 0.83% de tiempo de los profesionales de ese Depto. que dictan dictan clases, la División Corporativa aporta 435 h/h y corresponde al 3,86% de los profesionales involucrados, la División de Producción y Servicios aporta 494 H/H con el 4,41% de los profesionales involucrados y la División de Investigación y Aplicaciones Nucleares aporta con 3.5 H/H; y representa el 2,94% .

En el presente año las horas/hombre han sido levemente mayor, a raíz que se han integrado más prácticas en los cursos CEPRO. Estas corresponden a las clases presenciales que dictan nuestros profesores, más las horas de preparación de clases (por cada hora presencial se agrega una hora de preparación) además, se han agregado las horas de traslados. Para trasladarse dentro Santiago se ha considerado 3hrs y para trasladarse fuera de Santiago, se consideran 8 hrs.

RESULTADOS RELEVANTES

Cursos realizados/personas capacitadas

En el año 2016, se realizó 18 cursos de Protección Radiológica y se capacitó a un total de 373 personas. Analizadas las encuestas de satisfacción de cliente y las opiniones de los profesores, se puede concluir que se ha cumplido con la meta y con la satisfacción de los clientes.

Para este efecto, dentro de los últimos 8 años se ha realizado una encuesta de opinión para recoger la percepción de nuestros clientes acerca del curso. Esta encuesta recoge la opinión en dos dimensiones; una los aspectos de gestión, incluidos apuntes y presentaciones y otra dimensión que recoge aspectos de la actividad y calidad docente además se hace un par de preguntas abiertas para recoger sugerencias y recomendaciones sobre temas de mayor relevancia. La encuesta permite 4 espacios de respuesta: Muy Bueno, Bueno lo que se considera aceptable y Regular o Malo lo que se considera deficiente.

La evaluación general de la encuesta de satisfacción de cliente ha tenido el siguiente comportamiento estos últimos años: en los aspectos de gestión, apuntes y presentaciones, en el 2013 este ámbito fue calificado como MUY BUENO Y BUENO en un 96.34%, el 2014 en un 98,43%, 2015 en un 98,31% y el año 2016 e un 97.07% . Con respecto a la evaluación docente del profesorado, el 2014 estos fueron calificados como MUY BUENOS Y BUENOS en un 98,06% y el 1,94% los calificó como REGULAR O MALOS, el 2015 fueron calificados como MUY BUENOS y BUENOS en un 98,14% y como REGULAR o MALOS en un 1.86%, mientras que en el año 2016 fueron calificados como MUY BUENOS y BUENOS en un 98,28% y como REGULAR o MALOS en un 1.72%

CURSO	FECHA	PARTICIPANTES
Cátedra de Protección Radiológica U. Mayor sede Santiago	14 de marzo al 23 de Junio	21
Cátedra de Protección Radiológica Universidad de Chile	14 de marzo al 27 de junio	17
Cátedra de Protección Radiológica Universidad de Valparaíso	01 de marzo al 01 de julio	30
Diplomado en Tecnología Nuclear	2016	4
Magíster en Tecnología Nuclear	2016	9
CUBEPRO I	21 al 25 de marzo	30
CEPRO I, Sector Industrial	18 al 29 de julio	30
CEPRO IQS TALCAHUANO	05 al 10 de junio	10
CEPRO ADUANA Talcahuano	29 de agosto al 02 de septiembre	20
CEPRO II, Sector Salud	26 de septiembre al 7 de octubre	33
CEPRO CERRADO Goodyear	17 al 21 de octubre	10
CEPRO ADUANA Arica	24 al 28 de octubre	16
CEPRO Sector Industrial ADICIONAL	21 de noviembre al 02 de diciembre	25
CUBEPRO Nestlé	27al 29 de enero	30
Seminario Ing. en Prevención de Riesgo DUOC	16 de noviembre	35
Seminario de Protección Radiológica Policía de Investigaciones	04 al 08 de julio	25

Comisión Chilena de Energía Nuclear

Seminario de Protección Radiológica Carabineros de Chile	05 al 08 de septiembre	25
Laboratorios Magíster en Física Médica UFRO	12 al 16 de diciembre	3

Total participantes 373

Tabla 1: cursos, cátedras y seminarios de protección radiológica realizados el 2016

DESARROLLO

-Mejora de cursos CEPRO

Durante el 2016 se puso en práctica los nuevos cursos CEPRO incluyendo los nuevos contenidos y nuevos pasos prácticos. Estas nuevas modificaciones fueron muy bien evaluadas por los usuarios de estas tecnologías.

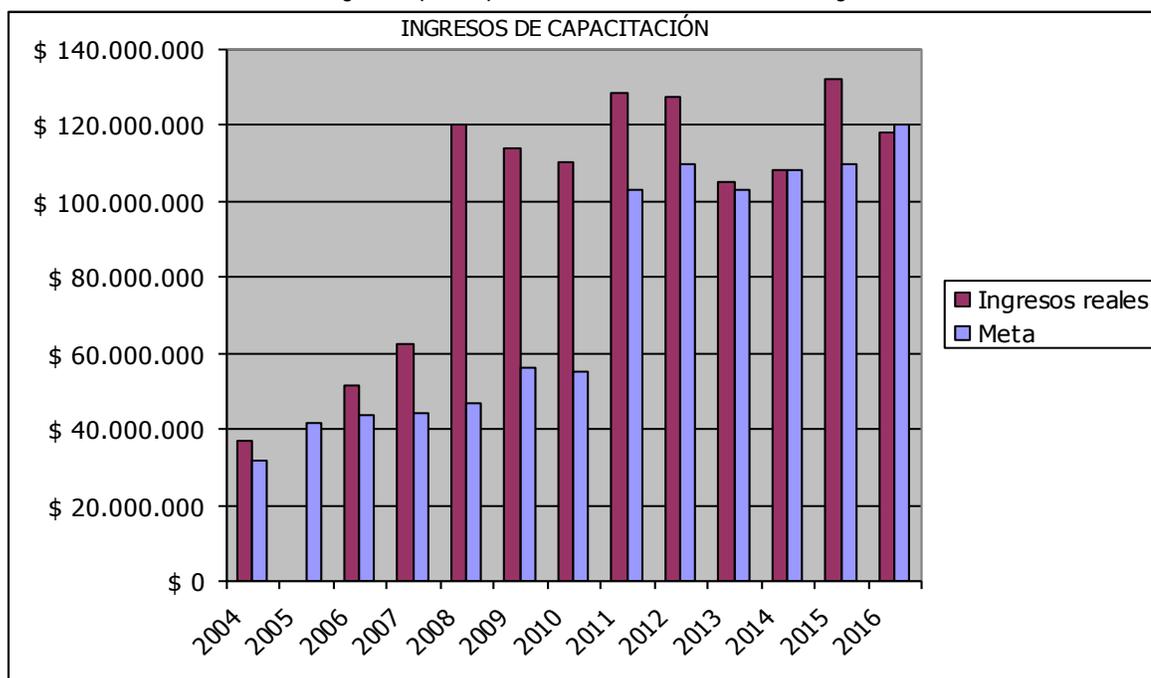
- Aula Virtual

Durante diciembre de 2016 se colocó en marcha el Aula Virtual de la CCHEN una herramienta importante para los cursos que dicta la institución, los participantes de nuestros cursos podrán disponer de todos la información de contenidos, presentaciones e información adicional online y en el tiempo que ellos dispongan.

INFORME ECONÓMICO

En el Cuadro siguiente se presenta el historial de ingresos por este servicio, desde el año 2004 a 2016.

Gráfico N°1: Historial ingresos por capacitación en Protección Radiológica



Independiente de los ingresos que se generaron por los cursos abiertos y cerrados, también se generó ingresos en fondos de administración de terceros por \$ 800.000, que aportó la Universidad de la Frontera, por convenio vigente.

DEPARTAMENTO SERVICIOS DE CARACTERIZACION E IRRADIACIONES

Jefe del Departamento: Juan Espinoza B.

☎ 224702746

✉ juan.espinoza@cchen.cl

SECCIÓN DE CARACTERIZACIÓN

OBJETIVOS

- Entregar servicios de caracterización químicos y físicos a los distintos proyectos internos de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).
- Desarrollar, implementar, validar y actualizar metodologías analíticas en caracterización química y física orientadas a asegurar la calidad en la caracterización en los servicios química y física de manera transversal en CCHEN.
- Mantener y mejorar continuamente el Sistema de Gestión de Calidad para laboratorios usando el estándar de la norma NCh-ISO 17025.

Laboratorio de Análisis Químico (LAQ)

El Laboratorio de Análisis Químico presta servicios analíticos a distintos proyectos dentro de CCHEN. Durante el año 2016 los demandantes internos de servicios de Análisis Químico fueron:

- Sección de Geología y Minería (SGM, Proyecto 607).
- Sección de Gestión Desechos Radiactivos (SEGEDRA, Proyecto 125).
- Sub-departamento de Reactores (Proyecto 617).
- Prevención de Riesgos (Proyecto 153).
- Laboratorio de Análisis Químico (Proyecto 130).
- Laboratorio Isotopos Ambientales (Proyecto 155)

Servicios Externos:

Se encuentra vigente el contrato de servicio de análisis químico para ENAMI PAIPOTE, cuyo Departamento de Medio Ambiente solicita análisis de Material Particulado Sedimentable (MPS) en pozos de la fundición Hernán Gonzalez Videla. Mensualmente se recibe una solicitud de trabajo con tres muestras.

Las técnicas utilizadas en esta Sección para dar cumplimiento a la demanda de trabajo son las siguientes:

Técnicas de Caracterización Química

- Espectrometría de Emisión de Plasma Inductivamente Acoplado (ICP).
- Espectrometría de Absorción Atómica (EAA)
- Espectrofotometría de Absorción Molecular (EAM)
- Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)
- Técnicas potenciométricas: Electrodo Ión Específico.
- Nefelometría
- Técnicas Químicas Clásicas: Volumetría, Gravimetría y Digestión.
- Chancado y molienda de minerales.

Litio:

El 14 de marzo de 2016 la CCHEN, el Servicio Nacional de Aduanas y la Corporación de Fomento de la Producción suscribieron un Convenio tripartito de colaboración.

El principal objetivo es lograr que el Estado tenga autonomía en el control de las exportaciones de productos de minería no metálica, especialmente productos de litio, por corresponder a un elemento estratégico para el país.

Fue así como la CCHEN generó capacidades para realizar tomas de muestras de sales y salmueras de litio, implementó y validó metodologías analíticas para determinar analitos contenidos en salmueras, todo ello en conjunto con el Laboratorio Químico de Aduanas y bajo la supervisión de una experta contratada por CORFO bajo el Convenio.

Adicionalmente, la CCHEN contrató a una Licenciada en Química para dedicación exclusiva al tema litio y se contó con recursos para equipar el Laboratorio de Análisis Químico y disponer de todos los insumos necesarios.

Laboratorio de Caracterización Física

El laboratorio de Caracterización Física tiene como objetivo la medición de características físicas y propiedades de los materiales.

Durante el año 2016 los demandantes internos de servicios de Caracterización Física fueron:

- Proyectos 607 (Sección Geología y Minería, SGM)
- 646 (Sección de Combustibles Nucleares, SCN)
- Proyecto 129 ,
- Proyecto 130 (Laboratorio Químico, LAQ)
- Proyecto 520, (Caracterización Física, LCF)

Además se prestó servicios externos a las siguientes instituciones:

- Biomar
- Fuller
- Usach Proyecto Fondecyt

Las técnicas utilizadas en esta Sección para dar cumplimiento a la demanda de trabajo son las siguientes:

- Distribución y Tamaño de Partículas (TP)
- Picnómetro de Helio (PyHe)
- Porosimetría de Mercurio (P de Hg)
- Difractómetro de Rayos X (DRX)

Participación en iniciativas de cooperación nacional e internacional.

A nivel nacional destaca la participación del LAQ en representación de CCHEN en los siguientes ámbitos:

- Participación en la elaboración de una normativa para la “Determinación de cobre en minerales de cobre mediante Absorción Atómica (EEA) NCh.3392” a través del Instituto Nacional de Normalización (INN). La participación del LAQ se enmarcó dentro del periodo de consulta pública realizando aportes al proyecto de norma y en la actualidad participa como integrante del comité técnico en la elaboración de dicha norma. Proceso terminado.
- El LAQ participa como contraparte técnica en el convenio tripartito CORFO, ADUANAS y CCHEN para la implementación y validación de técnicas analíticas en los Laboratorios Químicos de ADUANAS y CCHEN con el fin de caracterizar salmueras provenientes del Salar de Atacama.
- Personal del LAQ participa en salida a terreno para la obtención de muestras de salmuera y carbonato de litio en las empresas Rockwood y SQM en la Región de Antofagasta.
- Destaca la participación del LAQ en apoyo a los proyectos adjudicados por el Laboratorio de Isotopos ambientales CHI 7013 y RLA 7021. El apoyo entregado tiene relación con la caracterización química de muestras de agua subterránea para estudios de contaminación de acuíferos. Proyectos en desarrollo.

En el ámbito internacional el Laboratorio de Análisis Químico, participó en el quincuagésimo cuarto (54) y el quincuagésimo quinto (55) Programa Anual Ensayos de Aptitud Interlaboratorios de la **World Metereological Organization (WMO)**, para la determinación de cationes y aniones en muestras sintéticas de lluvias acidas. La participación en estos ensayos de aptitud asegura el buen desempeño de las metodologías, técnicas analíticas y expertise del personal del LAQ.

Además participo en la 34° intercomparación de **European Monitoring and Evaluation programme (EMEP)** para la determinación de metales pesados en aguas lluvia.

RESULTADOS EN MATERIA DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

Laboratorio de Análisis Químico

En el gráfico N°1, se muestra la demanda de trabajo del Laboratorio de Análisis Químico durante el año 2016, según los proyectos a los cuales se entregó servicio de análisis.

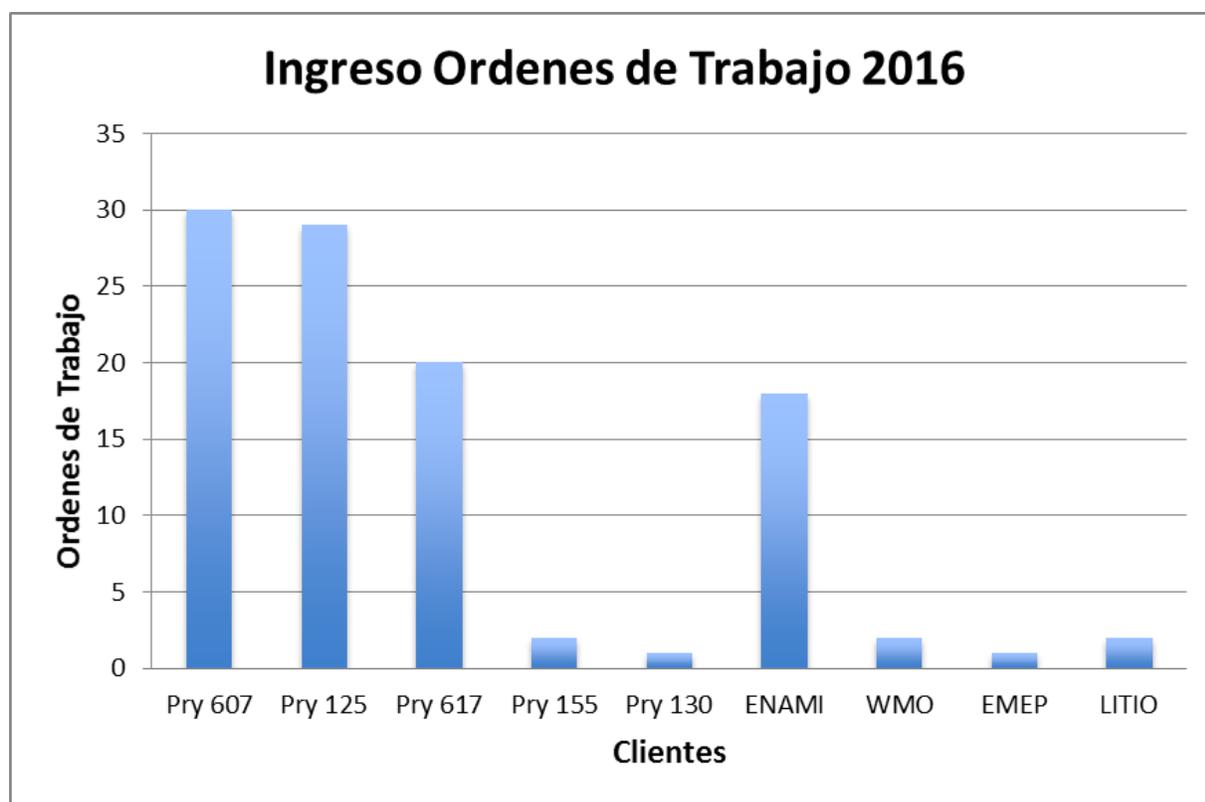


Gráfico N° 1: Ingreso de Ordenes de Trabajo Año 2016

Como se puede apreciar en el grafico la mayor demanda de trabajo para el LAQ provino de proyectos pertenecientes al DMN Pry 607 (DIAN) y SEGEDRA Pry 125 (DPS). A ello se le debe agregar las OT que son parte del Control de Cloro y Turbidez del agua de consumo del CEN Lo Aguirre para el cual se ingresaron 220 OT (Proy 153).

Las órdenes de trabajo ingresadas por proyecto (Grafico N° 1), no siempre son proporcional a la cantidad de determinaciones realizadas por el LAQ según muestran los siguientes gráficos:



Gráfico N° 2: Determinaciones Realizadas por Proyecto Año 2016

Los analitos con mayor número de determinaciones se muestran en el gráfico N°3:

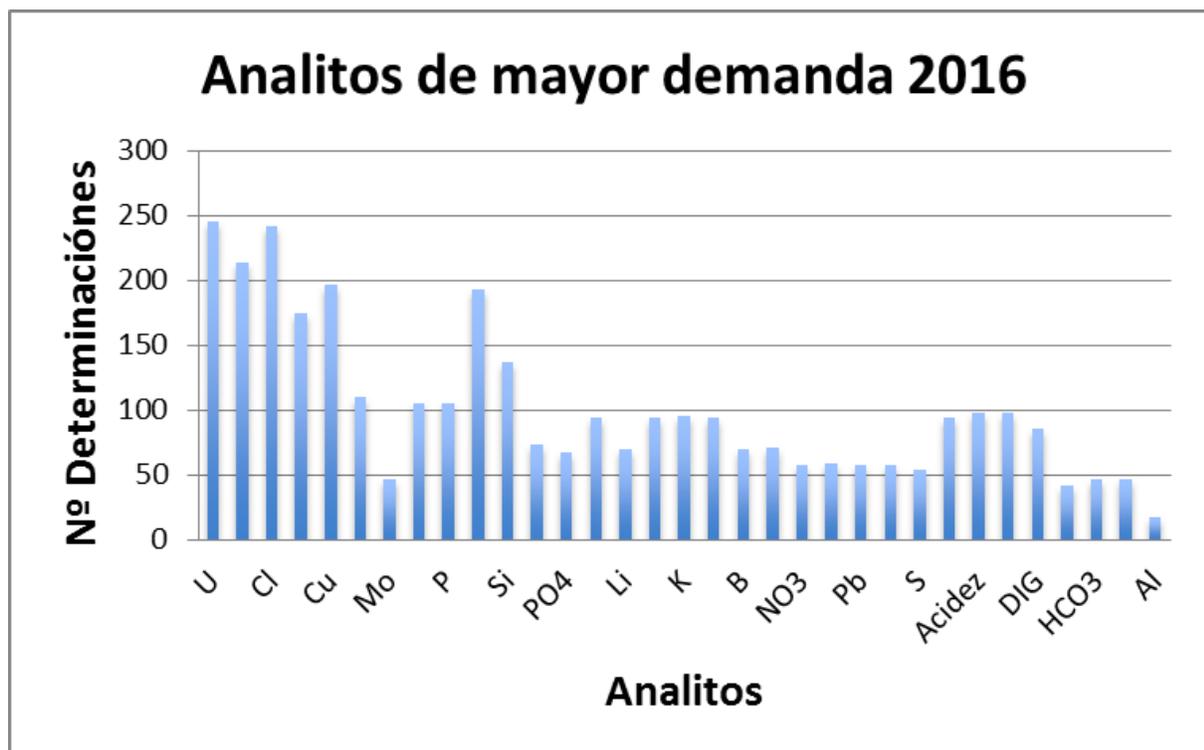


Gráfico N° 3: Analitos de Mayor Demanda

El gráfico N°4, muestra que la mayor demanda de los análisis es a través de la técnica de Espectrometría de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP).

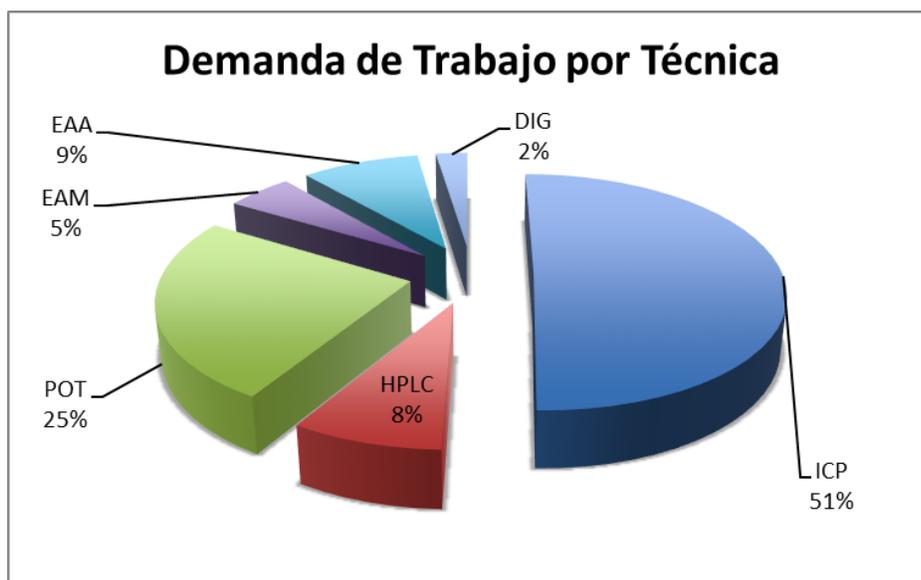


Gráfico N° 4: Demanda de trabajo por técnica analítica

ICP: Espectroscopia de Plasma Acoplado Inductivamente (61 %)

EAM: Espectrofotometría de Absorción Molecular (10%).

EAA: Espectrofotometría de Absorción Atómica (<1%).

HPLC: Cromatografía Líquida de Alta Resolución (2%)..

POT: Técnicas potenciométricas clásicas; pH, Conductividad, Gravimetría, Potenciometría, Volumetría y Digestión (10%).

DIG: Digestiones a muestras sólidas.

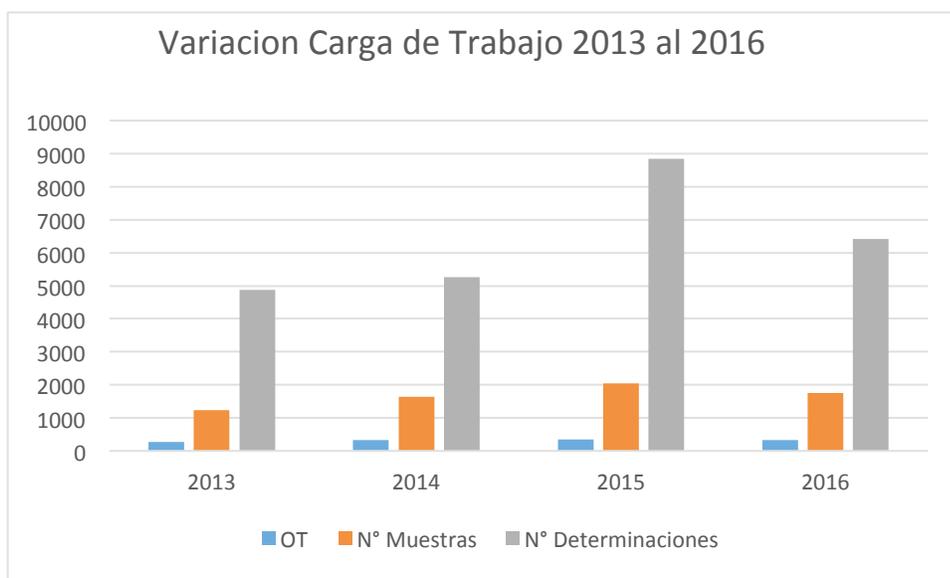
La Tabla N°1, muestra la variación de la carga de trabajo observada desde el año 2013 al año 2016:

Tabla N° 1: Variación de trabajo periodo 2013-2015.

Parámetro	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016
Ordenes de trabajo	280	328	347	325
N° muestras ingresadas	1232	1645	2047	1751
N° determinaciones	4878	5269	8850	6409

La tabla anterior se representa en el gráfico N° 5:

Gráfico N° 5: Comparación demanda de trabajo periodo 2013 al 2016



La disminución en OT y determinaciones se debe principalmente a que la demanda de trabajo del proyecto 607 (mayor demandante a través de los años) disminuyó respecto del año 2015.

Laboratorio de Caracterización Física

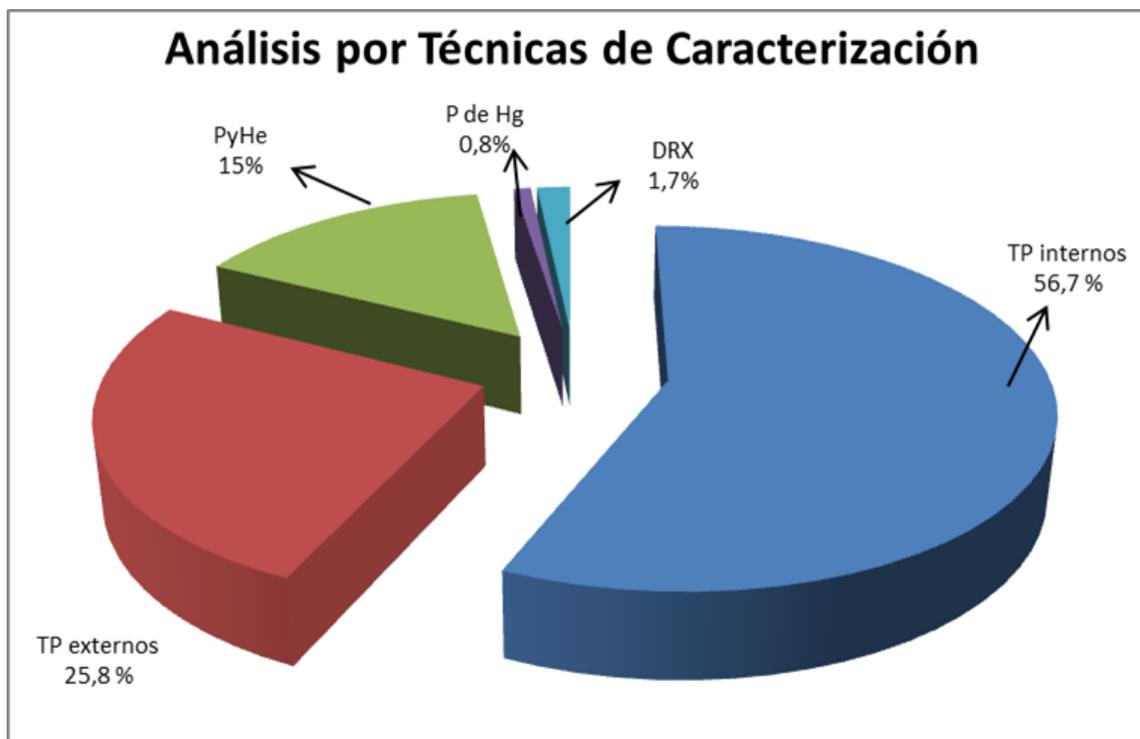
El laboratorio de Caracterización Física tiene como objetivo la medición de características físicas y propiedades de los materiales. En la tabla N° 2, se puede apreciar la variación de la carga de trabajo en el periodo 2015 – 2016.

Tabla N° 2: Variación carga de trabajo 2015 – 2016

Técnica	Año 2015			Año 2016		
	N° muestras	N° Análisis	%	N° muestras	N° Análisis	%
Tamaño de Partículas internos	24	240	25	68	680	56.7
Tamaño de Partículas externos	0	0	0	31	310	25.8
Picnometría de He	9	18	10	18	36	15.0
Porosimetría de Hg *	0	0	0	1	1	0.8
Difracción de Rayos X	60	60	65	2	2	1.7
Total	93	319	100	120	1029	100

- Difractómetro de Rayos X (DRX)
- Distribución y Tamaño de Partículas (TP)
- Picnómetro de Helio (PyHe)
- Porosimetría de Mercurio (PHg)

Grafico N° 6. Demanda Interna y Externa de Análisis año 2016



De los datos tabulados de los servicios de análisis del año 2015, se aprecia claramente que los servicios más demandados corresponden a Tamaño de partículas y Difracción de Rayos X. Siendo además el equipo de Picnometría el tercero en demanda de análisis.

Sin embargo, durante el año 2016, los servicios más demandados fueron tamaño de partículas y Picnometría de Helio.

El laboratorio de Caracterización Física durante el año 2016 prestó servicios a los siguientes proyectos CCHEN: Proyectos 607 (SGM), 646 (SCN), pertenecientes al DMN de la División de Investigación y Aplicaciones Nucleares (DIAN). Además de análisis realizados por el Proyecto 129, 130 y 520 de la División de Producción y Servicios.

En el gráfico N°7, se puede visualizar la demanda de análisis por proyecto y la participación de clientes externos en la demanda de tamaño de partículas.

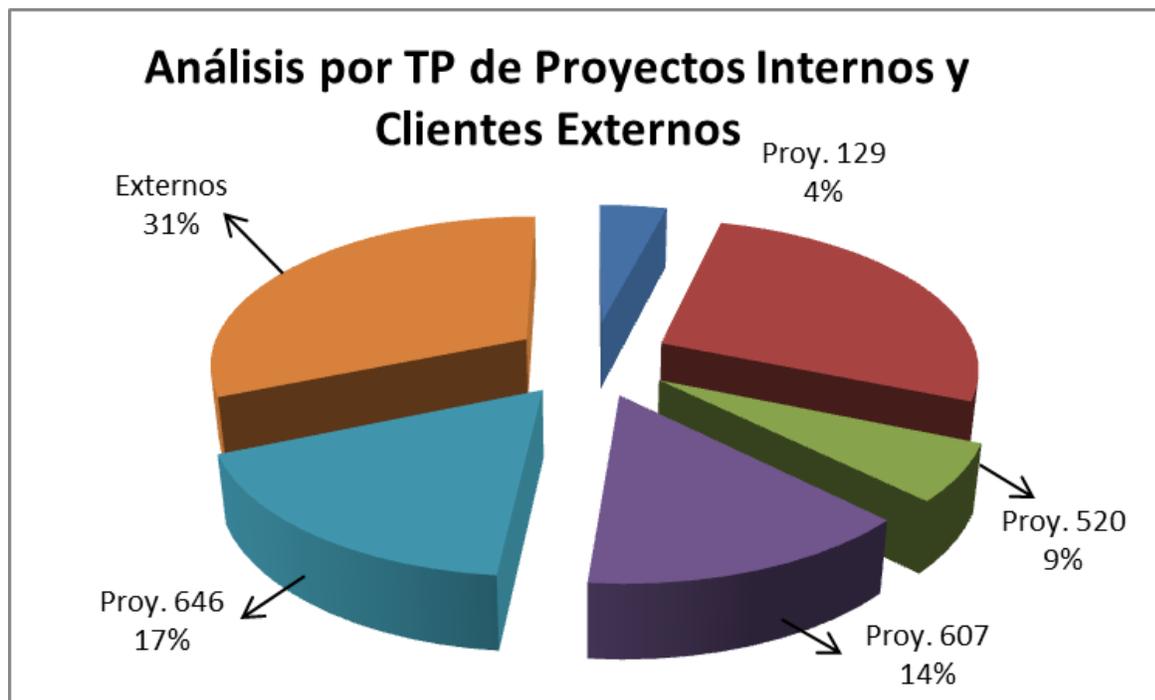


Grafico N° 7: Demanda de Análisis por TP de Proyectos CCHEN y Clientes Externos Año 2016

Actualmente se encuentran operativas las siguientes técnicas: Distribución y Tamaño de partículas, Picnometría de Helio, Difracción de Rayos X y Porosimetría de Mercurio.

El Equipo de Porosimetría de Mercurio se encuentra en funcionamiento gracias a un importante trabajo de evaluación y de mejoras. Se están realizando experiencias para poder dejar 100% operativo el equipo y así poder ofrecer este servicio a clientes externos o internos. Durante al año 2016, se capacito personal del laboratorio de Caracterización Física y del Laboratorio de Análisis Químico.

El equipo de Difracción de Rayos X como se mencionó anteriormente está a disposición de investigadores del DMN y de otros departamentos de la CCHEN . De esta manera, durante al año 2015 y 2016 ha sido utilizado por personal del DMN y DPTN. Esta modalidad de uso permite actualmente independencia en el uso del equipo.

Proyectos de Inversión (nuevas instalaciones/equipamientos/laboratorios, etc)

En el LAQ, se logró cambiar la red de gas argón del equipo de ICP ya que la que estaba en uso se encontraba obsoleta. Con el cambio realizado, la línea de gas argón quedo bajo norma, evitándose así cualquier peligro referente a la fuga de gas o explosión por contar con una red obsoleta que pueda causar daños tanto al personal como al equipo de alto costo como lo es el ICP.

Iniciativas de mejoramiento de gestión relevantes

Actualmente está en elaboración la renovación de la autorización del Laboratorio de Caracterización Física en el CEN Lo Aguirre para análisis de AUC (Compuesto de Uranio). Se espera que el año 2017, se concrete la autorización para otros materiales de Uranio y Torio que se utilizan y desarrollan proyectos en el DMN.

Dentro de las iniciativas de mejoramiento en la Sección Caracterización se han solicitado capacitaciones a la CCHEN de manera de mejorar las competencias del personal en técnicas de análisis de la Sección y evitar que exista un solo analista por técnica y se pueda responder mejor a las solicitudes.

En la técnica de Porosimetría de Hg se logró adquirir dilatómetros para dejar el equipo operativo, gracias a esto se capacitó a la encargada del laboratorio de caracterización física y a personal del laboratorio Químico, en total 5 colaboradores de la Sección de Caracterización. En esta técnica se está mejorando el procedimiento antiguo de uso del equipo de manera de permitir su fácil manejo. Por ser este equipo muy antiguo se está en proceso de buscar alguna matriz porosa certificada para la validación de los resultados.

En el LAQ durante en mayo 2016 se contrató a una profesional para apoyar los trabajos referentes a la implementación y validación de metodologías para análisis de salmueras y compuestos de litio. La contratación ha tenido como consecuencia un mejoramiento en desarrollo de las actividades programadas para lo referente al tema litio dentro de la CCHEN.

SECCION IRRADIACIONES – PLANTA DE IRRADIACION MULTIPROPOSITO

OBJETIVOS

La planta de Irradiación Multipropósito fue proyectada como una instalación destinada a fomentar y desarrollar el uso de la Radiación Ionizante a escala piloto en diversas áreas de la industria nacional, en particular en la industria de alimentos, farmacéutica, de cosméticos y la de material médico quirúrgico. Las aplicaciones más relevantes para la industria de alimentos son la reducción de carga microbiana, la eliminación de patógenos, la extensión de vida útil de alimentos y el control de insectos. Además se presenta como una excelente alternativa para la esterilización de material de uso médico.

LÍNEAS DE ACCIÓN

Las actividades de la planta de Irradiación se concentran fundamentalmente en dos líneas de acción, a saber, Operación y Mantenimiento de la instalación y Difusión de la Tecnología a los potenciales usuarios de ella.

Resultados relevantes

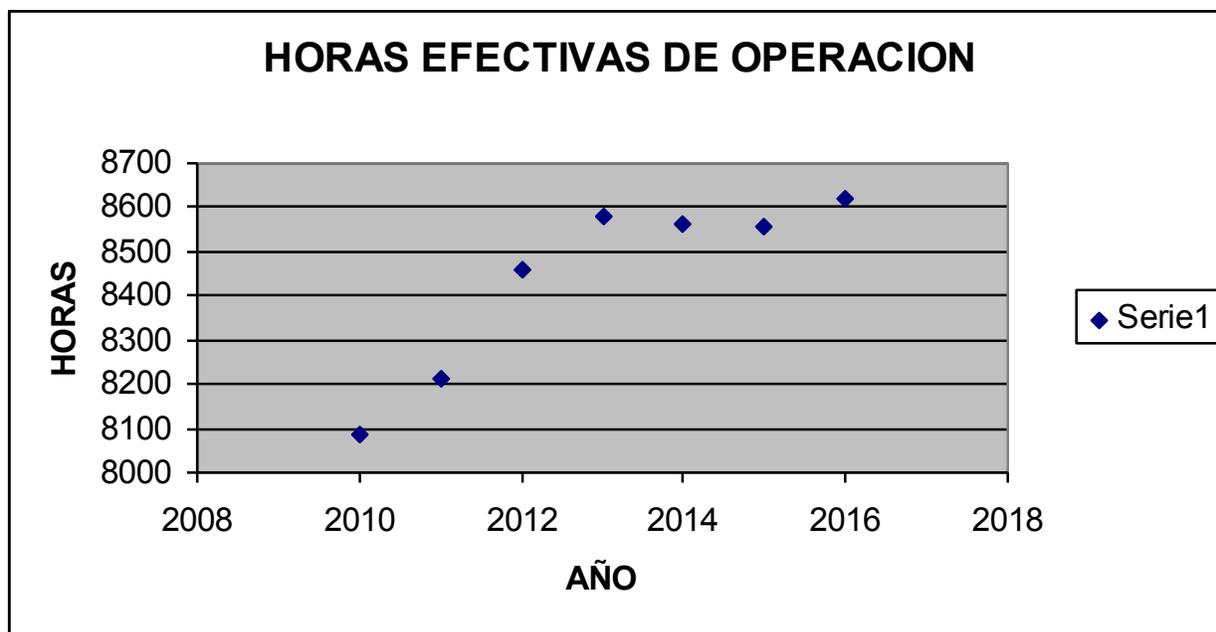
Durante 2016 la Planta mantuvo su certificación ISO 9001:2008 entregada por la empresa certificadora Bureau Veritas, luego de una auditoría de seguimiento

En el año 2016 la planta operó un total de 8620 horas, esto significa que aumentó el nivel de operación del año 2015, lo que permitió esterilizar 468 metros cúbicos de material de uso médico y afines, 1307 toneladas de alimentos y tratar 89 toneladas de materias primas para la industria de alimentos, farmacéutica y de cosméticos.

Se atendieron 832 solicitudes de servicio satisfaciendo la demanda de 80 clientes, no se presentaron cambios significativos en la composición de la cartera de clientes ni de los productos procesados.

La producción en los últimos 3 años ha evolucionado como se muestra en la siguiente tabla, la disminución de los volúmenes procesados responde a la baja en la actividad del Cobalto, lo que fue resuelto a fines de diciembre con una recarga de 150.000 Ci, proyectándose para 2017 una mejora importante en los niveles de producción y por ende en la satisfacción de la demanda.

Tipo de Producto	2014	2015	2016
Alimentos (TON)	2022	1676	1307
Materias primas varias (TON)	100	150	89
Material médico desechable y afines (m3)	729	471	468



En el contexto de las actividades de Investigación y Desarrollo se continuó trabajando en el proyecto de Identificación de Alimentos Irradiados, quedando detenido a la espera de disponer de un equipo de Termoluminiscencia para el análisis de las muestras. Este proyecto consiste en desarrollar técnicas analíticas que permitan objetivamente determinar si un alimento ha sido irradiado o no, lo que se presenta como una excelente herramienta de control y seguridad de la buena aplicación y uso de la tecnología de irradiación en alimentos. Las actividades realizadas comprendieron, ensayos de extracción del analito y su purificación.

La CCHEN a través de esta unidad participa en el proyecto ARCAL RLA /5/066 “Aumento de la Aplicación Comercial del Tratamiento de Alimentos por Irradiación con Haces de Electrones y Rayos X en América Latina y el Caribe”. En el marco de este proyecto se participó, en un curso de capacitación en dosimetría en equipos Aceleradores de Electrones y máquinas de Rayos X

Esta unidad también participa del ARCAL CXLVI/RLA1013 “Creating Expertise in the Use of Radiation Technology for Improving Industrial Performance, Developing New Materials and Products, and Reducing the Environmental Impact of the Industry” en el marco de este proyecto se participó de la primera Reunión de coordinación de proyecto realizada en Viena Austria entre el 11 y 15 de Enero de 2016,

También se participó en el “Curso Básico para establecer Control de Calidad Dosimétrica y Protocolo de Intercomparación para irradiadores Industriales realizado en Sao Paulo Brasil del 6 a 10 de junio de 2016.

Además a través de este proyecto se facilitó la participación de dos profesionales de la Empresa Trazado Nuclear en el Curso Regional “Regional Training Course on Application of Residence Time Distribution (RTD) Studies, in Unit Processes Evaluation and Optimization” realizado en Lima Y Cuzco, Perú entre el 17 y 28 de octubre de 2016.

SECCION IRRADIACIONES – IRRADIADORES EXPERIMENTALES.

LÍNEAS DE TRABAJO

Esta unidad desarrolla prioritariamente dos áreas:

1. Investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones de la energía ionizante proveniente de fuentes emisoras de radiación gamma, utilizando para ello irradiadores experimentales con fuentes radioactivas de cobalto y cesio.
2. Servicios de irradiación a clientes externos e internos para diferentes productos, tales como irradiación de componentes sanguíneos, alimentos, productos agrícolas, radioesterilización de tejidos biológicos (piel humana, piel de cerdo y hueso humano), material médico quirúrgico, materias primas para la industria farmacéutica y cosmetológica, etc. con diferentes objetivos tales como esterilización, tratamiento cuarentenario, apoptosis celular, desinfección, reducción de carga microbiológica o inhibición de brotes, entre otras cosas. Los productos se tratan en irradiadores experimentales de Co-60 y Cs-137.

ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PERÍODO

Banco de Tejidos

Se continuó trabajando conjuntamente con el personal del MINSAL en el convenio de cooperación de transferencia del Laboratorio de Procesamiento de Tejidos Biológicos Radioesterilizados, LPTR; capacitando y supervisando las actividades realizadas por el personal del MINSAL.

Dado que el Proyecto de Normalización de las instalaciones de Radiofarmacia requiere mayor espacio físico, ha sido necesario evaluar el traslado del Banco de Tejidos desde sus actuales instalaciones a un nuevo recinto, estos estudios están incorporados al proyecto de Normalización mencionado y se encuentran en fase de diseño.

La unión estratégica CCHEN-MINSAL es un trabajo conducente a la formación en el país del primer Banco Unificado de Tejidos.

Contrato de Investigación con OIEA.

Enmarcado en el proyecto OIEA CRP on Safety and Optimization of Radiation Sterilization in Tissue Banking, "Research Contract, "Study, optimization and irradiation conditions in bones, causing minimal structural damage. Determination of expiration time of irradiated skin tissue preserved at refrigeration temperature", se ha continuado con repeticiones de ensayos de microscopía electrónica y tinciones para medir la calidad del tejido, a aquellos recolectados e irradiados y preservados en diferentes condiciones en el tiempo. Se continúa evaluando su conservación a través de la comparación de la presencia de fibras colágenas, elásticas y celularidad.

Participación en Proyecto ARCAL

Se está participando del proyecto, ARCAL RLA 2014030 "Mejora del potencial productivo y comercial de cosechas de importancia económica para Latinoamérica y el Caribe", con el que se espera fortalecer el trabajo comenzado en el área de mutagénesis inducida por radiación gamma, en este contexto se ha participado con dos representantes en el "Curso Regional de Capacitación Básica sobre Mejora por Mutaciones" La Habana, Cuba, del 12 al 16 de septiembre de 2016. Asistieron Oscar Duran, CCHEN y Alexis Kooichi Vidal, Pontificia Universidad católica de Valparaíso (UCV).

Estudios en Mutagénesis Inducida

En esta área se está desarrollando el proyecto "Sellieradicans, tolerancia a la salinidad e irradiación de semillas, en búsqueda de fenotipos para la práticamente cultura" proyecto conjunto de la CCHEN con la U. de Talca y U. Católica de Valparaíso. Como parte de los avances alcanzados se ha determinado la dosis letal LD50 y se han realizado cultivos para determinar la estabilidad y el crecimiento de las especies en estudio. Como parte de este proyecto está en ejecución la Tesis de grado "Mutaciones inducidas por rayos gamma en especies nativas tolerantes a la salinidad", del estudiante, de Magíster en Ciencias Agronómicas y Ambientales Sr. Fabián Andrés Soto Muñoz, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

También en el área de mutagénesis se está desarrollando la memoria de título "Estimación de dosis letal 50 en 2 explantes de *Alstroemeria* spp irradiados con rayos gamma", alumno Cipriano Andrés Cortés Conget, U de Chile. En este trabajo se presentó el poster "Estimación de dosis letal 50 en rizomas de *Alstroemeria* spp. Irradiados con rayos gamma", al 67° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, 29 Nov.-02 dic 2016.

Proyecto CCHEN - FDF - SAG

Se ha continuado desarrollando el proyecto CCHEN-FDF-SAG "Desarrollo de la técnica de insecto estéril (TIE) mediante radiación ionizante, para el control de la plaga cuarentenaria *Lobesia botrana*, técnica amigable y sustentable con el medio ambiente", durante el período se han irradiado pupas con las dosis determinadas como efectivas para lograr la esterilidad. FDF comenzó la liberación controlada de polillas estériles en huertos familiares, lo que fue realizado por primera vez en septiembre de 2016, para evaluar en el tiempo la capacidad de eliminación de la polilla por medio de esta técnica. Posteriormente se ha continuado con irradiación semanal de nuevas pupas para liberaciones semanales de este insecto.

Servicio de Irradiación

Durante 2016 se entregó servicio de irradiación de sangre y hemoderivados a 36 centros de salud de Santiago, tratando 10.885 cargas de productos sanguíneos, correspondientes a 20.879 unidades de glóbulos rojos, 42.937 de plaquetas y 5.186 de concentrados plaquetarios. La irradiación de sangre permite evitar a los pacientes inmunodeprimidos contraer la enfermedad de injerto contra huésped y la CCHEN es la única institución que, gracias a sus capacidades tecnológicas, entrega este servicio en forma permanente.

Comisión Chilena de Energía Nuclear

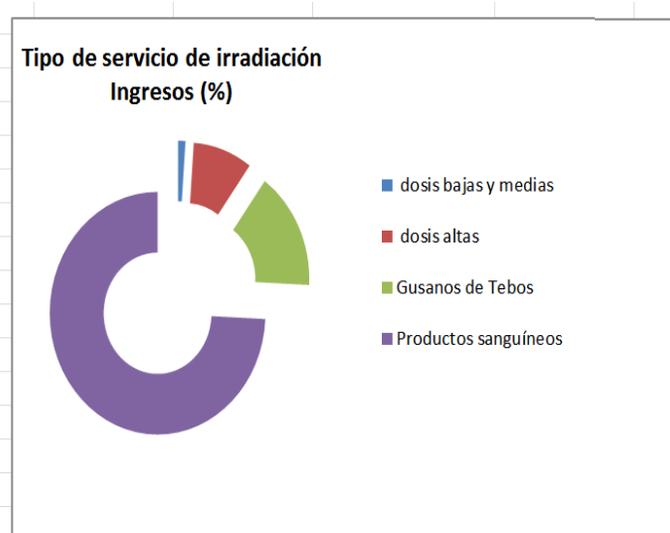
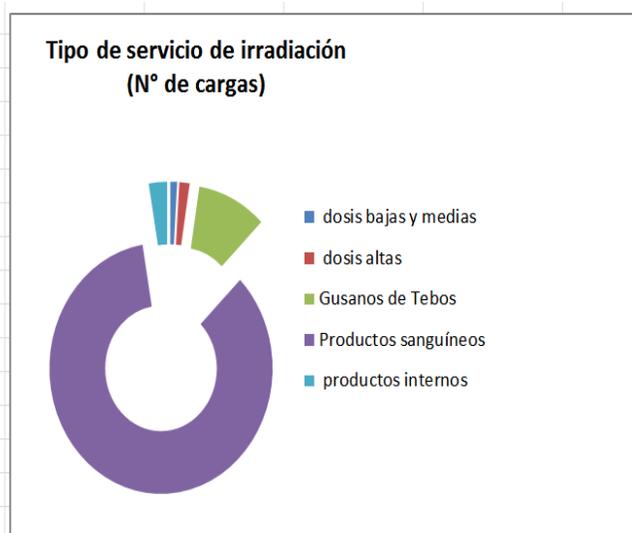
Además se entregaron servicios de irradiación de otros materiales como gusanos de tebos, material médico, implantes y muestras para definir la dosis de irradiación

Generación de ingresos por prestación de servicios

En el período se generaron ingresos por \$ 48.861.240, su distribución se ilustra en la siguiente tabla y gráficos:

Tipo de Servicio de Irradiación	Cantidad	Ingresos	Ingresos
	(N° de cargas)	\$	%
Dosis bajas y medias	125	566.380	1,1
Dosis altas	191	4.339.860	8,9
Gusanos de Tebos	1293	7.703.400	15,8
Productos Sanguíneos	10885	36.251.600	74,2
Total	12494	48.861.240	100,0
productos internos	340	s/c*	---

*Sin costo



DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES NUCLEARES

Jefe de la División: Sr. Mauricio Lorca Miranda.

☎ 223646183

✉ mauricio.lorca@cchen.cl

OBJETIVO

Orientar e incentivar el **desarrollo de actividades científico-tecnológicas de acuerdo a las políticas**, en materias de gestión estratégica de Investigación, Desarrollo e innovación, con propósitos definidos, receptores identificados y actores articulados en redes.

FUNCIONES

- **Sistema de gestión de la investigación, desarrollo e innovación:** Constituir y gestionar el *ecosistema de innovación institucional*, configurando sus funciones y relaciones, de acuerdo a criterios estratégicos que faciliten el flujo de información y recursos tanto económicos, como humanos y de infraestructura relacionados con iniciativas de Investigación, Desarrollo e innovación.
 - **Actividades de investigación, desarrollo e innovación:** Generar y gestionar el sistema de iniciativas que contemple la sistematización de ideas, formulación, presentación y seguimiento de proyectos, con el fin de facilitar el desarrollo de ideas para lograr productos transferibles de Investigación, Desarrollo e innovación institucional.
 - **Calidad de las actividades científico-tecnológicas: Proponer las líneas de investigación** y fomentar la ejecución y consolidación de proyectos científico tecnológicos pertinentes a esas líneas a desarrollar, con estándares reconocidos internacionalmente,
 - **Capital intelectual:** Configurar y gestionar un sistema de capacidades institucionales para la Investigación, Desarrollo e innovación, que considere fortalecer y actualizar su capital físico (infraestructura y laboratorios) e intelectual (humano, relacional, organizativo y tecnológico).
 - **Convenios y relaciones:** Promover e impulsar las materias relativas a la **gestión de convenios** para sostener **redes de colaboración** en actividad científico-tecnológica, para el desarrollo de aplicaciones en el ámbito nuclear.
 - **Protección industrial/intelectual:** Gestionar un sistema de identificación, protección y valorización de activos intangibles institucionales.
 - **Transferencia de conocimientos y tecnologías:** Configurar y gestionar el sistema de transferencia de conocimiento tecnológico o tecnologías (paquetes tecnológicos) y aplicaciones nucleares, generados a partir de los activos intangibles a usuarios intermedios y/o finales.
 - **Extensión científico-tecnológica:** Desarrollar y gestionar un sistema de generación de actividades de sensibilización científico-tecnológicas, para incorporar el valor de las actividades de Investigación, Desarrollo e innovación en grupos específicos de la comunidad.
 - **Animación de la innovación:** Generar y mantener una cultura pro innovación y condiciones de entorno innovador, centrado en el capital humano, propiciando la generación e implementación de ideas como base para las iniciativas de Investigación, Desarrollo e innovación.
 - **Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva:** Generar y gestionar un sistema de vigilancia de información estratégica, de apoyo a la toma de decisiones para la priorización y/o enfoque de áreas y líneas de acción institucional, que contemple a generadores, consumidores, reguladores y financiadores de la Investigación, Desarrollo e innovación.
 - **Prospectiva tecnológica:** Generar información estratégica institucional que identifique áreas y/o tecnologías emergentes con mayor probabilidad de proporcionar beneficios a los agentes relacionados con la institución.
 - **Gestión administrativa de la división:** Supervisar y controlar la **gestión de los procesos administrativos y presupuestarios** vinculados al funcionamiento de la División.

PROYECTOS EN EJECUCIÓN Y ADJUDICADOS EN 2016

Durante el año 2016, un total de 43 proyectos de investigación y desarrollo estaban siendo ejecutados, con recursos apalancados de agencias financieras a través de fondos concursables, recursos provenientes del OIEA y recursos propios provenientes de la Ley de Presupuestos.

Estos proyectos fueron ejecutados por los investigadores, tecnólogos y demás colaboradores que en total suman 55 personas, de las cuales 13 poseen el grado de Doctor. Los proyectos se describen en las áreas respectivas.

Una de las iniciativas de carácter transversal más destacadas de 2016 es el proyecto **CCHEN 2.0 - Alineamiento de bienes públicos producidos por la Comisión Chilena de Energía Nuclear a través de un desarrollo estratégico de sus capacidades tecnológicas.**

En 2016, profesionales de la DIAN formularon, presentaron y adjudicaron un proyecto al concurso “Fortalecimiento y creación de Capacidades Tecnológicas para Bienes Públicos – Etapa Perfil” de CORFO por un monto total de \$150.000.000. Este programa tiene por objetivo generar y mantener capacidades tecnológicas habilitantes en entidades tecnológicas, que permitan la provisión de bienes y servicios de interés público para la competitividad, en ámbitos y/o sectores estratégicos, contribuyendo así al cierre de brechas de capital humano avanzado, de infraestructura y equipamiento tecnológico con una visión de largo plazo, todo lo cual la CCHEN aplicará al ámbito de las radiaciones ionizantes. En particular la etapa de perfil consiste en realizar una fase diagnóstica con la finalidad de realizar un diseño conceptual y de detalle del proyecto de creación, y/o fortalecer las capacidades tecnológicas de los Institutos Tecnológicos Públicos.

El objetivo general del proyecto es elaborar el plan de inversiones que permitirá abordar el fortalecimiento institucional para generar, fortalecer y mantener capacidades tecnológicas habilitantes para la provisión de bienes y servicios de interés público, en el ámbito de las radiaciones ionizantes contribuyendo al cierre de brechas de capital humano avanzado, de infraestructura y equipamiento habilitante con una visión de largo plazo.

Además, en términos específicos, se plantearon ocho objetivos:

- Elaborar una autoevaluación institucional, contemplando oportunidades y fallas respecto a la situación actual, a partir del cual realizar un diseño conceptual y de detalle que contemple crear y/o fortalecer las capacidades tecnológicas de la CCHEN.
- Elaborar un plan de desarrollo estratégico con una visión a 10 años para la provisión de bienes públicos estratégicos, que posicione a la CCHEN como un referente nacional en alianza con sus pares internacionales.
- Alinear el plan de desarrollo estratégico con prioridades de la agenda de productividad, innovación y crecimiento, definiendo ámbitos de fortalecimiento en el corto plazo (3 años).
- Elaborar un proyecto de fortalecimiento y mantención de masa crítica de capital humano altamente calificado en la CCHEN con un horizonte de 5 años para desarrollar bienes y servicios de interés público, el cual debe incluir modelos de gestión del conocimiento.
- Elaborar un proyecto de fortalecimiento y mantención de infraestructura y equipamiento tecnológico y personal técnico ad-hoc en la CCHEN con un horizonte de 5 años, para desarrollar bienes y servicios de interés público.
- Elaborar un proyecto de fortalecimiento y mantención de estándares, certificaciones, nuevas regulaciones, plataformas tecnológicas de uso común, generación de información, entre otras en la CCHEN con un horizonte de 5 años, para desarrollar bienes y servicios de interés públicos.
- Elaborar un proyecto de fortalecimiento y mantención de redes institucionales locales y de I+D (nacionales

y/o internacionales) en la CCHEN con un horizonte de 5 años, para desarrollar bienes y servicios de interés públicos.

- Elaborar un proyecto de fortalecimiento y mantención de capacidades de evaluación comparativas (benchmarking), prospectiva tecnológica y difusión científica y tecnológica en la CCHEN con un horizonte de 5 años, para desarrollar bienes y servicios de interés público.

De esta manera, en los 9 meses de duración del proyecto, se espera obtener los siguientes resultados:

1. Programa de fortalecimiento de capacidades para I+D y plan de inversiones 2018-2021.
2. Plan estratégico actualizado con horizonte de 10 años, 2018- 2027.
3. Programa piloto 2017 de fortalecimiento de capacidades para proveer bienes públicos.

PUBLICACIONES CIENTÍFICAS 2016

En relación a la producción científica de la Comisión durante el 2016, que permite dar cuenta de la productividad de los grupos de investigación de la Comisión y de todos los investigadores de otras instituciones que trabajan en forma colaborativa con la CCHEN, se generó y se aceptaron un total de 19 publicaciones científicas en ISI, de las cuales más de la mitad fue generado por el DAN, siendo responsable de la mitad restante el DPTN y el DMN en forma conjunta. Las publicaciones se mencionan en las respectivas áreas.

REGISTROS DE DERECHO DE AUTOR

En diciembre de 2016 se solicitó el registro de derecho de autor de dos obras realizadas por profesionales de la DIAN:

- 1.1 "Aleación UMo: Análisis comparativo de técnicas de obtención de polvos", de los autores: Jorge Marín Espinoza, Jaime Lisboa Lineros, Luis Olivares Salinas, Débora Fernández Muñoz, César Pozo Arcena y Jorge Espinoza Muñoz.
- 1.2 "Boletín del investigador de la Oficina de Transferencia y Licenciamiento Nuclear", de las autoras Melania Sanhueza Silva y Daniela Ulloa Manzanarez.

OTROS HITOS Y TAREAS RELACIONADOS A LA I+D

En el período la CCHEN participó del Programa CONICYT de Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado en el Sector Productivo, en su Modalidad Inserción en Investigación, lo que permitió la postulación de dos Investigadores con Grado de Doctor para los Departamentos de Materiales Nucleares y de Plasmas Termonucleares, respectivamente. Estos investigadores se desempeñarán en los proyectos: síntesis de nanopartículas de óxido de cobre: simulaciones computacionales de apoyo a la investigación y desarrollo y nueva formulación de líquidos iónicos para el almacenamiento de energía solar: una solución a los materiales convencionales.

Por otra parte, le correspondió a la División abordar todas las componentes y procesos relativos a la I+D+i para lograr una investigación de alto estándar y avanzar para convertirse en un centro de referencia en tópicos priorizados:

1. Asesoría bottom-up.
Asesorar a la Dirección Ejecutiva respecto a las tendencias globales en I+D+i en el área nuclear, así como temas relacionados con conocimiento, tecnologías y capacidades en energía nuclear, con el fin de contribuir a una toma de decisiones informada respecto a estos temas.
2. Gestión de procesos de I+D+i.
Asegurar el funcionamiento de los procesos relativos a la obtención de resultados finales de investigación y desarrollo (Publicaciones y Contratos de transferencia), a partir de la utilización óptima de capacidades científico tecnológicas, velando por una formulación y buena ejecución de los mismos.
3. Identificar grants.
Asegurar que exista total visibilidad respecto a procesos de financiamiento y/o apoyo de iniciativas de I+D, ya sea con recursos internos o externos a la Comisión.
4. Gestión de innovación.
Asegurar el desarrollo de la innovación en la institución, de acuerdo a un modelo que reconoce el talento del capital humano, involucrando la participación de agentes externos y fomentando un ambiente propicio para la creatividad y la generación de valor, a partir de procesos de investigación científico-tecnológica y mejora de procesos.
5. Orientar I+D a la demanda.
Asegurar el desarrollo de investigaciones científicas y desarrollos (I+D) (i) orientados a resultados valorizados o valorizables por los grupos de interés de la Comisión, (ii) identificando áreas de impacto de las aplicaciones nuclear y radiológica y (iii) proponiendo mecanismos específicos de transferencia de aplicaciones de la energía nuclear y radiaciones en el ámbito nacional.
6. Transferencia de conocimiento y tecnologías.
Propiciar la transferencia sistemática de las aplicaciones nucleares a la sociedad, en sus diferentes áreas, fomentando la gestión del conocimiento y enfocando las actividades de I+D+i de la Comisión a propósitos, receptores y actores en redes, identificados.
7. Protección industrial/intelectual.
Asegurar la protección del conocimiento generado a través de derechos de propiedad intelectual e industrial.
8. Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.
Asegurar la disponibilidad de información estratégica para la toma de decisiones respecto a priorización y/o pertinencia de iniciativas de I+D de la Comisión, tanto del quehacer de centros similares o bien del sistema global de información relativa a la I+D+i en temas priorizados por la CCHEN
9. Monitoreo de Investigación y Desarrollo.
Mantener conocimiento actualizado respecto al Sistema Nacional y Global de I+D+i.
10. Vínculos y redes.
Asegurar la promoción y desarrollo de redes colaborativas y/o convenios para generar las interacciones y nuevos espacios de trabajo orientados a la gestión estratégica de la investigación, desarrollo y aplicaciones, a través de alianzas estratégicas con los actores involucrados en proceso de I+D.

11. Extensión científico-tecnológica.

Asegurar la comunicación de resultados intermedios, relacionados con actividades que pretenden incrementar la internalización de la investigación y desarrollo, con una mirada de innovación y transferencia de resultados de investigación, en todos los actores relacionados con el modelo de I+D+i CCHEN.

12. Mejores prácticas.

Asegurar la estandarización de procesos de gestión de proyectos de I+D, con procedimientos robustos de gestión de iniciativas de investigación, transferencia e innovación, propiciando la adopción y práctica de mejores prácticas en el desarrollo de las actividades de I+D, de forma virtuosa.

HUBTec Chile: plataforma nacional de transferencia tecnológica.

Con el objetivo de diversificar la matriz económica chilena, potenciando un desarrollo basado en las ciencias y la tecnología, siete universidades del país junto a cuatro centros científicos (entre ellos CCHEN) se unieron para crear HUBTec Chile, plataforma que busca impulsar las innovaciones e impactar el desarrollo económico y social del país.

La plataforma apoyará el trabajo que realizan las Oficinas de Transferencia y Licenciamiento (OTLs) de cada una de las instituciones que forman parte del HUB, promoviendo la asociatividad y aumentando la masa crítica de tecnologías con alto potencial de impactar el sector productivo nacional e internacional.

La iniciativa apoyará la aceleración, maduración y empaquetamiento de las innovaciones chilenas con el objetivo de aumentar licenciamientos y creación de emprendimientos tecnológicos de alto impacto para mercados globales. Asimismo, la plataforma promoverá el desarrollo de las investigaciones que respondan a las necesidades de la industria, con el fin de aumentar la productividad y diversificar la economía chilena.

HUBTec Chile está conformado por siete universidades como socias fundadoras: la Universidad de Valparaíso (UV), la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), la Universidad de La Frontera (UFRO), la Universidad de los Andes (UANDES), la Universidad del Desarrollo (UDD) y la Universidad Andrés Bello (UNAB). Además, como beneficiarios atendidos se encuentran la Universidad de Magallanes (UMAG), el Centro Regional de Estudios en Alimentos y Salud (CREAS), la CCHEN y el Centro Tecnológico del Agua (CETAQUA).

La plataforma cuenta, además, con cuatro co-ejecutores que apoyarán el logro de objetivos. Ellos son Fundación Chile, Fraunhofer Chile, UC Davis Chile e Inria Chile.

Asimismo, la Cámara Chileno Alemana de Comercio e Industria, la Asociación Gremial de empresas para la innovación y la exportación de productos insumos y/o servicios intensivos en conocimiento para el sector minero e industrial y la empresa Analitic S.A. se integran a la plataforma en calidad de entidades asociadas, interesadas en el uso de las tecnologías gestionadas por HUBTec Chile.

Incorporación al registro CORFO.

Se solicitó la inscripción de la CCHEN como Centro Tecnológico en el Registro de Centros de CORFO, para poder ser contratados para desarrollar actividades de I+D por empresas que accedan a incentivos tributarios para proyectos de I+D (Ley N° 20.570). Este es un proceso largo que significa presentar la solicitud a CORFO y ser evaluados administrativa y técnicamente, posterior a lo cual se realiza una visita por parte de CORFO a las instalaciones CCHEN.

Comisión Chilena de Energía Nuclear

El Registro de Centros de Investigación, contiene la Nómina de centros que se encuentran habilitados para celebrar Contratos de I+D con contribuyentes que quieran acceder a los beneficios tributarios de la Ley I+D a uno de estos centros.

Finalmente, después de un análisis llevado ante el Consejo CORFO, la CCHEN fue incorporada en el Registro de Centros de CORFO bajo Resolución de ingreso del 09 de septiembre de 2016.

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES NUCLEARES

Jefe del Departamento: Marcelo Zambra Yáñez

223646275

marcelo.zambra@cchen.cl

El presente documento recoge las actividades, avances y logros del Departamento de Aplicaciones Nucleares (DAN) durante el año 2016.

La tarea principal de los colaboradores del DAN ha estado enfocada en el fortalecimiento de la actividad de I&D, manteniendo la entrega de servicios en aquellas actividades que agregan, principalmente, valor social o económico al país; básicamente, esto último, se plasmó en los servicios de irradiación experimental y de reactor.

Se ha mantenido y se ha continuado ampliando la red de colaboración, especialmente con universidades y otros institutos tecnológicos del Estado con el fin de realizar tareas cada vez más interdisciplinarias y de utilidad para el país.

Durante el transcurso del año 2016 la Dirección Ejecutiva, en conjunto con el Consejo Directivo, emprendió el Programa de Fortalecimiento Institucional Participativo; numerosos colaboradores del DAN participaron en diversos grupos, ya sea liderando o contribuyendo desde sus capacidades y competencias.

Desde el punto de vista de la difusión de la actividad científica de la CCHEN, investigadores del DAN participaron en diferentes instancias de promoción y/o colaboración: Dr. Francisco Molina participa activamente en red de investigadores en física nuclear, participando en experimento de alto estándar, en laboratorios del CERN; Dra. A. Rivas, promovió el taller de conversación de los investigadores de la DIAN con el presidente del Consejo de Sociedades científicas de Chile, Dr. Jorge Babul, así como su participación en el evento organizado por el Embajador de Estados Unidos de América, Sr. Mike Hammer, que reunió a destacados científicos chilenos con el objetivo de promover la ciencia y tecnología en la diplomacia.

Debido a que es responsabilidad del DAN el funcionamiento seguro de los reactores nucleares experimentales chilenos, la jefatura del DAN, Dr. Marcelo Zambra, ha participado en el proyecto RLA/1/012 "Developing a Capacity Building Programme to Ensure Sustainable Operation of Nuclear Research Reactors through Personnel Training" (ARCAL CLI), dicho proyecto está completando su primer año de desarrollo y se prepara material pedagógico que permita la formación de nuevos operadores de reactores experimentales en la región. Participan en esta actividad Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Jamaica, México y Perú.

Los trabajos propios o con colaboraciones, internas o externas, se han concretado en actividades diversas cuyos avances se pasan a detallar:

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN NUCLEAR (LIN)

El Laboratorio de Investigación Nuclear se compone de un Investigador y dos estudiantes de doctorado en cotutoría con la Universidad de Chile. Los estudios realizados por este laboratorio abarcan desde experimentos de estructura nuclear de núcleos exóticos, medidas de flujos de neutrones, simulaciones Monte Carlo y Espectroscopía Gamma y de Neutrones.



(Izquierda) Integrantes del Laboratorio de Investigación Nuclear en el Laboratorio ISOLDE del Centro Europeo de Investigación Nuclear. (Derecha) Dr. Francisco Molina en las oficinas donde se creó la WWW., CERN-Ginebra, Suiza. Mayo 2016

Experimentos en colaboración internacional

En el mes de Mayo del 2016, el Dr. Francisco Molina y sus estudiantes de doctorado Sr. Pablo Aguilera y Sr. Jaime Romero, fueron invitados al Laboratorio ISOLDE del Centro Europeo de Investigación Nuclear CERN, a participar en el experimento IS570 “Beta decay of the N=Z rp-process waiting points: ^{64}Ge , ^{68}Se and the N=Z+2: ^{66}Ge , ^{70}Se for accurate stellar weak-decay rates” en colaboración con físicos de distintos centros de investigación del mundo: IFIC-Valencia, University of Surrey, IEM-Madrid, University of Western Cape South Africa, University of York.

Se produjeron, separaron y midieron los núcleos ^{64}Ge y ^{66}Ge , y sus respectivos núcleos hijos, con la técnica de espectroscopía de absorción total, usando el detector cristal centellador NaI “Lucrecia”. La técnica de análisis de estos experimentos de absorción total es análoga a la técnica de análisis que utiliza el LIN para obtener flujos de neutrones a partir de medidas de activación neutrónica

Presentaciones en Congresos

Se presentaron dos trabajos en el XI Simposio Latinoamericano de Física Nuclear, celebrado en Medellín, Colombia. Los estudiantes de doctorado Srs. Pablo Aguilera y Jaime Romero presentaron los trabajos realizados en la CCHEN, titulados:

- i. **Results of neutron energy distribution measurements at RECH-1 chilean nuclear reactor**, P. Aguilera, AIP Conf. Proc. **1753** 080009 (2016)
- ii. **Calculations of self-shielding factor for neutron activation experiments using GEANT4 and MCNP**, J. Romero, AIP Conf. Proc. **1753** 080018 (2016)

En diciembre del 2016 se presentaron tres trabajos del LIN en las sesiones paralelas del Simposio Chileno de Física en la Universidad Tecnológica Metropolitana. Los trabajos presentados fueron:

- i. **Medidas del flujo de neutrones del RECH-1 utilizando método de maximización de la expectación**, Dr. F. Molina
- ii. **Resultados preliminares de la desintegración beta del ^{64}Se en el laboratorio RIKEN**, Dr. F. Molina
- iii. **Cálculo de factores de autoapantallamiento usando GEANT4 y MCNP**, J. Romero

Charlas de difusión Explora.

El PAR Explora Sur Oriente de CONICYT se contactó con el Dr. Francisco Molina solicitando una charla de divulgación científica sobre El Átomo y el Núcleo Atómico. Esta charla se realizó el día 17 de Noviembre en el Colegio Miguel Cruchaga Tocornal perteneciente a la Protectora de la Infancia y participaron 107 estudiantes de Séptimo y Octavo Básico.

Proyecto FONDECYT de Iniciación n° 11130049

El proyecto Fondecyt de Iniciación n°11130049, ha finalizado durante el 2016. Se obtuvo en detalle la distribución del flujo de neutrones en la posición de irradiación tubo seco poniente del RECH-1, utilizando medidas de activación neutrónica de muestras delgadas, secciones eficaces de interacción neutrónica de 3 bases de datos nucleares distintos y métodos bayesianos de deconvolución, para resolver el problema inverso. Los resultados obtenidos muestran buena relación con los obtenidos anteriormente mediante el método del k0, utilizado ampliamente en activación neutrónica, para la región térmica.

A pesar de que el proyecto ya ha terminado, se pretende igualmente, validar y obtener el flujo de neutrones en la posición de irradiación Rabbit, durante el año 2017.

Postulación a Fondos Nacionales para Investigación

En el mes de Agosto del 2016 el Dr. Francisco Molina, presentó al concurso FONDECYT Regular, el proyecto titulado "Experimental studies using a wide energy range multipurpose neutron spectrometer system based on Bonner's sphere method and proportional counters detectors". Los resultados de este concurso se esperan para el primer cuatrimestre del 2017.

Visitas de Colaboradores Internacionales

En Octubre del 2016, la profesora e investigadora del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Dra. Berta Rubio Barroso, visitó las dependencias del LIN. Se trabajó en temas relacionados con el análisis de los datos del experimento de RIKEN '15 y se discutieron los resultados de las medidas de flujo de neutrones del RECH-1.

Pasantías de Estudiantes

Gracias al acuerdo i+COOP+2015[1], n° COOPA20125, entre la Universidad de Chile y el Grupo de Espectroscopía Gamma y de Neutrones del Instituto de Física Corpuscular IFIC, el estudiante Pablo Aguilera Jorquera realizó durante el año 2016 tres pasantías cortas de 3 semanas cada una en el IFIC donde se discutieron aspectos del análisis de datos del experimento realizado en colaboración internacional BoVaRi durante el 2015 en dependencias del Laboratorio RIKEN, Tokio-Japón.

Publicaciones ISI.

- **Two-Proton Radioactivity of ^{67}Kr** , Phys. Rev. Lett. 117 (2016).
- **High-resolution study of Gamow-Teller transitions in the Ti-48(He-3,t)V-48 reaction**, Phys Rev C 93 064326 (2016).
- **New neutron-deficient isotopes from Kr-78 fragmentation**, Phys Rev C 93 061301 (2016).
- **Beta decay of the exotic Tz=-2 nuclei Fe-48, Ni-52 and Zn-56**, Phys Rev C 93 044336 (2016).
- **Total Absorption Spectroscopy of Fission Fragments relevant for reactor antineutrino spectra determination**, Acta Physica Polonica B 47, 755-762 (2016).
- **The Tz=+1 \rightarrow 0 and +2 \rightarrow 1 mirror Gamow-Teller transitions in pf-Shell nuclei**, Acta Physica Polonica B 47, 867-881 (2016).

CENTRO DE SIMULACIONES Y CÁLCULOS EN CIENCIAS Y APLICACIONES NUCLEARES (CSICCIAN)

En el CSICCIAN, gracias al financiamiento del proyecto CHI 018, se realizaron dos cursos de MCNP, Básico e Intermedio, para funcionarios de distintos departamentos de la CCHEN. El Dr. José Ignacio Marques del Centro Atómico Bariloche, fue el profesor de ambos cursos.



(Izquierda)Curso Básico de MCNP, organizado por el CSICCIAN, CEN La Reina, Octubre 2016. (Derecha) Dr. Francisco Molina en el Centro de Cálculos del CERN, Ginebra-Suiza, Mayo 2016.

LABORATORIO DE RADIOBIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR

Estudio de radiaciones ionizantes en sistemas biológicos, en colaboración con Paulina Aguirre, Oscar Durán y Loreto Gutiérrez de la Sección Salud y Alimentos y el Dr. Alexis Aspée del Laboratorio de Fotoquímica de la Universidad de Santiago.

Esta actividad está financiada por el proyecto Fondecyt “Nitroxide prefluorescent probes on the free radical monitoring in proteins, monolayers and cells” cuya coinvestigadora es la Dra. Andrea Rivas. El desarrollo de esta línea de investigación ha permitido:

- i. Presentaciones a Congresos derivados de este proyecto.
 - “Enhanced Green Fluorescent Protein interaction with peroxy radicals and gamma rays”, de los autores: Tomás Rojas, Samy Silva, Paulina Aguirre, Andrea Rivas-Aravena, Alexis Aspée, al Congreso Latinoamericano de Química 2016.
 - “Modification of the fluorescence properties of enhanced green fluorescent protein by peroxy radicals and gamma rays” de los autores: Tomás Rojas, Samy Silva, Paulina Aguirre, Andrea Rivas-Aravena, Alexis Aspée, en el 25th IAPS Meeting.
- ii. Publicaciones en revista de alto impacto internacional derivadas de este proyecto.
 - Marta Liras, Sabrina Simoncelli Olga Ruiz, Emilio Alarcón, Andrea Rivas-Aravena, Alexis Aspee, Nitroxide amide-BODIPY probe behavior in fibroblasts analyzed by advanced fluorescence microscopy. *Organic & Biomolecular Chemistry*. 2016,14, 4023-4026.
- iii. Incorporación de estudiantes asociados a este proyecto.
 - Titulación de Tomás Rojas como Químico de la Universidad de Santiago, quien desarrolló la tesis “Interacción de Enhanced Green Fluorescent Protein (EGFP) con radicales libres y radiación gamma”. Los resultados de este trabajo de tesis serán incorporados en un manuscrito que está en preparación.
 - Práctica profesional de Constanza Becerra “Efecto de la radiación gama en cultivo de células CHSE-214” para la carrera Ingeniería en Biotecnología de la Universidad de Chile.

Estudio del ciclo viral del virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa

Financiado por proyecto Fondecyt Regular “Initiation of translation of the messenger RNAs of the Infectious Pancreatic Necrosis Virus”, cuya investigadora principal es la Dra. Rivas. Este proyecto Fondecyt ha permitido implementar en gran parte el Laboratorio de Radiobiología Celular y Molecular. A través de esta línea de investigación se ha logrado:

- i. Presentaciones a Congresos derivados de este proyecto.
 - “Involvement of VP1 protein during the translation of mRNAs from Infectious Pancreatic Necrosis Virus (IPNV)” Aleite-González, Pilar, González-Catrilebún, Sebastián, Candia-Estévez, Pilar, Oyarzún, Aaron, Vargas, Deborah, Sandino, Ana María, Rivas-Aravena, Andrea, en la XXXIX Reunión Anual de la Sociedad de Bioquímica y Biología Molecular.
 - “Determination of structural characteristics of 5´ end of mRNA of infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) González-Catrilebún, Sebastián, Aleite-González, Pilar, Candia-Estévez, Pilar, Rivas-Aravena, Andrea, en la XXXIX Reunión Anual de la Sociedad de Bioquímica y Biología Molecular.
- ii. Publicaciones en revista de alto impacto internacional derivadas de este proyecto.

- “The Initiation of mRNA-A Translation of Infectious Pancreatic Necrosis Virus (IPNV) is IRES-dependent” que ha sido sometido recientemente a la revista Virology, sometido a revisión.
- iii. Incorporación a estudiantes asociados a este proyecto.
- Tesis de Fernanda Cárcamo “Efecto de la infección de IPNV en su célula hospedero” de la carrera de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad de Chile.
 - Tesis de Doctorado de Sebastián González “Estudio de la regulación de la traducción de los mRNAs del Virus De La Necrosis Pancreática Infecciosa” del Doctorado de Microbiología de la Universidad de Santiago de Chile.
 - Tesis de Pilar Aleite “Determinación de las características estructurales de los mRNAs del virus IPNV” de la carrera de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Santo Tomás.
 - Práctica profesional de Pilar Candia “Implementación de un método de detección e identificación del transcrito del Virus De La Necrosis Pancreática Infecciosa mediante electroforesis” conducente al título de Técnico en Análisis Químico y Físico de la Universidad de Santiago de Chile.
- iv. Estadía de Investigación en el extranjero
- 4 de marzo hasta el 15 de Mayo en el Laboratorio de Dr. Bruno Sargueil, Laboratoire de Cristallographie et RMN Biologiques, Université Paris Descartes Paris, Francia, consolidando una relevante colaboración y obteniendo importantes resultados, en el marco del proyecto Fondecyt “Initiation of translation of the messenger RNAs of the Infectious Pancreatic Necrosis Virus”.

Divulgación científica. Proyecto Explora RM Norte 2016.

La investigadora Dra. Andrea Rivas participa como tutora en la Feria Científica Escolar CCHEN-Explora RM Norte 2016, dirigida a estudiantes de Educación Media.

Postulación a proyectos externos.

- i. Postulación al proyecto FONDEF “Desarrollo de nuevas variedades de alstroemeria para el mercado local mediante la aplicación de mutagénesis”. Dra. A. Rivas en conjunto con los colaboradores de la Sección de Salud y Alimentos, Paulina Aguirre y Oscar Durán, y Dr. Daniel Aros de la Universidad de Chile.

Otras actividades.

- i. Dra. Andrea Rivas dicta charlas en ciclo del Departamento de Plasma Termonuclear, sobre “Daño Oxidativo”, para difundir el trabajo que realiza en el laboratorio, en efectos de la radiación gamma en sistemas biológicos.
- ii. La investigadora ha sido aceptada como miembro del claustro de académicos del Doctorado en Microbiología, Universidad de Chile/Universidad de Santiago, como investigadora de la CCHEN.
- iii. A su vez, la investigadora ha sido aceptada como miembro visitante en el Doctorado en Química de la Universidad de Santiago de Chile.

SECCIÓN DE SALUD Y ALIMENTOS

Principales líneas de trabajo

En lo concerniente a la actividad de I&D, se mencionan aquellas que están enfocadas a estudios y desarrollos de nuevas aplicaciones de la energía ionizante proveniente de fuentes emisoras de radiación gamma, utilizando para ello irradiadores experimentales con fuentes radioactivas de Cobalto y Cesio.

La línea de servicios de irradiación para usuarios externos ha sido traspasada a la División de Producción y Servicios. Se mantiene como contraparte la jefatura del DAN en los convenios de colaboración con el MINSAL.

Resultados relevantes del período

· En este periodo la SSYA ha continuado trabajado conjuntamente con el personal del MINSAL en el convenio de cooperación de transferencia del Laboratorio de Procesamiento de Tejidos Biológicos Radioesterilizados, LPTR; en esta etapa se ha continuado capacitando supervisando las actividades relativas a este traspaso del personal del Ministerio de Salud. Se está trabajando en el proyecto de normalización para trasladar las dependencias al laboratorio donde actualmente se preparan los materiales. Esta unión estratégica CCHEN-MINSAL es un trabajo conducente a la formación en el país del primer Banco Unificado de Tejidos.

· **Study, optimization and irradiation conditions in bones, causing minimal structural damage. Determination of expiration time of irradiated skin tissue preserved at refrigeration temperature;** proyecto enmarcado en un Research Contract, con el OIEA, se ha continuado con repeticiones de ensayos de microscopía electrónica y tinciones para medir la calidad del tejido, a aquellos recolectados e irradiados y preservados en diferentes condiciones en el tiempo. Se continúa evaluando su conservación a través de la comparación de la presencia de fibras colágenas, elásticas y celularidad.

· **Mejora del potencial productivo y comercial de cosechas de importancia económica para Latinoamérica y el Caribe;** proyecto ARCAL RLA 2014030, OIEA, se espera fortalecer el trabajo comenzado en el área de mutagénesis inducida por radiación gamma. Se ha realizado capacitación en el área para profesionales de la UCV y CCHEN.

· En el área de mutagénesis inducida se trabaja en el proyecto estudios preliminares **Selliera radicans, tolerancia a la salinidad e irradiación de semillas, en búsqueda de fenotipos para la praticultura,** proyecto en conjunto entre CCHEN, U. de Talca y U. Católica de Valparaíso, se ha determinado la dosis letal LD50 y realizó cultivos para determinar estabilidad y crecimiento. Dentro de este proyecto está en ejecución la Tesis de grado “Mutaciones inducidas por rayos gamma en especies nativas tolerantes a la salinidad”, de Fabián Andrés Soto Muñoz, estudiante de Magíster en Ciencias Agronómicas y Ambientales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.



- También en el área de mutagénesis se desarrolla la memoria de título “Estimación de dosis letal 50 en 2 explantes de *Alstroemeria* spp irradiados con rayos gamma”, alumno Cipriano Andrés Cortés Conget, U de Chile. En este trabajo se presentó el poster “Estimación de dosis letal 50 en rizomas de *Alstroemeria* spp. Irradiados con rayos gamma”, al 67° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, 29 Nov.-02 dic 2016.
- Se continuó con el proyecto conjunto CCHEN-FDF-SAG **Desarrollo de la técnica de insecto estéril (TIE) mediante radiación ionizante, para el control de la plaga cuarentenaria *Lobesia botrana*, técnica amigable y sustentable con el medio ambiente**, se ha trabajado en la irradiación de pupas con las dosis determinadas previamente, para comenzar el trabajo de liberación controlada de polillas estériles, lo que fue realizado por primera vez en septiembre de 2016, en un huerto familiar, para evaluar en el tiempo la capacidad de eliminación de la polilla por medio de esta técnica. Posteriormente se ha continuado con irradiación semanal de nuevas pupas para liberaciones semanales de este insecto.

SUB-DEPARTAMENTO DE REACTORES

Objetivos

- Operar en forma segura y eficiente los reactores nucleares de investigación mediante el desarrollo de capacidades y personal capacitado, con el fin de utilizar los instrumentos e instalaciones que usan los neutrones directamente en el núcleo del reactor o en el área experimental y prestar los servicios de irradiación de materiales, satisfaciendo los requerimientos internos y externos a la institución.
- Promover el conocimiento de los reactores nucleares experimentales y su utilización en investigación y docencia a nivel nacional.

Líneas de trabajo

- Operación del reactor nuclear de investigación RECH-1 ubicado en el Centro de Estudios Nucleares La Reina, y mantenimiento del reactor RECH-2, ubicado en el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre.
- Cálculos neutrónicos y termohidráulicos para apoyar la operación de los reactores, y otros departamentos.
- Irradiación de materiales para la producción de radioisótopos para uso en medicina e industria,
- Servicios de irradiación con neutrones de materiales para efectuar análisis por activación neutrónica, para ser utilizados como trazadores, para efectuar dataciones en geocronología, etc.
- Cálculos experimentales del flujo al interior del núcleo, en los cestos de irradiación.

Resultados relevantes del período

- Durante el año 2016 el reactor RECH-1 operó de acuerdo al programa establecido y acordado con el Laboratorio de Producción de Radioisótopos, principal usuario del reactor. En este período se realizaron 48 ciclos de operación generándose un total de 4.995 MWh, lo que representa un consumo aproximado de 260 gramos de ^{235}U , con un total de 999 horas de operación. La operación del RECH-1 se encuentra certificada bajo la norma ISO 9001- 2008.
- El sistema instalado en el núcleo del reactor RECH-1 que tiene la capacidad de mantener girando una muestra de manera continua mientras se está irradiando con neutrones prestó servicios de irradiación de manera

rutinaria. Esta instalación se utilizó para irradiar 10 conjuntos de muestras geológicas del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin).

- Para el Laboratorio de Producción de Radioisótopos y Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica se irradiaron 631 blancos, la mayoría de ellos con el propósito de producir ^{99m}Tc y ^{131}I ; sin embargo, también se irradiaron blancos para producir otros radioisótopos también empleados en aplicaciones en medicina tales como: ^{153}Sm , ^{192}Ir , ^{64}Cu , ^{32}P .

- Se irradiaron 17 capsulas para una diversidad de materiales blancos que fueron utilizados como trazadores en estudios para la industria y la minería.

- Se continuó la colocación de blanco en el núcleo del RECH-1, con la finalidad de obtener el flujo térmico, epitérmico y rápidos, por técnicas experimentales, como método de comparación con los cálculos por códigos.

- Se realizaron los cálculos neutrónicos necesarios para montar las configuraciones N° 73 y 74 (mayo y diciembre 2016) del núcleo del reactor RECH-1.

- En el 2016, ingresaron al núcleo del reactor, 4 nuevos elementos combustibles de bajo enriquecimiento en ^{235}U (< 20%) fabricados por la Planta de Fabricación de Elementos Combustibles de la CCHEN.

- Durante el año 2016 se continuó usando, en forma paralela a los dosímetros oficiales y los dosímetros digitales, manteniendo el registro y comparación de ambos a toda la dotación del SDR; estos instrumentos de protección radiológica permiten la vigilancia tanto del personal del reactor como de visitas externas, dando información relevante y oportuna en algunas actividades desarrolladas en los tubos de haces

- Como parte de los aportes a la divulgación científica y tecnológica, se recibió a más de treinta delegaciones de distintos estamentos del país como: colegios, universidades, organismos del estado, municipalidades, juntas de vecinos, entre otras organizaciones.

- El 2016, 4 profesionales del Subdepartamento de Reactores (SDR) participaron en Feria Científica Escolar patrocinada por el Proyecto Asociativo Regional Explora de la Región Metropolitana Norte, iniciativa de CONICYT. Dos colegios emblemáticos de Santiago realizaron pasantías científicas con el apoyo y ayuda profesionales del SDR, los resultados de los experimentos e investigaciones fueron expuestos en un evento organizada por el PAR Explora y la CCHEN.

- Con el objetivo de aportar a la seguridad del reactor y contribuir a la investigación y desarrollo del Departamento de Aplicaciones Nucleares, se desarrollaron el 2016, las siguientes actividades (algunas de ellas consistieron en tesis y prácticas profesionales):

- i. Medición de los flujos térmicos, epitérmicos y rápidos en las regiones D5 y D6 al interior del núcleo del RECH-1, los resultados de estas mediciones se comparan con los obtenidos por medios de cálculos neutrónicos; estos valores obtenidos han sido relevantes para calcular la actividad de las distintas irradiaciones solicitadas por los clientes.

- ii. Poner operativa la Instalación de Medición de Quemado de Combustible en el RECH-1, se continuará con este trabajo el 2017, con el apoyo de un alumno tesista.

- iii. Se habilitó un sistema adicional de espectroscopia gamma, al interior del reactor, con la finalidad de medir la actividad de aguas de la piscina y resinas activadas en producidas en la planta de agua del reactor.

- iv. Se puso operativa el control inalámbrico en puente grúa.

- v. Organización de la documentación del RECH-1.

- vi. Se continuó con la revisión del código termohidráulico TRANS_V2 con el objeto de actualizarlo.

Participación internacional

- El integrante del Subdepartamento Sr. Luis Manriquez, continua el 2016 con el desarrollo del proyecto CRP (Coordinated Research Project) del OIEA, relacionado con técnicas de monitoreo en línea de máquinas rotatorias en reactores de investigación.

La asistencia de profesionales a las distintas reuniones de trabajo organizadas por el OIEA, ha tenido un impacto importante en la contribución al aumento de nuestro conocimiento relativo a la seguridad y explotación de los reactores de investigación.

SECCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y PROCESOS PRODUCTIVOS

Actividades de I&D

- Validación de modelo matemático de un detector de Germanio en condiciones extremas de frío y alto vacío. Se ha estado trabajando en publicación de los resultados para presentarlos a una revista ISI.
- Producción (recuperación) de fuentes selladas de ^{60}Co . Se realizó reunión con interesados de la industria a fin de iniciar trabajo de colaboración en la exploración y viabilidad técnica y económica en celda para doble sellado en acero inoxidable. Esta actividad quedó en suspendida debido a que la Sección ya no tiene colaboradores que puedan ser contraparte en ella.
- Reactivación de irradiador NORATOM con lápices de ^{60}Co recuperados de la PIM. Se finalizó con éxito la antepenúltima fase del proceso de reactivación. Actualmente el irradiador se encuentra con su fuente recargada en las instalaciones del CEN Lo Aguirre, faltando el trabajo de obras civiles en el CEN La Reina para su reinstalación y finalmente, la puesta en marcha para que pueda proporcionar un servicio de irradiación adicional.

Provisión de Nitrógeno Líquido a la CCHEN

- Funcionamiento regular de la Planta de Nitrógeno Líquido. Se ha realizado una serie de mantenciones e innovaciones para mantener el correcto funcionamiento de la planta, cambiando piezas preventivamente para mejorar la producción y eficiencia.

SECCIÓN DE METROLOGÍA QUÍMICA

Laboratorio Metrología Química y Activación Neutrónica

- i. Proyecto Contrato de investigación con el Organismo Internacional de Energía Atómica en el **desarrollo de sistemas integrados de automatización para análisis por activación neutrónica**. F1.20.25/CRP1888. En el cual participan: Algeria, Australia, Bangladesh, Brasil, Canada, Chile, China, Egipto, Indonesia, Jamaica, Japón, Malasia, Marruecos, Holanda, Peru, Federation Rusa, Eslovenia, Siria, Estados Unidos (2012 – 2016).

El objetivo de este proyecto fue desarrollar, en conjunto con centros con experiencia en análisis por activación neutrónica (NAA), un sistema para la automatización de esta tecnología nuclear de manera de hacerla, por una parte, más competitiva frente al avance de otras técnicas analíticas convencionales y por otra parte, contribuir al aumento del uso de reactores nucleares de investigación a través de las capacidades de NAA.

Esta automatización debió conjugar todos los protocolos de comunicación entre los componentes de NAA con códigos abiertos y también debe contemplar el desarrollo de protocolos de comunicación estandarizados que incluyan la gestión del aseguramiento de la calidad de los resultados. Los resultados obtenidos pueden resumirse en lo siguiente:

- Establecimiento de un grupo asesor de trabajo multidisciplinario encargado de evaluar periódicamente el estado de la automatización de la técnica y proponer las mejoras necesarias.
 - Diseño e instalación de un cambiador automático para ser utilizado en un espectrómetro gama con Supresor de Compton.
 - Diseño y aplicación de un programa computacional para mejorar la automatización de la técnica que incluye la medición de las muestras, manejo del cambiador automático de muestras, lectura de la información desde los espectros gama, realización de cálculos de concentración, revisión de los parámetros de aseguramiento de la calidad y entrega del informe de resultados.
 - Reconstrucción del laboratorio de irradiación neumática para análisis de radioisótopos de vida media corta.
- ii. Proyecto de Cooperación Técnica con el OIEA sobre la **Implementación de una red de tecnologías no destructivas para la identificación y análisis de evidencias traza en el área forense** CHI0017 (2014-2016).

El objetivo del proyecto es implementar una red tecnológica con instrumentación adecuada que permita la identificación químico elemental y estructural no destructiva, fundamentalmente de la evidencia traza encontrada en el sitio del suceso. Redunda lo anterior en el objetivo específico: Aplicación de la técnica de AAN en muestras relacionadas con la actividad criminal. (Vidrios, suelos y otros).

Los resultados obtenidos durante el año 2016 son:

- Capacitación mediante becas, visitas científicas y visitas de expertos en la aplicación de técnicas nucleares en muestras forenses.
 - Validación y aplicación del análisis por activación neutrónica en muestras de vidrios de diferentes orígenes.
 - Análisis multivariado de resultados analíticos.
- iii. Proyecto OIEA ARCAL RLA/0/058 sobre la **Utilización de Técnicas Nucleares en Apoyo de la Conservación y la Preservación de Objetos del Patrimonio Cultural**.

El proyecto tiene como objetivo el promover y armonizar el uso de técnicas nucleares en apoyo a la preservación, conservación y caracterización del patrimonio cultural. Durante el año 2016 se han realizado las siguientes actividades:

- Análisis de sitios de estudio y diseño de muestreo.
- Definición de protocolos de preparación y análisis de muestras.
- Recolección, almacenamiento de muestras.
- Análisis de 45 muestras de maderas de distintos orígenes.
- Participación en reunión técnica organizada por el OIEA en Sao Paulo, Brasil en Septiembre de 2016.

- iv. Convenio Colaborativo con la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Chile en **Estudio de nanopartículas de oro y otros, para fines de detección y tratamiento de cáncer y alzheimer** (2015 – 2017).

El objetivo de este proyecto es obtener una metodología analítica con bajos límites de detección e incertidumbres para la determinación de oro en muestras pequeñas de tejidos biológicos y para nanopartículas, basada en la técnica de Análisis por Activación Neutrónica Instrumental. Esta metodología permitirá incorporar una nueva herramienta basada en el uso de nanopartículas de oro, que permita el desarrollo de nuevos tratamientos para terapia y diagnóstico de enfermedades crónicas como cáncer, cardiovasculares y del sistema nervioso central y también para mejorar conocimientos biológicos que permitan a futuro ser incorporados en medicina, en los centros ya establecidos.

Los resultados obtenidos durante el año 2016 son destacados como sigue:

- Optimización de parámetros de tamaño de muestra, tiempo de irradiación, tiempo de decaimiento, tiempo de conteo, radionúclidos medidos y monitores de flujo empleados para el análisis de oro en muestras biológicas y en nanopartículas.
- Validación de la metodología analítica utilizando materiales de referencia.
- Análisis de muestras de tejidos biológicos y nanopartículas.
- Análisis de los datos y publicación o presentación en congreso.

Publicaciones y Presentaciones a Congresos Sección Metrología Química año 2016

- i. Análisis por Activación Neutrónica en la investigación criminal, L. Muñoz, O. Andonie. Primeras Jornadas Iberoamericanas en la aplicación de metodologías instrumentales no destructivas en el análisis de evidencias traza. Santiago de Chile. 2016.
- ii. Utilización del Análisis Multivariado para la diferenciación de vidrios de interés forense mediante técnicas no destructivas: SEM-EDX, XRF, UV-VIS, NAA. K. Leiva, P. Saez, L. Muñoz, O. Andonie. 32 Congreso Latinoamericano de Química, Concepción, Chile, 2016.
- iii. Metales de relevancia sanitaria (Mn, Cu, As, Hg, Pb) en suelo y agua de la comuna de Molina, VII Región, Chile. S. Cortés, L. Muñoz, O. Andonie. 32 Congreso Latinoamericano de Química, Concepción, Chile, 2016.
- iv. Validación de una metodología analítica para detectar y cuantificar metales de relevancia sanitaria en una comunidad agrícola de la VII Región, Chile, L. Muñoz, S. Cortés, O. Andonie. 32 Congreso Latinoamericano de Química, Concepción, Chile, 2016.
- v. Peptides to improve drug delivery of gold nanoparticles to the brain. S. Guerrero, M. Kogan, X. Rojas. 32 Congreso Latinoamericano de Química, Concepción, Chile, 2016.
- vi. Gold nanoparticles functionalized with cell penetrating peptide for labeling of B16F10 melanoma cells as a potential tool for cell tracking in metastasis. S. Guerrero, M. Kogan, X. Rojas. 32 Congreso Latinoamericano de Química, Concepción, Chile, 2016.
- vii. Estimation of Mo-99 production rates from natural molybdenum in research reactors. Menno Blaaw, Van Duong, Tej Sinch, Luis Muñoz. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. JRNC-D16-00451. Por publicar 2016.
- viii. Updates and improvements in the automation of the neutron activation analysis laboratory in Chile. Luis Muñoz, Oscar Andonie, Bryan Ruz. TECDOC, OIEA. Por publicar, OIEA.

- ix. Determinación de Uranio en orina humana mediante ICPMS. M. Meneses, M. L. Vironneau. Enviado al 12 Encuentro de Química Analítica y Ambiental. Valdivia, Chile, 2016.
- x. Desarrollo y validación de una metodología analítica para la determinación de oro en nanopartículas y órganos de ratas mediante análisis por activación neutrónica. L. Muñoz, X. Rojas, O. Andonje. Enviado al 12 Encuentro de Química Analítica y Ambiental. Valdivia, Chile, 2016.

Laboratorio de Isótopos Ambientales

i. Objetivos

Desarrollar y aplicar técnicas basadas en el uso de isótopos estables que se encuentran en la naturaleza tales como: Deuterio, Oxígeno-18, Carbono-13 y Nitrógeno-15.

El Laboratorio lo conforma un grupo de profesionales con experiencia en medición, asesoría, aplicación de técnicas con isótopos estables; contribuyendo en estudios e investigaciones en el área de Hidrología y Medio Ambiente aportando conocimiento a la comunidad científica del país y países de la región.

ii. Líneas de Trabajo

· Hidrología Isotópica:

Monitoreo del Ciclo Hidrológico usando isótopos estables. Información utilizada para estudios del recurso hídrico tanto en zonas no áridas, áridas y semiáridas; determinación del origen de la recarga del agua subterránea, interconexión de acuíferos, interconexión entre aguas superficiales y subterráneas, intrusión marina, caracterización de lluvias y otros.

· Medio Ambiente:

Estudios de contaminación de acuíferos, determinación de ciclos fotosintéticos por discriminación isotópica, cambio climático.

· Asesorías en toma de muestras, mediciones fisicoquímicas en terreno y análisis de contenido isotópico de Deuterio ($2H$), Oxígeno-18 ($18O$) en aguas, Carbono-13 ($13C$) en carbonato disuelto, sedimentos carbonatados y materia orgánica, Nitrógeno-15 ($15N$) y Oxígeno-18 ($18O$) en aguas. Servicio de muestreo de $3H$ y $14C$; asesorías en uso de técnicas con isótopos estables desarrollados en el laboratorio, Espectrometría de Masas, Espectroscopía Láser y mantenimiento de sistemas de vacío.

iii. Participación en Red de Monitoreo de Precipitaciones.

Objetivo: Programa internacional coordinado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Organización Mundial de Meteorología (OMM) para mantener un registro actualizado anual de datos isotópicos de precipitación de todo el mundo, donde participa Chile. Esta información es útil en estudios hidrogeológicos, oceanografía e investigaciones relacionadas con cambio climático y calentamiento global.

En el marco de esta actividad se desarrolló la actividad de monitoreo de precipitaciones para suministrar datos de Chile al GNIP (Global Network for Isotopes Precipitation).

· Resultados relevantes del período:

· Se enviaron al OIEA los datos isotópicos de contenido de Deuterio ($2H$) y Oxígeno 18 ($18O$) correspondiente a la caracterización de las lluvias del año 2016 obtenidos de las 6 estaciones chilenas (Putre,

Isla de Pascua, La Serena, Santiago, Puerto Montt y Punta Arenas).

· Se actualizaron los datos isotópicos de la red nacional en la página web de la CCHEN. Los datos isotópicos de aguas lluvia registrados tanto en la plataforma del OIEA (GNIP) como en la plataforma de la web CCHEN han sido información útil para estudios en hidrología y ha sido utilizado tanto por profesionales chilenos como por investigadores de otros países.

iv. Proyectos en curso:

· **A multi-approach assessment of "mountain block recharge" in rural, middle mountain rain-fed areas of North Central Chile;** proyecto Fondecyt n° 1150587 (2015-2017) en colaboración con el Dr. Ricardo Oyarzún de la Universidad de La Serena (ULS).

El objetivo de este Proyecto es caracterizar y determinar los procesos de recarga en zonas de secano áridas de montaña media y semi-áridas, sobre la base del uso integrado de diferentes técnicas analíticas en diferentes escalas espaciales y temporales, incluyendo dentro de estas las herramientas isotópicas derivadas de las aplicaciones nucleares.

Como resultado relevante del período, se recolectaron los datos isotópicos de muestras seleccionadas y se escribió el borrador de una posible publicación "Hydrogeological observations in an old copper district on the western slope of the Coastal Cordillera in the arid Coquimbo Region, north-central Chile".

· **Strengthening monitoring of water resources in mining and industrial activity areas using isotopic techniques;** Proyecto Nacional (CHI-7013 OIEA, 2016 – 2017)

El propósito principal del proyecto es integrar, al programa de monitoreo de fuentes de agua del sector de El Tranque, el uso de la técnica de isótopos ambientales, cuyos resultados será un parámetro que complementará y fortalecerá la información que se obtiene a partir del monitoreo químico convencional.

Se dispondrá de una nueva herramienta que será un aporte a la vigilancia y el monitoreo de las aguas del sector donde se emplazan o fueron emplazados depósitos de relaves mineros. Las autoridades dispondrán de esta información para tomar medidas de mitigación, control, manejo y para mejorar la gestión. El sitio piloto del proyecto es la minera Los Pelambres.

Los resultados relevantes del período consideran la firma de un convenio tripartito de colaboración entre las instituciones del estado participantes CCHEN –DGA –SERNAGEOMIN, el establecimiento de nexos de trabajo con profesionales de la minera Los Pelambres, y el trabajo inicial con el experto de Hidrogeología y Geoquímica de la Universidad de Barcelona, Dr. Albert Soler, con quien se asistió a terreno y se revisó lo planificado para el desarrollo del proyecto.

· **Hillslope water storage and runoff processes: linking climate variability and interannual storage;** proyecto Fondecyt n° 1160656 (2016 – 2018) en colaboración con el Dr. Diego Rivera de la Universidad de Concepción.

La propuesta tiene el objetivo principal enfocado hacia la gestión y manejo de almacenamiento de agua en procesos de laderas, precipitación y escurrimiento, utilizando monitoreo isotópico e hidroquímico para cambios estacionales a largo plazo; el objetivo específico consiste en proponer modelos hidrológicos conductuales para la hidrología de laderas estimando el almacenamiento de la cuenca. El proyecto aún está en su primer año de ejecución y se trabaja en la adquisición preliminar de datos.

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- v. Participación de colaboradores del LIA en cursos relativos al área:
 - “Aplicaciones de Isótopos Ambientales en la evaluación de fuentes y procesos que afectan al nitrato en aguas subterráneas”, dictado por el Dr. Ramón Aravena (agosto 25, 2016)
 - “Aplicación de Isótopos Ambientales en Hidrogeología” , dictado por el Dr. Albert Soler (septiembre 26, 2016).

SECCIÓN DE AGRICULTURA

Objetivos

Investigar y desarrollar estudios agroambientales utilizando técnicas isotópicas y convencionales, para resolver interrogantes de producción, básicos para lograr un medio agro ecológico sustentable y rentable.

Líneas de trabajo en I&D

- i. Evaluación de genotipos, actividad radicular y absorción de fertilizantes nitrogenados y fosforados en frutales y cultivos anuales.
- ii. Cuantificación del aporte de las leguminosas como fuente de fijación biológica de nitrógeno (FBN) en una rotación de cultivos.
- iii. Estudios de adsorción, desorción, biodegradación y vida media de plaguicidas en suelos.
- iv. Determinación de residuos de plaguicidas en matrices suelo, agua y alimentos.
- v. Estimación de la dinámica de mineralización e inmovilización de nitrógeno (MIT) en suelos.
- vi. Medición de tasas de redistribución de suelo, por técnica de espectrometría gama.
- vii. Contaminación difusa en aguas (agroquímicos).
- viii. Cambio climático - cuantificación de emisión de gases efecto invernadero y secuestro de carbono en el ecosistema.

Resultados relevantes del período

La SA participa en diferentes proyectos en conjunto con contrapartes del Ministerio de Agricultura como son el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, Subdepartamento de Química Ambiental y Alimentaria-RM y Gestión Ambiental y Contaminación de los Recursos Naturales-IX Región), Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA), así como también con Universidades como la Universidad de Chile, Universidad Católica de Temuco, Universidad Mayor, Universidad Católica de Valparaíso y la Universidad Austral de Chile.

Durante el año 2016, la Sección de Agricultura es contraparte nacional de los siguientes proyectos:

- i. **Desarrollo de indicadores para determinar el efecto de los plaguicidas, metales pesados y contaminantes emergentes en Ecosistemas Acuáticos Continentales importantes para la Agricultura y Agroindustria;** Proyecto Regional RLA7019 (ARCAL CXXXIX) (2014-2017).

El objetivo del proyecto es desarrollar sistemas de alerta temprana de contaminación por plaguicidas, metales pesados y contaminantes emergentes en ecosistemas acuáticos de importancia agropecuaria y agroindustrial a través del estudio de la biodisponibilidad y degradación en los sedimentos, mediante el uso de técnicas analíticas convencionales, radiométricas, bioensayos y biomarcadores.

Las actividades coordinadas por la Sección Agricultura en este proyecto se han focalizado en el área analítica que involucra radiotrazadores en muestras ambientales (suelo, vegetal y sedimentos) y organismos bioindicadores.

Resultados obtenidos con radiotrazadores están siendo utilizados en sistemas de modelación (SWAT y AQUATOX) para la determinación de indicadores de riesgo, donde la SA coordina trabajo conjunto con profesionales de la CCHEN de las secciones Gestión Ambiental (GA) e Informática (I). Así mismo se ha

contado con la coordinación de la Oficina de Participación Ciudadana y Comunicación Corporativa en lo relativo a difusión de la información con el fin de sensibilizar y apoyar al tomador de decisiones frente a la orientación de medidas de alerta temprana y control de fuentes de contaminación potenciales, en base a la evaluación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

El año 2016 se concretan los siguientes resultados:

- Se ha avanzado en la obtención de datos preliminares usando SWAT para la cuenca del río Tijeral, serie de datos de precipitaciones (figura 1), caudales estimados (figura 2), estimación de concentraciones de Clorpirifós.
- Como una medida de aproximación, se realizó un ensayo para determinar la degradación de Clorpirifos (CLP) y Carbaril aplicados en arándanos. Así, bajo condiciones controladas y utilizando los productos enriquecidos con ^{14}C , se determinó que el 50 % de clorpirifos y carbaril se degradó después de 2 y 10 días después de realizada la aplicación foliar. Estos resultados enfatizan la importancia de determinar la dinámica del plaguicida en las diferentes fracciones de la planta.
- En el marco del proyecto Roberto Montt (Universidad Mayor, UM) junto a César Mattar (UM) y Ana María Parada realizaron ensayos de bioacumulación de insecticida clorpirifos (^{14}C -CLP) en *Eisenia foetida* (Figura 1) en suelos procedente de las cuencas del río Tijeral y río Traiguen. Los ensayos se realizaron conforme a los protocolos adquiridos en el curso realizado en Brasil (2015).

Los resultados obtenidos en la determinación de toxicidad aguda CL_{50} , a las 24, 48 y 72 horas fueron 4,47 mg mL^{-1} , 2,16 mg mL^{-1} y 1,59 mg mL^{-1} respectivamente, de manera que un mayor tiempo de exposición muestra un mayor efecto tóxico (mortalidad) sobre *E. foetida*.

Aunque no existen diferencias significativas entre la bioacumulación, existe una tendencia hacia mayores niveles de CLP en las lombrices experimentales expuestas al suelo de la serie Tijeral, el cual posee menores niveles de carbono orgánico (CO) y arcilla, así como un mayor pH. A diferencia de esto, si se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de CLP remanente en ambos suelos, siendo mayor en el suelo de la serie Traiguén, el cual posee menor pH y mayores niveles de CO y arcilla, y por tanto, mayor adsorción de este tipo de pesticidas.



Figura 1.- *Eisenia foetida* (Familia Oligochaeta) usado en bioensayos de bioacumulación de insecticida clorpirifos

- Se enviaron a eventos de difusión los siguientes trabajos:
 - o “Influencia del residuo vegetal de maíz en la biodegradación de ^{14}C -Atrazina en un suelo agrícola Chileno”, al XIII Encuentro de Química Analítica y Ambiental” realizado en Valdivia, 18 al 21 Octubre de 2016; Gonzalez Marcela, Nario Adriana, Parada Ana María, Videla Ximena, Toral María Inés.
 - o “Bioacumulación de clorpirifos radiomarcado en *Eisenia foetida* en dos distintos tipos de suelo de la zona Sur de Chile”, realizado en Ciudad de Panamá, Panamá del 3 al 7 de octubre 2016; Roberto Montt G.; Cesar Mattar M.; Ana María Parada C.; Adriana Nario M.

La CCHEN continúa actualizando la página web de difusión a nivel LAC de laboratorios analíticos que participan en la Red Analítica de Laboratorios para América Latina y El Caribe (RALACA, (<http://www.red-ralaca.net/>), siendo el responsable el Sr. Patricio Henríquez.

ii. **Cuantificación de la contribución de la producción agrícola en sectores prioritarios en la generación de gases efecto invernadero (GEI) (balance CO_2 , CH_4 y N_2O), utilizando técnicas isotópicas;** Proyecto Nacional OIEA/ODEPA/CCHEN, CHI5050 (2014 – 2016).

El objetivo del proyecto está focalizado en evaluar la contribución de la actividad agrícola a la formación y/o mitigación de la producción de gases efecto invernadero, es necesario cuantificar medidas de GEI para finalmente obtener un factor de emisión de cultivo agrícola.

En el Campo Experimental Agroambiental, localizado en el CEN La Reina, se estableció un segundo año de estudio con el cultivo de maíz variedad choclero, para determinar el efecto inhibitorio de la nitrificación de la urea y su influencia sobre las emisiones de N_2O . La siembra se realizó en noviembre de 2016.

Se utilizó el sistema de riego por goteo, utilizando cintas plásticas, con un flujo de agua $1,12 \text{ L h}^{-1}$ por gotero. En paralelo los parámetros climatológicos fueron medidos en una estación meteorológica.

En terreno se utilizó una cámara de muestreo (CM) de $40 \times 40 \times 10 \text{ cm}$ y bases de acero inoxidable de igual dimensión que la cámara. Las bases se instalan en el suelo una semana antes de comenzar a medir, para estabilizar las diferencias de suelo.

Para las mediciones de GEI en maíz choclero se consideró un diseño con tres tratamientos:

T1: Siembra: sin fertilizante nitrogenado solo fósforo ($105,6 \text{ Kg P ha}^{-1}$) y potasio ($105,6 \text{ Kg K ha}^{-1}$). Aporca: no se aplica fertilizante.

T2: Siembra: $555,6 \text{ Kg}$ mezcla maicera ha^{-1} (100 Kg N ha^{-1} ; $105,6 \text{ Kg K ha}^{-1}$ y $105,6 \text{ Kg P ha}^{-1}$). Aporca: 138 Kg N ha^{-1} como urea (que tiene un 46% de Nitrógeno). Se utiliza mezcla maicera (18%N:19%K:19%P).

T3: Siembra: Alson es el nombre comercial de una urea (46% N) recubierta con inhibidor (100 Kg N ha^{-1} ; $105,6 \text{ Kg K ha}^{-1}$ y $105,6 \text{ Kg P ha}^{-1}$). Aporca: 138 Kg N ha^{-1} del producto comercial Alson.

Los objetivos de esta etapa fueron:

- Evaluar los gases efecto invernadero (GEI) producidos por el cultivo de maíz, con un manejo de fertilización nitrogenada.
- Determinar la Eficiencia de Uso de N (EUF) de la temporada 2015-2016, aplicando fertilizante nitrogenado- ^{15}N .
- Evaluar los contenidos de N residual, en base a:

Comisión Chilena de Energía Nuclear

- Cuantificar el aporte de nitrógeno al cultivo proveniente del suelo (remanente de la fertilización de la temporada anterior).
- Incorporar, al suelo, rastrojo vegetal de maíz enriquecido con ^{15}N (1% a. e.) proveniente de la temporada anterior.

Las conclusiones de esta temporada de estudio evidenciaron que:

- El uso del inhibidor de la nitrificación aplicado bajo las condiciones de este estudio redujo las emisiones de N_2O entre 0 y 30% comparado con las emisiones de los tratamientos T1 y T2. Actualmente, la SA continúa con la evaluación de inhibidores de la nitrificación como parte del protocolo de estudios agrícolas.
- El estudio de eficiencia de uso de nitrógeno aplicado como fuente urea indica que la planta de maíz variedad choclero utiliza el 42% como EUF. Mientras en el suelo, entre los 0 y 40 cm de profundidad, se cuantifica el 32% del fertilizante aplicado. Estudios complementarios concuerdan con estos resultados, los cuales pueden ser optimizados de acuerdo a la dosis, fuente y manejo agrícola de cultivo.
- El cultivo de maíz variedad choclero absorbe un 3,7% del nitrógeno derivado del fertilizante remanente en el suelo.
- El uso de residuo vegetal aportó, al cultivo de maíz, un 22,2% del Nddf de la temporada anterior. Esto corrobora la importancia de incorporar residuo vegetal (posterior a la cosecha) como aporte de fuente mineral y conservación de la estructura del suelo.

Durante el 2016 se recibieron dos misiones de experto, Dra. Katherina Lenhart (enero) y Dr. Christoph Mueller (noviembre), de la Universidad de Justus Liebig (Giessen, Alemania) con el fin de discutir y la obtención y posterior análisis de datos de emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Así mismo, contribuyeron a delinear estrategias a implementar para la temporada de producción agrícola 2015-2016 del cultivo de maíz (Figura 2) en la relación GEI y secuestro de carbono usando técnicas isotópicas y convencionales.



Figura 2. Estrategia de muestreo, medición y análisis de datos de emisiones de gases efecto invernadero del equipo de trabajo CCHEN con los Drs. Lenhart y Mueller de la Universidad Justus Liebig (Alemania).

Durante el 2016 se recibieron dos misiones de experto, Dra. Katherina Lenhart (enero) y Dr. Christoph Mueller (noviembre), de la Universidad de Justus Liebig (Giessen, Alemania) con el fin de discutir y la obtención y posterior análisis de datos de emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Así mismo, contribuyeron a delinear estrategias a implementar para la temporada de producción agrícola 2015-2016 del cultivo de maíz (Figura 2) en la relación GEI y secuestro de carbono usando técnicas isotópicas y convencionales.

En forma paralela, a nivel de laboratorio, se estableció un ensayo para estudiar el efecto del uso de inhibidores sobre el fertilizante aplicado urea y determinar la volatilización de NH_3 . Para ello, en macetas de 2 L de capacidad, se agregó suelo (41,2% de materia orgánica, pH 7,5 y 18,0% de Nitrógeno total) y se sembró semillas de ballica (*Lolium multiflorum*) en una dosis de 1 g Kg^{-1} de suelo. Se establecieron tres tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Así se determinó que:

- En la primera semana del ensayo se produce la principal liberación de N-NH_3 , se observa igual tendencia en la aplicación de urea sola (T1) y urea cubierta con el inhibidor (T2); mientras que el tratamiento testigo (sin fertilizante nitrogenado) es 98% menor que T2 y T3.
- Con el uso de nitrapirina, inhibidor de la nitrificación, se disminuye en un 21% las emisiones de N-NH_3 , comparativamente que con la aplicación sólo del fertilizante urea como fuente nitrogenada.

Para obtener un factor de emisión de cultivo es necesario tener sucesivas mediciones considerando el ciclo de cultivo total, el cual se deberá lograr en el año agrícola 2016-2017.

iii. **Emisiones de Gases NH_3 , N_2O , CH_4 y CO_2 en cultivo de maíz con fuentes de fertilizante nitrogenado utilizando técnicas isotópicas;** proyecto CRP 18646 (2014, con renovación hasta por un período de 5 años).

El objetivo del proyecto es evaluar la contribución de la actividad agrícola a la contribución y/o mitigación de los gases efecto invernadero para asegurar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Se participó en la segunda reunión de coordinación, realizada en mayo de 2016 en la universidad Justus Liebig de Giessen (Alemania). Se presentó el avance del primer año y la planificación para el año agrícola 2016-2017.

El año 2016 se establecieron 4 tratamientos en los cuales se está evaluando el efecto de inhibidores de la nitrificación ya sea incorporado a la urea (como producto terminado) y el inhibidor a modo de gel adherido a la urea de manera mecánica.

Los resultados se tendrán una vez procesados los datos después de la cosecha a fin de febrero 2017. Este proyecto está relacionado con el proyecto nacional CHI5050, de acuerdo a su base, y por ello se muestra el diseño de tratamientos y distribución para el estudio de GEI y eficiencia residual de ^{15}N .

iv. **Mejora de los sistemas de producción agrícola mediante la eficacia en el uso de los recursos;** Proyecto Regional RLA5065 (2014-2017); INIA/CCHEN (ARCAL CXXXVI).

El objetivo del proyecto es contribuir al desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles, a través de la incorporación de pasturas de leguminosas en la rotación de cultivos, con el objetivo de reducir los insumos inorgánicos y mejorar las propiedades biológicas y físico - químicas de los suelos, en ambientes de clima mediterráneo.

La SA es la segunda contraparte en este proyecto. En Octubre 2016 sostuvieron una reunión en el Centro Regional Cauquenes – INIA donde se observó que por motivos de menor precipitación los cultivos se establecieron con éxito sin embargo el desarrollo fue con menor velocidad.



Figura 3. Evaluación del establecimiento de praderas en el Centro Regional Cauquenes-INIA.

El proyecto consta de cuatro experimentos en el Centro Experimental de Cauquenes -INIA, Región del Maule, en cordillera de la costa de Chile en el secano interior. El suelo es un Alfisol granítico, de arena de textura franco arcillosa, clasificado como Ultic Palexeralfs. Se han aplicado las dosis de fertilizante nitrogenado (15N) correspondientes para evaluar la eficiencia de uso de nitrógeno de las especies, utilizando las técnicas isotópicas.

El año 2016 se continúa con los siguientes ensayos (se están procesando los datos finales de rendimiento y eficiencia de uso de nitrógeno):

- Experimento I (Rotación de cultivos leguminosas forrajeras anuales - cereal).
- Experimento II (Abonos verdes).
- Experimento III (transferencia de N desde leguminosas a gramíneas).
- Experimento IV (Enmiendas orgánicas, fosfóricas y calcáreas sobre praderas).

Durante el período la SA de CCHEN, participó en el procesamiento de muestras y análisis de eficiencia de uso de fertilizantes nitrogenados y la evaluación de la fijación biológica de nitrógeno como fuente natural de nitrógeno en el sistema suelo-planta-rhizobio.

Se envía trabajo "Contribución de abonos verdes provenientes de leguminosas a la productividad del trigo en el secano mediterráneo de Chile", aceptado para presentar en 3er Taller Latinoamericano de PGPR y 2do Workshop en Biotecnología y Medioambiente, organizado por la Universidad de La Frontera (Nov 28 a Dic 2).

Otros (convenios y resultados de la SA en el período):

Como parte de la gestión de proyectos y planificación de actividades los profesionales de la SA sostuvieron diversas reuniones y toman contacto con integrantes de diversas instituciones a nivel nacional e internacional.

- i. La Sección Agricultura, como es habitual dentro de su sistema integral de gestión del sistema de la calidad, participó en la Ronda Internacional entre Laboratorios de Ensayos de Aptitud Analítica en la determinación de Nitrógeno Total (%) y 15N átomos en exceso (%) en muestras de vegetales (WEPAL-IPE 2015.2), obteniendo excelentes resultados de precisión y con ello asegurando la calidad analítica de los resultados en los laboratorios de la Sección Agricultura. Se destaca que el análisis de 15N a.e. (%) por espectrometría de emisión óptica es una técnica única en el país.
- ii. Convenio de Cooperación entre Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), la Comisión

Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) y Viña Concha y Toro S.A.

iii. Feria Científica Escolar CCHEN-Explora RM Norte 2016. La Sección Agricultura participa apoyando a estudiantes de colegio INTECO en desarrollo y defensa del tema, propuesto “¿Es el suelo un ente vivo? Aprendamos a protegerlo” (Septiembre).

Informes Técnicos

i. Informes – compromiso ministerial

Cuantificación de emisión de gases efecto invernadero en cultivo de maíz y degradación de plaguicidas en frutales (arándanos) en Campo Experimental Agroambiental.

- Instalación y desarrollo de ensayo con cultivo de maíz, etapa 1/4 (marzo 2016).
- Determinación de la degradación de plaguicidas aplicado en arándanos, utilizando técnicas isotópicas, etapa 2/4 (junio 2016).
- Estudio del potencial del uso de fertilizante nitrogenado combinado con inhibidor, para evitar pérdidas de nitrógeno por la formación de amoníaco (septiembre 2016).
- Evaluación de los gases efecto invernadero producidos por el cultivo de maíz. Estimación del efecto residual de nitrógeno (diciembre 2016).

ii. Informe de Avance Anual de Contrato de Investigación bajo las actividades coordinadas (CRP). Contract number: 18646. Period: August 2015-August 2016.

iii. Informe de Avance Anual ARCAL - Instituciones contraparte-Chile del proyecto RLA7019 “Desarrollo de indicadores para determinar el efecto de los pesticidas, metales pesados y contaminantes emergentes en los ecosistemas acuáticos continentales importantes para la agricultura y la agroindustria”. Este informe se genera con material y discusiones de las actas de reuniones 5 y 6 realizadas en Santiago (30-31 de marzo) y Valdivia (14-16 de Diciembre).

iv. Renovación de Contrato de Investigación Coordinado (CRP D15016 “Gaseous Emissions of NH₃, N₂O, CH₄ and CO₂ in Crop Cultivated with Nitrogen Fertilizer Sources using Isotopic Techniques”) enmarcado con el número de contrato 18646 titulado “Minimizing Farming Impacts on Climate Change by Enhancing Carbon and Nitrogen Capture and Storage in Agro-Ecosystems”.

DEPARTAMENTO MATERIALES NUCLEARES

Jefe Departamento: Sr. Jorge Marín Espinoza

☎ 224702824

✉ jorge.marin@cchen.cl

OBJETIVO

Desarrollar y mantener conocimiento, tecnologías y/o capacidades en las etapas del ciclo del combustible nuclear, los materiales atómicos naturales y de interés nuclear y en ciencia de los materiales que se relacionen con ello.

FUNCIONES

- Realizar actividades de investigación y desarrollo respecto de la caracterización, obtención, procesamiento y uso de los materiales atómicos naturales y de interés nuclear y contribuir a la evaluación de la factibilidad técnica y económica de su beneficio.
- Operar la Planta de elementos Combustibles (PEC) de la Comisión y suministrar los elementos combustibles requeridos para el funcionamiento de los reactores chilenos.
- Suministrar elementos combustibles y componentes que se relacionen con capacidades de la PEC, según requerimientos internos y externos de la Comisión.
- Liderar la creación de capacidades para el desempeño de la Comisión como Organismo de Soporte Técnico, de acuerdo a los avances que experimente un eventual programa de nucleoelectricidad.
- Realizar investigación y desarrollo de materiales constitutivos de las instalaciones nucleares y radiactivas de la CCHEN y de reactores nucleares de potencia.
- Realizar investigación y desarrollo en tecnologías y materiales para la gestión del combustible gastado y residuos radiactivos de alta actividad.
- Propiciar la generación y divulgación de conocimiento, colaborando en la formación de recursos humanos y de generación de capacidades nacionales, que sean coherentes con el desempeño de la Comisión.
- Desarrollar actividades de divulgación y publicación de las actividades e instalaciones y de los resultados obtenidos en el proceso de investigación y desarrollo.
- Asesorar a la autoridad institucional en su área de desempeño y proporcionar apoyo a entes internos y externos, según requerimiento.

Para el logro de este objetivo, el Departamento de Materiales Nucleares coordina el accionar de las siguientes secciones:

SECCION COMBUSTIBLES NUCLEARES

La Sección Combustibles Nucleares - SCN, la componen dos instalaciones: La Planta Elementos Combustibles - PEC y el Laboratorio de Conversión - LCONV, ambos edificios ubicados en el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre. Para desarrollar sus actividades y cumplir sus objetivos, la actual dotación de personal de la SCN son 7 profesionales y 5 técnicos.

OBJETIVOS

- Investigar, desarrollar, fabricar y suministrar elementos combustibles y componentes para irradiación de materiales en reactores nucleares de investigación.
- Investigar y desarrollar metodologías y procesos para convertir y producir compuestos uraníferos y uranio metálico aptos, o que cumplan especificaciones, para su utilización en la fabricación de combustibles.

FUNCIONES

- Suministrar elementos combustibles y componentes para reactores nucleares que se relacionen con capacidades de la SCN, según requerimientos internos y externos a la CCHEN, cumpliendo especificaciones técnicas y siguiendo la regulación, normativa y protocolos de seguridad tanto nacionales como internacionales.
- Realizar los procesos de diseño, desarrollo, fabricación, inspección y transporte de elementos combustibles y componentes para irradiación bajo un sistema de gestión de calidad certificado.
- Estudiar y desarrollar nuevos materiales para combustibles nucleares con altas densidades de uranio que permitan mejorar la performance y optimizar el uso de combustible en el reactor.
- Estudiar y desarrollar metodologías de fabricación, caracterización e inspección de nuevos combustibles, de acuerdo con las tendencias mundiales, para disponer de alternativas de conversión de reactores desde el uso de uranio de alto enriquecimiento hacia combustible en base a uranio de bajo enriquecimiento.
- Disponer de los conocimientos fundamentales en tecnologías de fabricación, inspección y evaluación de combustible para reactores nucleares de potencia, con fines de asesoría en temas de núcleo electricidad.
- Generar, divulgar y preservar el conocimiento en forma de informes técnicos, publicaciones, contribuciones, notas de prensa u otros medios que permitan mostrar capacidades, además de la formación especializada y entrenamiento continuo de recursos humanos en temas de combustibles.
- Desarrollar capacidades para elaborar nuevos diseños y optimizar los actuales diseños de elementos combustibles, incluyendo modelamiento y cálculo, además de aspectos neutrónicos y termo hidráulicos.
- Mantener o ampliar la infraestructura, actualizar equipamiento, sistemas y metodologías de fabricación e inspección, además de mejorar las capacidades de recursos humanos, proyectándose hacia la futura exportación de elementos combustibles, elementos reflectores, elementos de control y dispositivos para irradiación para reactores de investigación.

Estas funciones de la SCN se desarrollan de acuerdo con las siguientes líneas de trabajo:

- **Fabricación de Elementos Combustibles para el Reactor RECH-1**

Comprende la fabricación de polvos de siliciuro de uranio (U_3Si_2), la fabricación e inspección de placas combustibles, el armado e inspección de elementos combustibles, envasado, entrega y despacho de los elementos combustibles terminados y aprobados.

- **Fabricación de Elementos Combustibles según Contrato DOE.**

El objetivo de esta actividad es dar cumplimiento al acuerdo suscrito entre la CCHEN y el Departamento de Energía de Estados Unidos según Contrato N° DE-GI09-09SR22685 relativo a la fabricación de 25 elementos combustibles para los reactores de investigación chilenos, a partir de uranio de bajo enriquecimiento suministrado por los Estados Unidos de América, como reemplazo de material de alto enriquecimiento repatriado a EEUU el 2010.

- **Desarrollo de combustibles basados en aleaciones U-Mo.**

El objetivo principal es investigar y desarrollar nuevos materiales para combustibles nucleares con altas densidades de uranio que permitan disponer de alternativas de conversión. El uso de este tipo de material permitiría, adicionalmente, disponer de combustibles con mejores expectativas de tratamiento y acondicionamiento posterior a su utilización en los reactores (back-end solution). Se considera también que el uso de este nuevo tipo de combustible podría mejorar la eficiencia en la gestión de combustible para los

reactores experimentales ya convertidos, como los que posee Chile.

- **Desarrollo de Combustible Denso.**

Desde el año 2007 se irradia en el reactor de investigación RECH-1 un elemento combustible experimental fabricado en la SCN, que contiene una única placa combustible en base a U_3Si_2 con densidad de uranio 4,8 gU/cm³, valor muy superior al que, por diseño, se utiliza actualmente para el Reactor RECH-1.

- **Componentes para irradiación de materiales.**

Esta línea de trabajo consiste en la elaboración de dispositivos o componentes estructurales que tienen como destino su utilización en el núcleo de los reactores de investigación, lo cual hace más rigurosas las exigencias de calidad, enfatizando conceptos como trazabilidad de materias primas, control de procesos y registros de calidad que, en definitiva, mejoran la confiabilidad y seguridad de estos dispositivos. Los principales componentes para irradiación fabricados en la SCN son cápsulas de aluminio para irradiación de materiales en reactores de investigación.

RESULTADOS RELEVANTES DE PROYECTOS Y LÍNEAS DE TRABAJO

- **Fabricación de Elementos Combustibles para el Reactor RECH-1.**

Con el fin de desarrollar capacidades de suministro de elementos combustibles especiales y componentes para reactores de investigación, la Sección Combustibles Nucleares realizó las siguientes actividades: un elemento combustible estándar fue introducido dentro del Loop Hidráulico y sometido a distintos caudales de agua en condiciones normales de operación. Mediante la utilización de transmisores de presión de alta precisión, la medición dinámica ha sido medida en la entrada y salida del elemento combustible, permitiendo determinar la curva pérdida de presión – caudal. Se realizaron simulaciones mediante un programa de volúmenes finitos donde se simulan los subconjuntos y elemento combustible por separado para las distintas velocidades. El programa permite generar diagramas de distintos tipos y representar fenómenos físicos, los que ayudan a obtener una aproximación del comportamiento del fluido cuando un elemento dentro del reactor RECH-1. Como resultados se obtienen las curvas de pérdida de presión del refrigerante en función de la velocidad, diagramas de contorno de diferencia de presión y líneas de corriente.

Otra actividad realizada fue la implementación de una metodología de cálculo de costos de fabricación, denominado, Método de Suplementos, el cual facilitará la elaboración de propuestas económicas a la hora de participar en licitaciones internacionales para la fabricación de elementos combustibles. Como resultado se pudo determinar con mayor exactitud los costos de fabricación de elementos combustibles y para componentes para radiación de forma rápida. Además proporciona la identificación de cuellos de botella y posibilidades de mejoramiento de la productividad del proceso global de fabricación de combustibles nucleares.

- **Fabricación de Elementos Combustibles para el RECH-1 según Programa Contrato DOE.**

Actividad reiniciada con un nuevo plan de fabricación de elementos combustibles para el RECH-1, que corresponden a 19 ECs, los cuales se fabricarán 4 cada año desde el año 2017 hasta el año 2020 y 3 ECs el año 2021.

· **Desarrollo de combustibles basados en aleaciones U-Mo**

Esta es una de las actividades de I+D de la Sección, en la cual, durante el 2016, se avanzó a través del proyecto de Desarrollo de Combustible Denso en base a Uranio-Molibdeno, código 646, cuyo objetivo final es desarrollar la tecnología de fabricación y calificación de elementos combustibles en base a UMo.

Durante el 2016 se avanzó en el desarrollo de la metodología de Soldadura por Fricción, FSW para unión de placas de aluminio a tope y en configuración de traslape para unir placas de aluminio con un núcleo interior de acero inoxidable. Esta metodología es la que ha presentado mejores resultados para la consolidación de placas combustibles de alta densidad con cladding de aluminio y núcleo monolítico de aleación UMo.

También durante el 2016 se llevó a cabo el diseño y construcción de un atomizador centrífugo de polvos a escala producción, de mayor tamaño, con mejores condiciones para la solidificación de partículas y mejores estándar de seguridad, tanto para el operador como para el material que está siendo transformado en partículas.

· **Desarrollo de Combustible Denso.**

Durante 2016 se continuó con la irradiación y seguimiento en el RECH-1 de este elemento combustible experimental, con el propósito de calificar bajo irradiación, tanto el elemento combustible, su proceso de manufactura y el sistema de control y aseguramiento de calidad aplicado para su fabricación en la Planta de Elementos Combustibles.

Al 31 de Octubre de 2016, este combustible experimental, LR-EX-01, había alcanzado un nivel de quemado estimado en 27,538 % en peso de U-235, de acuerdo a lo informado por el ingeniero nuclear y experto calculista del reactor Sr. Jorge Medel R.

· **Desarrollo del sistema SIPEC (E-procesos).**

La implementación de la plataforma electrónica SIPEC incorporó los módulos de Medio Ambiente y Seguridad (Desechos y EPP), con lo cual se mejorará el sistema integrado de fabricación de elementos combustibles y componentes para irradiación, consiguiendo un mayor control de los procesos y asegurando a su vez la trazabilidad del producto. Además se incorporó el módulo de costos no incluido en el alcance del proyecto.

· **Componentes para irradiación de materiales**

Durante 2016 se fabricaron 1020 cápsulas en la SCN y fueron despachadas 900 unidades para irradiación de materiales para el cliente interno Sección de Producción de Radioisótopos y Radiofármacos. La siguiente tabla resume los lotes de fabricación y el número de cápsulas aprobadas luego de las diferentes inspecciones.

RESUMEN FABRICACION CAPSULAS 2016		
Fecha Fabricación	Cantidad Cápsulas Aprobadas	Cantidad Cápsulas Fabricadas
Lote - 40 1/3/16 – 7/4/16	295	321
Lote - 41 30/5/16 – 4/7/16	337	357
Lote - 42 1/9/16 – 6/11/16	339	342
TOTALES	971	1020

Publicaciones

La generación de conocimiento con las actividades realizadas permitió publicar 1 artículo en revista con comité editorial, 1 libro en Editorial Académica Española y 3 artículos presentados en conferencias internacionales en el extranjero:

Título	Autores	Lugar/Revista	Año
NDT technique applied to direct measuring of thermal conductivity fuel miniplates	Luis Olivares, Jaime Lisboa, Jorge Marin Mario Barrera, Pablo Salinas	Conferencia RRFM 2017, Research Reactor Fuel Management, 13 al 17 Marzo 2016, Berlin, Alemania	2016
Evolución microestructural de una aleación de Al A356 con y sin reforzamiento de SiC sometida a molienda mecánica	Stella Ordoñez, Pedro Palominos, Francisco Martínez, Heydi Fernández, Oscar Bustos y Jaime Lisboa	Congreso CONAMET / SAM 2016, Córdoba, Argentina, 22 – 25 Noviembre 2016	2016
Atomization of UMo Particles under Nitrogen Atmosphere	Luis Olivares, Jaime Lisboa, Jorge Marin Mario Barrera, Alberto Navarrete	Revista World Journal of Science and Technology, 2016, 6, 43-52	2016
Fabrication of Nuclear Fuel Plates Using Friction Stir Welding – First Approach	Karem E. Tello, Luis Olivares, Carlos Gutierrez, Jaime Lisboa, Diego Mena	Conferencia Sociedad Americana de Soldadura AWS 2016 Professional Program and Fabtech Show 16-18 Noviembre, Las Vegas Nevada, EEUU.	2016
Aleación U-Mo: Análisis comparativo de técnicas de obtención de polvos	Luis Olivares, Jaime Lisboa, Jorge Marin	Libro en Editorial Académica Española, EAE	2016

Memoria de ingeniería

- Memoria del Sr. Edison Manríquez Alegría para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico, bajo el título “Caracterización Hidráulica del Elemento Combustible RECH-1 Mediante simulación numérica CFD”. Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Santiago de Chile.

- Etapa final de memoria del Sr. Ailton Ortega para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico, bajo el título “Desarrollo de Sistema de Determinación de Costos para la Fabricación de Combustibles Nucleares”. Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile”.

Capacitación

- Curso “Herramientas para el diseño y gestión de proyectos”, realizado por la PUC, en Santiago, entre los días 5 de octubre y 14 de noviembre de 2016.

SECCIÓN GEOLOGÍA Y MINERÍA

OBJETIVOS

- Establecer, incrementar y mantener una estimación geológica actualizada, del potencial de los Materiales Atómicos Naturales (MAN) y Materiales de Interés Nuclear (MIN) del país, para las consideraciones del Estado en las políticas nacionales.
- Desarrollar e investigar tecnologías destinadas a obtener, concentrar y purificar los Materiales Atómicos Naturales y Materiales de Interés Nuclear.

FUNCIONES

- Investigar el potencial geológico Uranífero del país.
- Desarrollar la metalurgia de los MAN tales como Uranio y Torio, de los MIN con énfasis en el Litio y los Elementos de Tierras Raras. Su recuperación como subproducto de procesos productivos, de forma segura tanto radiológica como industrialmente.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la prospección básica de pastas minerales y recuperación metalúrgica de elementos de interés económico presentes en minerales nacionales, poniendo énfasis en trabajos orientados al desarrollo tecnológico de procesos.

RESULTADOS RELEVANTES DE PROYECTOS Y LÍNEAS DE TRABAJO

• **Obtención de concentrados de torio - Estudio de procesos de precipitación de concentrados de torio:**

Este trabajo está orientado a la obtención de un compuesto de óxido de torio (ThO_2), desarrollo efectuado a nivel de laboratorio. Durante el año 2016, fue realizada una campaña de exploración y recuperación de muestras de minerales conteniendo torio, en base de rocas y sedimentos, en la III región de Chile, en sectores ubicados alrededor de Vallenar y Copiapó. El resultado de esta actividad fue la obtención de mineral conteniendo torio, con valores entre 115 - 215 $[\mu\text{g/g}]$, posteriormente este mineral fue lixiviado utilizando H_2SO_4 y HCl con recuperaciones de 64% y 84% respectivamente, las soluciones generadas fueron concentradas y purificadas, mediante extracción por solventes logrando extracciones del orden del 99% al utilizar extractantes catiónicos, finalmente mediante precipitación sin reducción y posterior calcinación lograr compuestos de torio tipo ThO_2 .

• **Desarrollo de tecnologías para obtener productos básicos de litio grado batería y litio metálico:**

La finalidad de esta actividad es iniciar estudios para desarrollar tecnologías destinadas a obtener productos básicos de litio grado batería tales como Li_2CO_3 , LiCl , $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ y en su estado metálico, a partir de salmueras nacionales. Para lograr este objetivo, fueron implementados equipamientos que apuntan a aplicar procesos tales como: intercambio iónico, extracción por solvente, precipitación, adsorción y electrodiálisis, a escala laboratorio. Además, de eliminar el magnesio en salmueras libres de boro mediante cristalización fraccionada.

• **Tratamiento de soluciones conteniendo uranio mediante ED – EDR:**

El objetivo de esta actividad, es aumentar la capacidad de carga de resinas de intercambio iónico, al eliminar el ion cloro, presente en soluciones ácidas provenientes de la lixiviación de minerales oxidados, mediante la aplicación de la técnica de electrodiálisis reactiva. Los resultados demostraron que tanto en el ánodo como en el cátodo, el incremento de la temperatura y del flujo de soluciones, disminuye el gasto energético. La mayor tasa de eliminación de ion cloro fue $0,032 \text{ (g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$, la cual fue obtenida con un flujo de 450 (mL/min); temperatura de 45°C ; área de traspaso de 50 cm^2 ; Densidad de corriente; $800 \text{ (A/m}^2)$. Realizar el tratamiento propuesto mediante la técnica de EDR para la solución de lixiviación permitió aumentar el contenido de U_3O_8

por litro de resina Dowex1 en un 435 %, Lewatit MP62 en un 385 % y Lewatit VC OP1065 en un 272%. Estos resultados permiten aumentar sustantivamente la capacidad de carga del ion uranilo en las resinas.

- **Adjudicación del Primer concurso de investigación tecnológica temático en minería**, ejecutado por FONDEF; con el proyecto *“Obtención de concentrados de Elementos de Tierras Raras, a partir de minerales prospectados en la III región de Chile, mediante la aplicación de procesos a escala piloto”*, con financiamiento FIC – Regional de la Región de Atacama y cuenta con la participación de académicos del Departamento de Ingeniería Química, de la Universidad de Santiago de Chile y el apoyo de la Empresa Nacional de Minería, ENAMI. La solución propuesta por CCHEN consiste en validar metodologías de los procesos hidrometalúrgicos desarrollados en la obtención de estos concentrados, a nivel laboratorio, para luego escalarlas a nivel piloto. La metodología está basada en procesos típicos hidrometalúrgicos, aplicados con el objetivo de obtener concentrados de óxidos de ETR, con leyes de alrededor de 90% de óxidos de ETR totales.

- **Participación de los Sres. Pedro A. Orrego Alfaro y José J. Hernández Torres en Hydroprocess 2016**, realizado en Santiago, Chile, entre el 15 y 17 de junio de 2016. El Sr. Hernández expuso el trabajo *“Production of yttrium concentrates from Chilean ores”*, de los autores Pedro Orrego Alfaro, José Hernández Torres y Javier Lizama Hernández.

PUBLICACIONES Y CAPACITACIÓN

- **Publicaciones en el extranjero:**

“Modelling operational parameters for uranium dioxide production reactor through uranium trioxide reaction using hydrogen”, de los autores Pedro Orrego Alfaro, José Hernández Torres y Jorge Manríquez Fica, en la revista científica *“World Journal of Nuclear Science and Technology, 2016, Vol. 6, N°3.*

- **Capacitación:**

Curso *“Herramientas para el diseño y gestión de proyectos”*, realizado por la PUC, en Santiago, entre los días 5 de octubre y 14 de noviembre de 2016.

DEPARTAMENTO DE PLASMA TERMONUCLEAR

Jefe del Departamento: José Moreno Martínez.

☎ 223646243

✉ jose.moreno@cchen.cl

OBJETIVO

El objetivo del Departamento de Plasma Termonuclear consiste en desarrollar la investigación de ciencia básica en física de plasma y fusión nuclear, fomentando la generación de conocimiento y la exploración de aplicaciones en áreas que resulten de beneficio a la sociedad, en el espectro más amplio posible.

FUNCIONES

Durante el año 2016 el Departamento de Plasma Termonuclear desarrolló las siguientes funciones:

- Desarrollar investigación científica básica, experimental y aplicada en el área de la física de plasmas, sus emisiones de partículas y radiación y sus efectos en materia inorgánica, orgánica y biológica, aplicación al estudio de nuevos materiales y nano materiales así como también aplicación problemas medioambientales.
- Desarrollar investigación en fusión nuclear.
- Formación capital humano avanzado y generación de capacidades nacionales, que sean coherentes con el desempeño de la Comisión.
- Generar y participar de redes de colaboración nacional e internacional.
- Comunicar los resultados de las investigaciones en foros internacionales y revistas internacionales especializadas.
- Desarrollar actividades de divulgación y difusión a público general tanto de las actividades e instalaciones como de los resultados obtenidos en el proceso de investigación.
- Asesorar a la autoridad institucional en su área de desempeño y proporcionar apoyo a entes internos y externos, según requerimiento.

LÍNEAS DE TRABAJO

El trabajo de investigación desarrollado en el DPTN, se puede resumir en las siguientes líneas de investigación:

- Plasmas Pulsados y Fusión Nuclear:
 - Dinámica, estabilidad y fusión nuclear en Z-Pinches.
 - Miniaturización y Escalamiento de dispositivos Plasma Focus.
 - Efecto de pulsos intensos de fusión sobre materiales.
 - Efecto de pulsos intensos de radiación en materia orgánica y biológica.
 - Procesamiento de materiales con plasmas.
 - Aplicaciones de radiaciones pulsadas a la biología y medicina.
- Plasmas continuos:
 - Desarrollo de antorchas de plasmas para exploración de aplicaciones en biología, medicina, materiales y medio ambiente.
- Desarrollo de técnicas de diagnósticos de plasmas:
 - Señales eléctricas.
 - Espectroscopia de plasmas.
 - Técnicas ópticas refractivas.
 - Detección de partículas y radiación.

AVANCES EN LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN REFLEJADOS EN PROYECTOS DEL DPTN

Proyecto: CONICYT Anillo ACT-1115 “Física de Plasmas, Potencia Pulsada y Biología Celular para Energía, Vida y Medioambiente” Anillo ACT-1115, Programa de Investigación Asociativa, CONICYT. Diciembre 2012-junio 2016.

Instituciones Participantes: CCHEN, Universidad de Chile, Universidad de Talca

Investigador Director: Leopoldo Soto Norambuena (CCHEN)

Investigadores: José Moreno (CCHEN), Cristian Pavez (CCHEN), Biswajit Bora (CCHEN), Gonzalo Avaria (CCHEN), María José Inestrosa Izurieta (CCHEN), Sergio Davis (CCHEN) Ricardo Armisen (Universidad de Chile), Katherine Marcelain (Universidad de Chile), Julio Tapia (Universidad de Chile), Gonzalo Gutiérrez (Universidad de Chile), Luis Huerta (Universidad de Talca), Carlos Friedli, Felipe González.

Estatus del Proyecto: Finalizado

Avances de año 2016

Durante el año 2016 se concluyó el proyecto Anillo que duró 3 años y medio. Este proyecto involucró la participación de investigadores de varias instituciones: a) grupo P4 del Departamento de Plasmas Termonucleares de la CCHEN y Laboratorio P4 de la U. de Talca, b) Grupo de Señalización de Células en Cáncer de la Facultad de Medicina, U. de Chile, c) Simulaciones computacionales, Grupo de Nano Materiales de la Universidad de Chile.

El plasma es un estado de la materia que dependiendo de su forma de generación experimental permite obtener un amplio rango de densidades y temperatura (10^{13} a 10^{26} partículas por metro cúbico y desde 10^{-1} a 10^4 eV). Además, dependiendo de las condiciones de generación, pueden producir campos eléctricos, campos magnéticos, rayos X, radiación UV, luz visible, radiación infrarroja, haces de iones, de electrones, neutrones, chorros de plasmas, ondas y ondas de choque. La forma más común de producir plasmas en un laboratorio es a través de descargas eléctricas, pudiendo ser éstas continuas o pulsadas. El objetivo de este proyecto es profundizar en la investigación realizada, tanto en física del plasma como en potencia pulsada, durante la última década en la Comisión Chilena de Energía Nuclear y en los últimos años en la U. de Talca (investigación básica y en aplicaciones). Se exploran determinadas aplicaciones relacionadas con la energía, materiales y el medio ambiente, y se desarrollan investigaciones que relacionen la biología y la medicina con los plasmas y la potencia pulsada.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- 1.- Profundizar en las investigaciones en z-pinch y descargas plasma focus, con énfasis en la caracterización del mecanismo de fusión nuclear (termonuclear y haz blanco) y en la caracterización de la emisión de iones, chorros de plasma y ondas de choque. Se incluye también la emisión intensa de radiación VUV emitida por descargas capilares transientes y diagnóstico espectroscópico.
- 2.- Continuar con el desarrollo de un dispositivo de plasma focus portátil para aplicaciones, aumentando su rendimiento.
- 3.- Estudiar los efectos en materiales bajo pulsos intensos de fusión (haces de iones, chorros de plasma, ondas de choque, ondas calientes, radiación) usando dispositivos de plasma focus y z-punch con diferentes energía almacenada y tasa de repetición.
- 4.- Realizar estudios experimentales usando el reciente laboratorio de potencia pulsada, montado en la U. de Talca, tanto para la fragmentación de rocas mediante la aplicación de pulsos eléctricos como para la industria minera vista como tecnología limpia y amigable con el medioambiente.

5.- Investigación sinérgica entre físicos y biólogos. Para estudiar los efectos de la radiación pulsada intensa y de corta duración (neutrones, rayos X y pulsos VUV con duración de tiempo de nanosegundos) en objetos biológicos y células. Estudiar los efectos de las interacciones entre el plasma en objetos biológicos y células. Para este objetivo es necesario desarrollar una caracterización exhaustiva de los efectos de plasma y/o radiaciones pulsadas de los plasmas sobre la muerte celular y sus mecanismos celulares y moleculares como un primer paso en su potencial uso médico. Esto incluye la caracterización de los parámetros físicos del plasma y la radiación involucrada.

6.- Formar estudiantes de Magister y Doctorado en ciencias naturales y aplicadas del Programa de Graduados de U. de Chile, U. de Concepción, Programa de Doctorado en Ciencias Aplicadas de la U. de Talca, Magister en Física de la U. Andrés Bello, Magister en Ingeniería de la Pontificia U. Católica de Chile. También se formarán estudiantes de pregrado en ciencias e ingeniería.

7.- Realizar actividades de difusión usando técnicas convencionales y actividades innovativas para público en general, sector industrial y actores políticos. Se usarán medios masivos y medios libres de comunicaciones como YouTube o equivalentes.

8.- Mejorar la colaboración internacional.

9.- Producir un trabajo multidisciplinario y sinérgico.

Todos los objetivos fueron abordados y alcanzados. Los resultados más relevantes alcanzados durante la ejecución del proyecto, fueron:

Resultados científicos: Se publicaron 40 artículos científicos en revistas indexadas: 23 en revistas ISI, 15 en revistas indexadas en SCOPUS, 2 artículos en otras bases de datos. Treinta presentaciones en conferencias y eventos científicos. Tres manuscritos enviados a publicar y 4 artículos en preparación.

Tesis y entrenamiento de estudiantes y científicos jóvenes: 4 estudiantes tesis de doctorado (1 terminada, 3 en curso), 6 estudiantes tesis de magister (5 terminadas, 1 en curso), 16 estudiantes de pregrado (6 graduados, 10 entrenados), 3 investigadores postdoctorales.

Colaboración internacional: Se realizaron colaboraciones con investigadores de 17 instituciones extranjeras.

Actividades de divulgación: Se trabajó con profesores y estudiantes de liceos y escuelas. Se organizó 2 exhibiciones científicas y se participó en la Exhibición científica de Santiago. Diecinueve conferencias de divulgación para estudiantes escolares y universitarios. Más de cien visitantes al Laboratorio de Plasmas y Fusión Nuclear de la CCHEN, entre estudiantes universitarios, profesores y autoridades de gobierno, el Ministro de Energía entre ellos. Veinte artículos de divulgación, reportajes, entrevistas de radio TV y otros medios para público general.

Se realizaron en período anterior, dos nuevos videos para el canal de YouTube "Ciencia Entretenida" con actores profesionales:

Capítulo 4: Radiaciones pulsadas para la vida y la Salud:

<https://www.youtube.com/watch?v=3jPVEvYG6lc>

Capítulo 5: Plasmas y potencia pulsada para materiales avanzados y fusión nuclear:

<https://www.youtube.com/watch?v=LfBMfNBAk88>

Las visitas de los videos Ciencia Entretenida, realizados en el transcurso del proyecto, superaron las 29.000 para el capítulo 4 y 21.000 para el capítulo 5. Además los 3 videos realizados previamente para este canal alcanzaron más de 13.000 visitas cada uno. El canal de YouTube "Ciencia Entretenida" acumula a la fecha unas 100.000 visitas:

Conexión con industrias: Trabajo de colaboración con la Corporación Nacional del Cobre, CODELCO

Proyecto: “Estudio de materiales para dispositivos de fusión inercial usando choques de plasmas producidos por un plasma focus de sobre mesa repetitivo”, Programa de Proyectos Coordinados CRP-OIEA, “Caminos hacia la Energía a partir de la Fusión Inercial: Materiales más allá de la Ignición”

Participantes: C. Pavez (investigador responsable), L. Soto (investigador responsable alterno), M. J. Inestrosa, S. Davis.

Estado: En ejecución

Avances del año 2016

El plasma focus (PF) es una fuente de plasmas densos, haces de iones, rayos x, pulsos de neutrones, choques de plasmas y jets supersónicos de plasma. El DPTN-CCHEN demostró que la interacción de los choques de plasmas producidos por PF's con materiales produce un daño equivalente en el material al que se espera en los experimentos de fusión inercial y fusión magnética. En este proyecto se estudia el efecto sobre materiales usando equipos plasma foco.

Durante el año 2016, la investigación estuvo concentrada en el estudio de materiales tales como tungsteno y tungsteno nano-estructurado en colaboración con investigadores del Instituto de Fusión Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid, España. L. Soto los visitó en dos oportunidades y un estudiante de España realizó una pasantía en el DPTN.

Proyecto: FONDECYT Regular 1151471 “Experimental Study of Singular Plasma Domains in Small Plasma Accelerators of Type Plasma Focus: Plasma Filaments”

Investigador: Dr. Cristian Pavez Morales

Co-Investigador: Dr. Leopoldo Soto Norambuena

Estatus del Proyecto: En ejecución

Avances del año 2016 (segundo año)

Los avances del proyecto para la etapa 2016 se pueden resumir en tres focos fundamentales:

1. Investigación: En esta línea se destacan la caracterización de la estructura del plasma en descarga plasma focus, en régimen con o sin electrodos de retorno, usando técnicas ópticas refractivas (Schlieren y Shadow). Desarrollo de algoritmos para de-convolución de señales eléctricas en sondas magnéticas que interactúan con la lámina de corriente. Diseño de sistema óptico multifuncional, basado en holografía digital para la caracterización de objetos transparentes. Implementación de técnica de deflectometría Moire, para caracterización de estructuras de plasmas por debajo del límite de resolución de la técnica de interferometría y finalmente un sistema interferométrico digital multicuadro usando un único sistema de registro digital.

2. Divulgación: Los tópicos antes mencionados condujeron a un trabajo especializado presentado en “Imaging and Applied Optics Congress”, organizado por La Sociedad de Óptica Americana (OSA), en el Topical Meeting: Digital Holography & 3-D Imaging, desarrollado en Heidelberg, Alemania. Un trabajo especializado presentado en el IEEE ICA/ACCA 2016, organizado por la Universidad de Talca. Y tres trabajos presentados en el Simposio Chileno de Física 2016, organizado por la Universidad Tecnológica Metropolitana.

3. Formación de estudiantes: En este periodo se dio término a la tesis de magister del Sr. José pedreros, cuyo aporte se centra en la implementación de técnicas de procesamiento digital de imágenes y holografía digital a diagnósticos ópticos refractivos de plasma. En el segundo semestre del 2016 se incorpora como estudiante el alumno Cristian Rojas, para realizar su trabajo de tesis en temas de investigación asociados al proyecto. Particularmente, su trabajo se centró en la elaboración de programas computacionales para el procesamiento de señales eléctricas de sondas magnéticas, con el fin de caracterizar el perfil de densidad de corriente en la lámina de plasma de una descarga plasma foco.

Proyecto: FONDECYT Regular 1140514 “First-Order Phase Transitions and Metastable States from the point of view of Computational Statistical Mechanics”

Investigador: Sergio Davis

Co-Investigador: Joaquín Peralta (Universidad Andres Bello)

Estatus del Proyecto: En ejecución

Avances del año 2016

Durante el presente año, en el marco del proyecto FONDECYT Regular 1140514, el Dr. Sergio Davis ha desarrollado investigación en Física teórica, principalmente en fundamentos de la Termodinámica fuera del equilibrio y en nuevas técnicas computacionales para simulación de materiales.

En colaboración con el alumno Diego González Díaz, quien realiza su tesis de doctorado en DPTN, CCHEN en conjunto con la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, durante el 2016 se han planteado nuevos temas de investigación en CCHEN tales como nuevos métodos de simulación Monte Carlo para plasmas y otros sistemas dinámicos, inferencia estadística aplicada al análisis de señales eléctricas, y aplicaciones de principios fundamentales como el principio de máxima entropía al estudio de sistemas dependientes del tiempo.

Proyecto: CONICYT Inserción 79130026 “Generación y Caracterización de Nanoestructuras Obtenidas en Descargas de Tipo Plasma Focus”

Investigador: Dra. María José Inestrosa Izurieta

Patrocinante: Dr. Leopoldo Soto Norambuena

Estatus: Finalizado

Avances del año 2016

Durante el tercer y último año de ejecución del proyecto se realizaron diversas actividades que permitieron alcanzar los objetivos originales del mismo. Entre estos avances, se destaca principalmente la demostración de la posibilidad de generar nuevos materiales de alto impacto a bajo costo, lo que exhibe la necesidad de dar continuidad a los estudios de depósitos por medio de descargas de tipo plasma focus de ultra baja potencia. Entre ellos, se expuso la capacidad de los equipos existentes en el DPTN para realizar depósitos de carbono tipo diamante (DLC), material considerado fundamental dada su amplia variedad de aplicaciones tecnológicas. Además, tras la complementación del trabajo acerca de depósitos de titanio, se observó la posibilidad de estudiar la generación de capas similares a las espumas de titanio, nuevo material considerado de gran importancia para el futuro, sobre todo por sus aplicaciones médicas. Así también, en el ámbito más directamente asociado a la generación de conocimiento, con el apoyo del Dr. Gonzalo Avaria se realizaron

medidas espectroscópicas de las descargas al momento de los depósitos, lo que permite realizar una nueva evaluación y complemento acerca de la evolución de la descarga en presencia de materiales (ionizados, plasma), sus fuentes y efectos.

Proyecto: FONDECYT Iniciación 11130048 “Development, characterizations and optimizations of atmospheric pressure non-thermal plasma torches for biomedical and material science researches”

Investigador: Dr. Biswajit Bora

Estatus: En ejecución

Avances del año 2016

Durante el año 2016 realizaron los siguientes avances de dicho proyecto:

1. Creación de la antorcha de plasma AC / RF de presión atmosférica no térmica y desarrollo de Antorcha de plasma de doble frecuencia AC / RF.
2. Caracterización de la antorcha de plasma de doble frecuencia AC / RF por medio de descargas eléctricas, espectroscopia de emisión óptica y de imágenes para comprender el mecanismo de la antorcha de plasma de doble frecuencia.
3. Investigación numérica sobre la fuente de plasma RF de frecuencia atmosférica de doble frecuencia por modelo global no lineal.
4. Estudios sobre aplicaciones biomédicas y de ciencia de materiales de antorchas de plasma de presión atmosférica y dinámica no lineal de chorros de plasma a presión atmosférica.

La antorcha de plasma fue diseñada, construida, instalada y operada con éxito. Se ha realizado su caracterización preliminar. También se ha avanzado en las caracterizaciones más detalladas de la antorcha, las cuales continuarán hasta finales del 2017. Se ha completado el modelo numérico para describir la antorcha de plasma y se han realizado algunos estudios computacionales. Los resultados de las caracterizaciones junto con los resultados numéricos serán utilizados para rediseñar una antorcha de plasma optimizada en aplicaciones en la investigación biomédica y en ciencia de materiales. Para estudiar la viabilidad de la aguja de plasma en la inactivación de bacterias, se han realizado dos experimentos. Uno es para el tratamiento de bacterias/microorganismos, dicho experimento se realizó en agua colectada de un bebedor de caninos y el otro es en las bacterias Nova Blue. Los resultados muestran una considerable efectividad de la utilización del plasma en la inactivación de bacterias/microorganismos.

Proyecto: Proyecto CCHEN 648, “Antorcha plasma tratamiento residuos hospitalarios”

Detalle de Proyecto: Proyecto 648, Instalación Eléctrica Tri-fásica y de refrigeración para fuente de alto voltaje para la antorcha de plasma.

Investigador: Dr. Biswajit Bora

Estatus: En ejecución

Avances del año 2016

Durante el año 2016 del proyecto se realizó el diseño, construcción e instalación del sistema de refrigeración de agua y la instalación Trifásica de la conexión de energía eléctrica han sido completadas. La antorcha térmica de plasma, que fue diseñada anteriormente, fue instalada con éxito y se encuentra funcionamiento. Se instalaron y se encuentra en funcionamiento los medidores de caudal de agua (15 unidades), sensores de

temperatura (16 unidades de PT 100) para la caracterización y control del funcionamiento de la antorcha de plasma. Se ha generado un chorro de plasma térmico con argón como gas operativo. Actualmente se están realizando más trabajos para caracterizar el chorro de plasma por espectroscopia de emisión óptica.

ARTÍCULOS PUBLICADOS DURANTE EL 2016

- "Temporal Variation of the Current Sheet Inductance form PACO Plasma Focus Device" M.O. Barbaglia, M. Milanese, L. Soto, A. Clause, J. Moreno, C. Pavez, C. Moreno, Journal of Fusion Energy, Vol. 35, Issue 3.
- "Melting Curve of SiO₂ at Multimegabar Pressures: Implications for Gas Giants and Super-Earths" F. González, S. Davis, G. Gutiérrez, Nature: Scientific Reports Scientific Reports 6, Article number: 26537.
- "Continuity Equation for Probability as a Requirement of Inference Over Paths" D. González, D. Díaz, S. Davis European Physical Journal B 89, 214 (2016)
- "Ensemble-free configurational temperature for spin systems" G. Palma, G. Gutiérrez, S. Davis, Phys. Rev. E 94, 062113.
- "Dynamic Characteristics of X-pinch Experiments Conducted in a Small Capacitive Generator: Refractive Optical Observations" A. Sepúlveda, C. Pavez, J. Pedreros, G. Avaria, P. San Martín, L. Soto, Journal of Physics: Conference Series Vol. 720, conference 1
- "Development of plasma needle to be used for biomedical applications " B. Bora, J. Jain, M. J. Inestrosa-Izurieta, G. Avaria, J. Moreno, C. Pavez, K. Marcelain, R. Armisen, L. Soto., Journal of Physics: Conference Series, Vol. 720, conference 1.
- "Ion beam measurement using Rogowski coils in a hundred of joules dense plasma focus device" J. Jain, J. Moreno, C. Pavez, B. Bora, M. J. Inestrosa-Izurieta, G. Avaria, L. Soto. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 720, conference 1.
- "Characterization of x-rays pulses from a hundred joules plasma focus to study its effects on cancer cells" J. Jain, J. Moreno, G. Avaria, C. Pavez, B. Bora, M. J. Inestrosa-Izurieta, D. Diez, O. Alvarez, J. Tapia, K. Marcelain, R. Armisen, L. Soto. Journal of Physics: Conference Series Vol. 720, conference 1.
- "Deposition of materials using a plasma focus of tens of joules" M. J. Inestrosa-Izurieta, P. Jauregui, L. Soto. Journal of Physics: Conference Series Vol. 720, conference 1.
- "Non university sources of science in Chile" L. Soto Journal of Physics: Conference Series Vol. 720, conference 1.

Avances y resultados de la participación en iniciativas de cooperación nacionales e internacionales y descripción del rol que en ellos desempeña la CCHEN.

Iniciativas de Cooperación Nacional:

A nivel nacional, en el marco de los proyectos en ejecución se han realizados y mantenido colaboraciones nacionales con los investigadores: Gonzalo Gutiérrez (Facultad de Ciencias Universidad de Chile), Katherine Marcelain, Ricardo Armisen y Julio Tapia (Facultad de Medicina, Universidad de Chile), Guillermo Palma (Universidad de Santiago), Joaquín Peralta (Universidad Andres Bello), Luis Huerta (Universidad de Talca), Julio Vergara (Pontificia Universidad Católica de Chile).

Iniciativas de Cooperación Internacional:

Las relaciones de cooperación con el grupo del Prof. Jorge Rocca, Distinguished Professor del Department of Electrical and Computer Engineering, y Director del NSF Engineering Research Center for Extreme Ultraviolet

Science and Technology, Colorado State University, se han mantenido activas durante el 2016. Durante ese año se ha realizado la revisión y complemento de los comentarios hechos por los árbitros de la revista *Physical Review E*, respecto al paper titulado “*Anomalous He-like ion intercombination-to-resonance line intensity ratios in high aspect ratio microcapillary discharge plasma columns*”, el que se ha realizado en el marco de la cooperación entre el Prof. Rocca y el Dr. Gonzalo Avaria del Departamento de Plasma Termonuclear. Adicionalmente se ha discutido la postulación conjunta de ambos grupos a fuentes de financiamiento de investigación. Actualmente un alumno de Ingeniería Civil Eléctrica de la Universidad Mayor (Sr. Adolfo Sepúlveda) quien se encuentra realizando su tesis de grado en el Departamento de Plasma Termonuclear, está realizando los trámites necesarios para postular al programa de Doctorado en Ingeniería bajo la tutela del Prof. Rocca.

· Durante el año 2016 continuaron los vínculos de colaboración generados anteriormente entre los investigadores del DPTN el Departamento de Materiales del Instituto de Fusión Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España. El objetivo de esta colaboración es estudiar el efecto de los frentes de plasma, emulados a partir de descargas pulsadas tipo plasma focus, sobre diversos materiales de gran relevancia en dispositivos de fusión nuclear como el ITER, para el caso de confinamiento magnético, y el NIF, para el caso de confinamiento inercial. Esta colaboración permitió, durante el 2016, una segunda pasantía del Sr. Miguel Panizo Laiz en las dependencias del DPTN, a cargo de la Dra. María José Inestrosa y con una extensión de un mes, previo a la preparación y presentación de su tesis doctoral en Ciencias y Tecnología Nuclear de la UPM en España. Durante su estadía se realizaron diversos experimentos coordinados previamente y así, durante el año, se fueron realizando algunas de las caracterizaciones posteriores necesarias para la comprensión de los efectos obtenidos. Esta cooperación continuará durante el año 2017 con el intercambio de informes interpretativos y generación de conclusiones que den paso a la publicación de artículos y programación de las tareas atingentes para dar continuidad a esta línea de trabajo.

· Durante el año 2016, y en base a la incorporación al DPTN del Dr. Sergio Davis, se crearon nuevos lazos de cooperación científica entre el Departamento de Física de la Universidad de Albany, New York, USA, cuyo representante es el Dr. Ariel Caticha, Full Profesor de dicha Universidad, y el DPTN/CCHEN. Dicha colaboración se basa en el desarrollo de teorías dinámicas para el plasma fuera del equilibrio termodinámico, en condiciones que pueden ser estudiadas experimentalmente en los dispositivos plasma focus que posee el DPTN. Adicionalmente a través del contacto con el Dr. Caticha se está coordinando una posible colaboración con el grupo del Dr. Udo von Toussaint en Max-Planck Institute for Plasma Physics, Garching, Alemania, quienes realizan simulaciones computacionales del plasma y su interacción con materiales en reactores de fusión.

· En el marco del proyecto Anillo ACT-1115, durante el año 2016 contamos con las visitas del Sr. Horacio Bruzzone, quien forma parte de la Universidad Mar del Plata, Argentina, y el Sr. Alejandro Clause, miembro de la Comisión de Energía Atómica de Argentina y Universidad del Centro, Tandil Argentina. El Sr. Bruzzone y el Sr. Clause han mantenido las relaciones de colaboración con el DPTN/CCHEN y se espera continuar con dichas relaciones durante el 2017.

Actividades de Capacitación, Seminarios, Congresos, Simposios u otras instancias de Difusión

· Entre los días 12 al 15 de enero de 2016, el Sr. Leopoldo Soto participó en la “*3rd and final RCM of the CRP on Investigations on Materials Under High Repetition and Intense Fusion Pulses*” en la ciudad de Viena, Austria. Dicha actividad auspiciada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), consistió en la reunión final de los proyectos coordinados de investigación de dicho organismo, sobre materiales para reactores de fusión nuclear. Durante el año 2012 el DPTN-CCHEN se adjudicó uno de estos proyectos. En esta reunión el Sr. Leopoldo Soto responsable científico de uno de estos proyectos presentó los resultados

obtenidos en la CCHEN sobre materiales sometidos a pulsos intensos de fusión producidos por los equipos plasma focus pequeños diseñados y construidos en la CCHEN. Además participó junto a otros investigadores internacionales en la redacción del informe técnico final de la colaboración.

· Durante el mes de febrero de 2016, el Sr. Leopoldo Soto, participó en la “1st RCM for the CRP Pathways to Energy from Inertial Fusion: Materials beyond ignition”, actividad auspiciada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la cual correspondió a la primera reunión de los proyectos coordinados de investigación del OIEA sobre materiales para experimentos de confinamiento inercial para reactores de fusión nuclear. En diciembre de 2015 el DPTN-CCHEN se adjudicó uno de estos proyectos los que son el paso siguiente de los proyectos coordinados de investigación del OIEA sobre materiales para fusión nuclear. En dicha oportunidad Don Leopoldo Soto presentó, ante los otros miembros internacionales de los proyectos coordinados, las capacidades de la CCHEN para el estudio de materiales sometidos a pulsos intensos de fusión producidos por los equipos plasma focus pequeños diseñados y construidos en la CCHEN. También participó junto a los otros investigadores internacionales en la redacción del informe técnico inicial de la colaboración.

· En el mes de mayo de 2016, se realizó el taller de finalización del Proyecto CONICYT Anillo ACT-1115, cuyo director es Leopoldo Soto. A este taller asistieron todos los miembros del Departamento de Plasma Termonuclear, junto con los estudiantes de pregrado Nelson Villalba, Derik Niñosles, Daniel Zanelli, Maximiliano Zorondo, Mario Castro y Adolfo Sepúlveda, los alumnos de doctorado, Jalaj Jain y Diego Gonzalez, finalmente los investigadores asistentes, Diana Morales y José Pedreros. Desde la contraparte de este proyecto, del Programa de Genética Humana, ICBM, de la Facultad Medicina de la Universidad de Chile, asistió la Dra. Katherine Marcelain, junto al alumno Rodrigo Andaur y la técnico del laboratorio Daniela Diez. También contamos con la presencia del Dr. Luis Huerta Torchio quien es Profesor Asociado del Departamento de Ciencias Aplicadas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca, Ricardo Armisen, Jefe de Investigación en la empresa Pfizer Chile, Dr. Gonzalo Gutiérrez y Felipe Gonzalez, ambos del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, Germán Miño, Doctor en Bioquímica de la Universidad de Chile y finalmente Luis Altamirano consultor externo. En este taller se mostraron los resultados obtenidos de dicho proyecto, se analizaron las líneas de investigación y se acordaron nuevos trabajos de colaboración con cada uno de los participantes del proyecto, dando fin de esta manera a un proyecto de tres años.

· Entre el 10 y el 15 de julio de 2016, Sergio Davis (Investigador DPTN), Diego González (estudiante doctorado U. Chile) y Humberto Loguercio (estudiante de Magíster P.U.C.) asistieron a la conferencia MaxEnt 2016 (36th International Workshop on Bayesian Inference and Maximum Entropy methods in Science and Engineering), en la ciudad de Gante, Bélgica, donde presentaron 3 charlas, relacionadas con los fundamentos de la teoría de probabilidad y aplicaciones de técnicas de inferencia y estadística a procesos fuera del equilibrio termodinámico. Además de la positiva acogida que tuvieron dichas presentaciones, la asistencia a esta conferencia consolida nuestra presencia como representantes latinoamericanos en el área de probabilidad bayesiana y métodos de máxima entropía, y nos ha permitido establecer nuevas colaboraciones con grupos de física de plasmas y fusión nuclear en dispositivos del tipo tokamak y stellarator.

· Entre los días de 25 al 28 de agosto de 2016, el investigador Cristian Pavez participó en la conferencia internacional organizada por la Optical Society (OSA), titulada “Imaging and Applied Optics Congress”. El congreso fue el espacio ideal para conocer los últimos avances en el área de óptica aplicada, holografía digital e imagenología, áreas fundamentales para el desarrollo tecnológico de la microscopía moderna de alta resolución. Por otra parte, el trabajo presentado por el Dr. Cristian Pavez, titulado “*Digital Image Processing and Digital Holography in Optical Diagnostics of Plasmas*”, despertó un particular interés en la asistencia porque de los trabajos presentados en los tópicos de diagnósticos de plasmas y holografía digital, fue el único

que utiliza la holografía digital para una caracterización amplia del frente de onda dispersado por un objeto de fase (como los plasmas), es decir que además de obtener el cambio de fase sufrido por un haz de prueba, es capaz de obtener información de técnicas complementarias como lo son la Shadowgrafía y la técnica Schlieren, utilizando el mismo registro holográfico.

· Entre el 5 y 9 de septiembre de 2016, la profesional de soporte en administración y gestión del DPTN, Srta. Pamela Quintuprai, ingeniera comercial, participó “Joint ICTP/IAEA School on Nuclear Knowledge Management” en el International Center for Theoretical Physics” en Trieste, Italia

· El día 5 de octubre de 2016, los investigadores del DPTN fueron invitados a participar como charlistas y jurado en la “IV Feria Científica Interescolar Pascalle Aravena” del Colegio Antihue, de la comuna de la Florida. En dicha feria científica participaron alumnos de enseñanza básica y media de dicho colegio. En esta oportunidad los investigadores del DPTN José Moreno y Leopoldo Soto, dictaron las charlas “Grandes Principios para Grandes Desafíos” y “Cómo Hacer un Sol en la Tierra, Pequeños Experimentos para Estudiar Grandes Problemas”, respectivamente, y además participaron junto a los investigadores Gonzalo Avaria y Cristian Pavez como jurado de dicha actividad.

· Entre los días 30 de noviembre y 2 de diciembre de 2016 se realizó el “XX Simposio Chileno de Física, SOCHIFI 2016” en esta oportunidad todos los miembros del DPTN participaron, desde la logística o como participantes de los eventos que se realizaron en torno al Simposio. Cabe destacar el caso de la Profesional de Soporte Pamela Quintuprai, quien participó como Coordinadora Ejecutiva del Evento y el técnico mecánico Marcelo Vásquez como Apoyo Logístico. Los investigadores del DPTN participaron representando al DPTN-CCHEN mediante la presentación de posters y charlas los cuales detallo a continuación:

o Serie de Posters:

§ María José Inestroza Izurieta, **“Deposition of diamond-like carbon using an ultralow-energy plasma focus device”**

§ José Moreno Martínez, **“Study of a Plasma Needle as Bactericidal”**

§ Gonzalo Avaria Saavedra, **“Visible spectroscopy of the axial phase in plasma focus discharge of hundreds of joules”**

§ Adolfo Sepúlveda, **“Characterization of a plasma focus discharge under different regimes of input power density”**

o Serie de Charlas:

§ Sergio Davis Irrázabal, **“Implications of Superstatistics For stationary plasmas”**

§ Diego González Díaz, **“Foundations of the Mathematical Structure of Non-Equilibrium Statistical Mechanics”**

§ José Pedreros, **“Three-frame Digital Interferometry Using a Single Digital Record System”**

§ Cristian Pavez, **“Holografía digital aplicada diagnósticos refractivos de plasmas pulsados”**

§ Biswajit Bora, **“Effects of frequency ratio on the controlling the dc-self bias in dual frequency capacitively coupled radio frequency plasma”**

§ Jalaj Jain, **“Prediction of electron energies via x-rays in a hundreds of joule plasma focus device: MeV electrons production”**

§ Leopoldo Soto, **"El Reconocimiento que los Científicos Esperan y Reciben en Chile"**.

Durante el transcurso del año 2016 desde el DPTN se realizaron una serie de charlas, talleres y/o seminarios que forman parte del programa de difusión científica y tecnológica del DPTN, dicho programa está a cargo del investigador Dr. Gonzalo Avaria, quien coordinó y organizó dichas charlas las cuales son dirigidas tanto para la comunidad CCHEN, como para el público en general. A continuación se listan las charlas realizadas durante el año 2016:

- o 24 y 31 de marzo, 7 y 21 de abril de 2016, taller introductorio al **"Lenguaje de Programación Python"**, dictado por Dr. Sergio Davis, Investigador Departamento de Plasma Termonuclear, CCHEN.
- o 16 de junio de 2016, charla **"Aplicaciones del Principio de Máxima Entropía: Cómo crear modelos predictivos"** dictada por el alumno Tesista de Doctorado de Física de la Universidad de Chile, Diego Gonzalez.
- o 30 de junio de 2016, charla: **"Movilidad basada en Sistemas Híbridos de Hidrógeno (Mobility based on Hybrid Hydrogen Systems)"**. Dictada por el Sr. Ignacio Galindo, Presidente y Fundador de la compañía ALSET GmbH.
- o 19 de julio de 2016, **"Desarrollo de tungsteno nano estructurado para aplicaciones de primera pared en reactores de fusión nuclear"**, dictada por alumno de doctorado de la Universidad Politécnica de Madrid Sr. Miguel Panizo
- o 4 de agosto de 2016, charla **"Genes en la comida - Una breve historia de la alimentación humana"**, dictada por el Dr. Gabriel León, director del Centro para la Comunicación de la Ciencia, Vicerrectoría de Investigación y Doctorado, Universidad Andrés Bello
- o 23 de agosto, charla **"Melting curve of SiO₂ at multimegabar pressures: implications for gas giants and super-Earths"** dictada por Dr. Felipe Gonzalez Cataldo, Doctor en Física de la Universidad de Chile.
- o 25 de agosto, charla **"Proteínas como indicadores de daño oxidativos"**, dictada por la Dra. Andrea Rivas, del Laboratorio de Radiobiología Molecular y Celular, Departamento de Aplicaciones Nucleares de la CCHEN.
- o 8 de septiembre de 2016, charla **"Ciencia nuclear en la agricultura, un valor para el país"** dictada por la Dra. Adriana Nario, jefa de la Sección Agricultura de la CCHEN.
- o 22 de septiembre de 2016, charla **"Probabilidad, información, entropía y sus consecuencias para la estructura de las teorías físicas"** dictada por el Dr. Sergio Davis, Investigador Departamento de Plasma Termonuclear, CCHEN.
- o 13 de octubre de 2016, charla **"Efectos retardados de la radiación"** dictada por la Dra. Rosa Bryant, médico cirujano, Sección Radiomedicina, Depto. de Producción y Servicios CCHEN.
- o 3 de noviembre de 2016, charla **"Las preguntas pendientes en astronomía y los telescopios de nueva generación en Chile"** dictada por Dr. Gaspar Galaz, director del Instituto de Astrofísica de la Facultad de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- o 17 de noviembre de 2016, charla **"Chile país sísmico: contexto tectónico y cómo se realiza el monitoreo a nivel nacional"**, dictada por Sr. Sergio Barrientos, Director del Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile.

DIVISIÓN PERSONAS

Jefe (S) de la División: Alfredo Cerda Paredes (24 de marzo-26 diciembre de 2016)
Mario Correa Neira (desde 26 de diciembre de 2016)

☎ 224702597

✉ mario.correa@cchen.cl

FUNCIONES

Las funciones principales de la División Personas son:

- En el Marco del Plan Trienal de Buenas Prácticas Laborales (BPL)
 - Continuar la implementación del Instructivo Presidencial de BPL.
 - Promover y desarrollar las BPL, facilitando la difusión y sensibilización en materias sobre prevención del maltrato, acoso laboral y sexual.
 - Contribuir a la calidad de vida laboral de los/las funcionarios/as, proporcionándoles asistencia social, económica y otros beneficios que se orienten a una atención integral. Tales como la ampliación del horario flexible y capacitaciones en horario laboral. Se destaca también el protocolo de Conciliación, que igualó, tanto para funcionarios hombres como mujeres, los beneficios del jardín infantil.
 - Mejora continua de la gestión en materia de Reclutamiento, Selección y proceso de Egreso.
 - Rediseñar las Políticas de Evaluación del Desempeño y de la Gestión de Personas.
 - Aplicación del Cuestionario ISTAS21 y publicación de sus resultados. Dicho instrumento busca medir los riesgos psicosociales en el trabajo.
- Promover y desarrollar las interacciones y desarrollo de trabajos e iniciativas del personal, por medio de una comunicación interna transversal a la organización.
- Asesorar a la Dirección Ejecutiva y a las jefaturas de la Institución, en materias relativas a la gestión de personas.
- Supervisar y controlar la gestión de los procesos administrativos asociados al ciclo de vida funcionaria.
- Supervisar y controlar la gestión presupuestaria asociada a la contratación de personas con criterios de probidad, transparencia y efectividad.
- Supervisar y controlar el proceso de remuneraciones y el proceso contable del Servicio de Bienestar.
- Promover políticas en materia de gestión del conocimiento, plan de traslape para optimizar el desempeño actual, planificar el relevo generacional y desarrollar la retención del talento.
- Promover el diálogo con la asociación de funcionarios privilegiando los acuerdos y tendiendo hacia una permanente colaboración entre éstos y los niveles directivos de la institución.
- Formar parte del Consejo Administrativo de Bienestar y del Comité Bipartito de Capacitación orientando las decisiones al desarrollo de políticas específicas que permitan optimizar la aplicación de los beneficios funcionarios y los recursos presupuestarios asignados para estos fines.
- Supervisar y controlar la Gestión Documental, en cuanto a registros, procedimientos y trámites administrativos actualizados del personal CCHEN.

RESULTADOS RELEVANTES DEL PERIODO

De los resultados vinculados a procesos se destaca:

- La Dotación a fines del periodo fue de 321 funcionarios, alcanzando un 96,4% de la dotación autorizada de 333 personas.
- El proceso de reclutamiento y selección, permitió cubrir las vacantes solicitadas que quedaron disponibles, alcanzando un 67% de incorporación por portal empleos públicos, y 33 % de las vacantes fue contratada a discreción de la autoridad. Respecto de género el año 2016 ingresaron 56 % de mujeres y 44 % de hombres. Se cumplió con el proceso de inducción aplicado a todos los ingresos.
- En términos de formación, entrenamiento y actualización de conocimientos, la implementación del plan anual de capacitación logró un ejecutable del 98,50 %. El presupuesto de capacitación fue de \$48.961.000.
- Se capacitaron 169 funcionarios/as respecto de la dotación efectiva de 321, correspondiente al 53 %.
- El promedio anual de horas destinadas a capacitación por cada funcionario capacitado fue de 30 horas.

DIVISIÓN SEGURIDAD NUCLEAR Y RADIOLÓGICA

Jefe (S) de la División: Héctor Basáez Pizarro (2016)
Mauricio Lichtemberg Villarroel (2017)

☎ 223646529

✉ mauricio.lichtemberg@cchen.cl

OBJETIVO

La División de Seguridad Nuclear y Radiológica (DSNR) tiene como misión velar por el cumplimiento de las exigencias nacionales e internacionales en materia de seguridad tecnológica, seguridad física y de salvaguardia de las instalaciones nucleares y radiactivas, con el objetivo de prevenir los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes sobre las personas y el medio ambiente

La DSNR en el cumplimiento de su misión debe desarrollar las siguientes actividades:

Supervisar, controlar y fiscalizar las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear que se desarrollan en el territorio nacional. Lo que se traduce en:

- Desarrollar propuestas normativas que regulen el emplazamiento, diseño, construcción, suministro, puesta en marcha, operación y cierre de las instalaciones nucleares y radiactivas, así como de sus actividades afines, incluyendo ciclo de combustible y gestión de desechos radiactivos.
- Garantizar que las instalaciones nucleares y radiactivas y las entidades de servicios son sometidas a un proceso de evaluación independiente y satisfacen requerimientos de seguridad preestablecidos.
- Verificar la competencia en protección radiológica y seguridad nuclear, de acuerdo a la normativa vigente, del personal que opera tanto las instalaciones nucleares como las radiactivas.
- Verificar las condiciones de seguridad de instalaciones nucleares y radiactivas manteniendo las condiciones autorizadas de operación.

Descripción de la Estructura Orgánica

Mediante Acuerdo de Consejo N°2174/2016, del 4 de marzo de 2016, el Consejo Directivo modificó la Estructura Orgánica de la CCHEN; y según Resolución Exenta N° 274/2016, del 29 de marzo de 2016, se aprueba el cargo de Jefe de División Seguridad Nuclear y Radiológica. A partir del 15 de diciembre de 2016 y según Memorandum Direj N° 258/2016, se designa al Sr. Cristián Sepúlveda S. como Jefe Subrogante de la División Seguridad Nuclear y Radiológica.

La División de Seguridad Nuclear y Radiológica tiene como propósito apoyar a la Comisión en proponer la regulación, autorizar, fiscalizar y sancionar en materias relacionadas con las actividades nucleares y radiológicas de primera categoría en el país.

Para cumplir con sus objetivos, la División Seguridad Nuclear y Radiológica tendrá bajo su dependencia las secciones: Regulación y Evaluación y Fiscalización.

SECCIÓN REGULACIÓN

- Su función central es proponer, para aprobación por la autoridad institucional, los textos legales, disposiciones reglamentarias, normativas y guías técnicas sobre la seguridad nuclear, radiológica, física, salvaguardias y desempeño del personal asociado a instalaciones nucleares y fuentes de radiación ionizante de su competencia.

SECCIÓN EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN

Para el ejercicio de sus funciones de supervisión debe:

- Establecer criterios de seguridad que permitan reducir, a niveles aceptables, los riesgos potenciales de las radiaciones, y desarrollar las técnicas de análisis y evaluación de los citados riesgos y sus correspondientes criterios de aceptación.
- Evaluar las solicitudes para el emplazamiento, construcción, puesta en servicio, operación, cierre, desmantelamiento u otra actividad pertinente a las instalaciones nucleares y radiactivas de primera categoría y proponer las autorizaciones respectivas, a la autoridad institucional.
- Evaluar las solicitudes de autorizaciones para la importación, exportación, transporte y transferencia de sustancias nucleares y materiales radiactivos y proponer las autorizaciones respectivas, a la autoridad institucional.
- Evaluar las solicitudes para el desempeño de personal que opere en las instalaciones nucleares y radiactivas de primera categoría y proponer las autorizaciones respectivas a la autoridad institucional.

Para el ejercicio de sus funciones de fiscalización debe:

- Verificar el cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y normativas sobre seguridad tecnológica, física y salvaguardias, establecidas como límites y condiciones de operación en las autorizaciones emitidas para cada práctica nuclear y radiactiva de primera categoría que opere en el país.

RESULTADOS RELEVANTES DEL PERÍODO

Regulación

Durante el año 2016 se elaboraron las siguientes proposiciones de documentos Normativos:

1. Contenido del Manual de Protección Radiológica para Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría:

El objeto de esta Norma de Seguridad, NS-GGDL-11.0, es el de establecer las materias que deberá contener el Manual de Protección Radiológica para Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría, que se habrá de presentar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

2. Formato de Documentos de Seguridad de Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría:

El objeto de esta Norma de Seguridad, NS-GEED-02.0, es establecer el formato que deberá emplearse en la preparación de documentos normativos de aplicación nacional relacionados con la seguridad nuclear, la seguridad radiológica o la seguridad física de instalaciones nucleares o de instalaciones radiactivas de competencia de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

3. Guía del proceso fiscalizador y del sumario a instalaciones radiactivas de primera categoría, publicado en extracto en el diario oficial del 25 de agosto de 2016.

El propósito de esta guía es orientar acerca de la fiscalización nuclear y radiológica; de las facultades de la CCHEN para adoptar medidas tendientes a preservar la seguridad radiológica y física de las instalaciones nucleares y radiactivas y de las facultades de ésta para aplicar sanciones administrativas.

4. Propuesta de decreto supremo para “Reglamento de Protección Física de los Materiales Radiactivos de uso en Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría”, el cual se encuentra en evaluación en el Ministerio de Energía, para su posteriormente someterlo a consulta pública e implementación definitiva.

Esta propuesta de reglamento establece las normas sobre protección física de los materiales radiactivos de uso en instalaciones radiactivas de primera categoría, reguladas por la Comisión Chilena de Energía Nuclear y complementa el decreto N°87 de 1984 del Ministerio de Energía.

En el año 2016 se elaboraron las siguientes circulares:

1. Circular 01/2016: Del Proceso Fiscalizador y del Sumario a Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría, publicada en el Diario Oficial el 25 de Agosto de 2016.
2. Circular 02/2016: Informa acerca de las Autorizaciones de Desempeño y de la Autorización Especial otorgada por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, publicada en el Diario Oficial el 24 de Septiembre de 2016.
3. Circular 03/2016: Norma sobre Autorización Especial para trabajar en Instalaciones Radiactivas, publicada en el Diario Oficial el 4 de Octubre de 2016.

Durante el año 2016 se realizaron inspecciones del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares a cuatro instalaciones CCHEN: Laboratorio de Conversión, Reactor Nuclear Lo Aguirre (RECH2), Planta de Elementos Combustibles y Reactor Nuclear La Reina (RECH1).

Se concluyó que los materiales nucleares, guardados y comprobados en los diferentes puntos de control, se encuentran en total concordancia con los registros de inventario del Sistema Nacional de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (SNCCMN), dichos puntos de control de materiales nucleares cuenta con las medidas de seguridad necesarias para su protección.

Fiscalización

En el ámbito de las Fiscalizaciones, durante el año 2016, se efectuaron 263 fiscalizaciones a instituciones con instalaciones radiactivas de primera categoría a nivel nacional, que considera instalaciones CCHEN e instalaciones externas médicas e industriales.

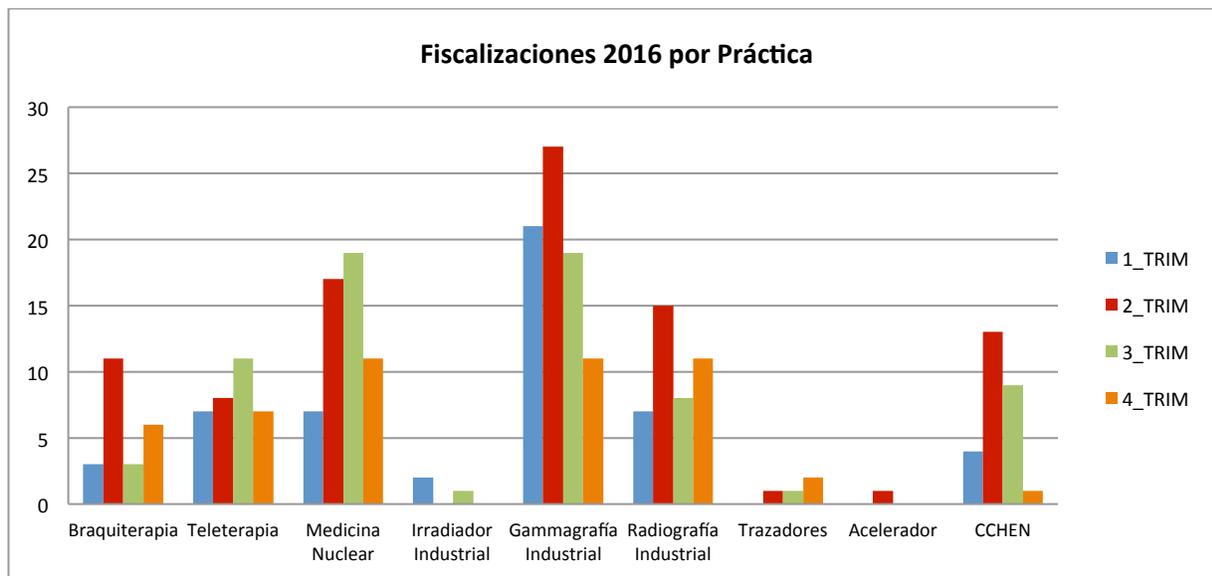


Gráfico 1. Inspecciones a Instalaciones 2016

El año 2016 se realizaron cinco talleres de protección radiológica, específicamente para las prácticas gammagrafía industrial y medicina nuclear:

- 1) El 28 de Enero, se realizó el Taller de protección radiológica para personal que se desempeña en Medicina Nuclear en el Hospital San Juan de Dios.
- 2) El 15 de Junio, se realizó el Taller de protección radiológica para personal que se desempeña en Gammagrafía Industrial en la empresa IDIEM Antofagasta.
- 3) El 16 de Junio, se realizó el Taller de protección radiológica para personal que se desempeña el Servicio Nacional de Aduanas.
- 4) El 29 de Septiembre, se realizó el Taller de protección radiológica aplicado al Transporte de Material Radiactivo para las empresas B2B, CCHEN, CGM Nuclear, Positron Pharma e Ingefisic.
- 5) El 18 de Octubre, se realizó el Taller de protección radiológica para personal que se desempeña en Gammagrafía Industrial en el proyecto PIEM Mejillones.

Autorización

Durante el 2016 se otorgaron 869 autorizaciones correspondientes a:

- Operación de instalaciones radiactivas de primera categoría
- Desempeño en instalaciones radiactivas de primera categoría

- Transporte de material radiactivo asociado a instalaciones radiactivas de primera categoría
- Importación/Exportación de materiales radiactivos y de equipos asociados a instalaciones radiactivas de primera categoría
- Transferencia para instalaciones radiactivas de primera categoría
- Cierres Definitivo y Temporal para instalaciones radiactivas de primera categoría
- Construcción de instalaciones radiactivas de primera categoría

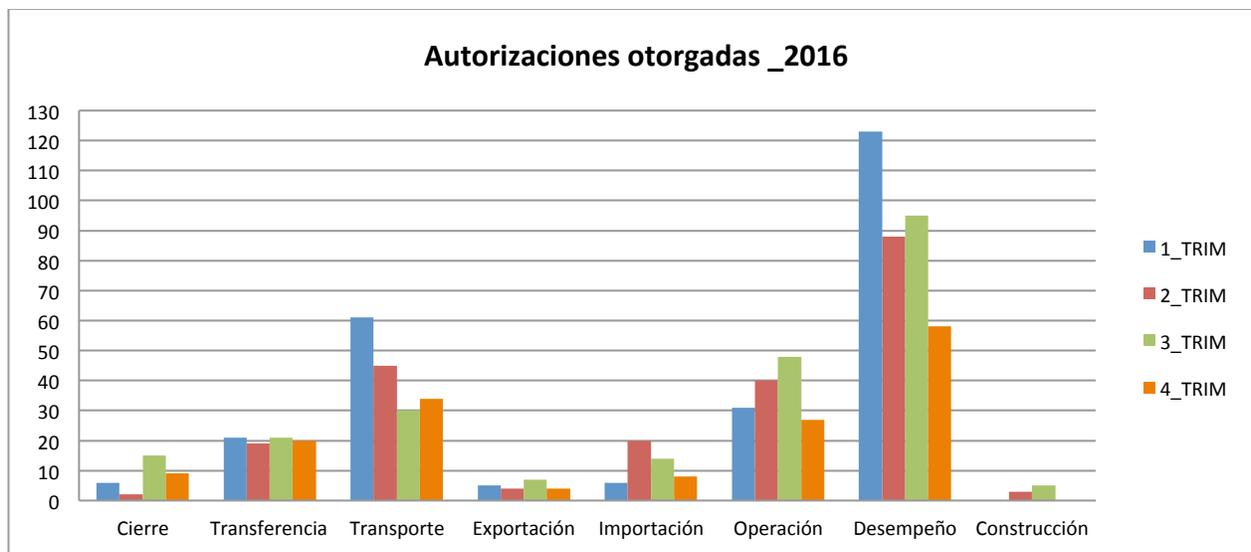


Gráfico 2. Autorizaciones otorgadas el año 2016

Al 31 de diciembre del año 2016 se cuenta con la siguiente información de autorizaciones vigentes:

- 400 Autorizaciones de Operación para Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría.

Se incluyen Acelerador Industrial, Braquiterapia, Ciclotrón, Dependencia de Almacenamiento Industrial, Dependencia de Almacenamiento Médico, Fortín Industrial, Laboratorio de Fraccionamiento, Gammagrafía Industrial, Irradiador Industrial, Medicina Nuclear, Radiografía Industrial, Sala de Hospitalización, Teleterapia e Instalaciones CCHEN.

- 1064 Autorizaciones de Desempeño para Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría

Incluye personal de instalaciones médicas, industriales e instalaciones CCHEN

OFICINA ASESORA DE DESARROLLO ESTRATÉGICO Y ENERGÍA NUCLEAR DE POTENCIA

Jefe de la Oficina: Sra. Barbara Nagel Araya

☎ 223646217

✉ barbara.nagel@cchen.cl

OBJETIVO

Apoyar a la Dirección Ejecutiva en generar y proveer información de valor que apoye la toma de decisiones estratégicas en materias de nucleoelectricidad y de aquellas relacionadas con dicho ámbito.

FUNCIONES

- Liderar los estudios corporativos estratégicos.
- Coordinar y servir de contraparte en los estudios relevantes técnicos necesarios en materia de nucleoelectricidad

Contexto

Dentro del proceso de elaboración de la Política Energética 2050 llevada a cabo por el Ministerio de Energía durante el año 2015, se encomendó a la Comisión Chilena de Energía Nuclear dirigir la elaboración de la información necesaria para una discusión al año 2020 sobre la posibilidad de considerar la energía nuclear de potencia como una opción dentro de la matriz energética nacional.

De forma paralela, la Comisión Chilena de Energía Nuclear durante el año 2016 lleva a cabo un programa de fortalecimiento institucional participativo con el fin de revisar y proponer estructuras, procedimientos y funciones para la CCHEN que den respuesta de mejor forma a los nuevos desafíos de la institución.

Para dar respuesta al mandato Ministerial, y como parte del programa de fortalecimiento institucional participativo impulsado por la institución, se creó la Oficina Asesora Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia, con el fin de hacerse cargo de la misión que tiene CCHEN de asesorar al supremo gobierno en todas las materias relacionadas con la energía nuclear de potencia. Para ello la oficina en la actualidad desarrolla diversos proyectos o líneas de trabajo que permitirán disponer de información actualizada, bajo el contexto de la realidad nacional, ante cualquier decisión de país en estas materias en el mediano o largo plazo.

LÍNEAS DE TRABAJO

1.- Estrategia de Comunicaciones

Una de las áreas de trabajo relevantes de la Oficina Asesora Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia propuesta en este marco de desarrollo, es aportar al debate nacional mediante actividades de divulgación, enmarcadas en una nueva estrategia y programa de comunicaciones de la institución, que responda a actuales herramientas y tendencias en estas materias, propiciando y aportando de esta forma a una discusión informada frente al tema nuclear en su conjunto.

1.1 Avances y Resultados

Para dar inicio a esta área de trabajo, se ha consensuado la necesidad de llevar a cabo un “estudio de opinión y estrategia de comunicaciones sobre los usos de la tecnología nuclear en energía y medioambiente”, estudio que fue licitado en el mes de Junio de 2016, siendo adjudicado a las empresas de comunicaciones MORI y EXTEND. Este estudio contempló tres etapas: Levantamiento de línea base (búsqueda y análisis de estudios previos en las materias abordadas, entrevistas a líderes de opinión), elaboración de una estrategia de comunicaciones (propuesta de plan de implementación), acompañamiento en la implementación de las primeras acciones (monitoreo y asesoría). A

diciembre de 2016 se ha concluido la primera etapa del estudio y se cuenta con la propuesta preliminar de la estrategia de comunicación. Este estudio contempla a su vez el desarrollo de una capacitación en media training para voceros, asesoría para la elaboración de un procedimiento mejorado de comunicación de crisis, la elaboración de presentaciones corporativas y la ejecución de una jornada para la presentación de los resultados del estudio y la propuesta de estrategia.

Adicionalmente, y como parte de la elaboración de la estrategia de comunicaciones, se solicitó al IAEA una misión de expertos en este tema con el fin de aprender de la experiencia internacional en cuanto estrategias para la correcta divulgación, educación y generación de debate público en torno a estas temáticas.

2.- Herramientas de Comparación y Condiciones para la Operación Segura de una Central Nuclear de Potencia

Dentro de las áreas de trabajo fundamentales a abordar para una discusión informada en torno a la energía nuclear, se encuentra todo lo relacionado con los requerimientos que permitan asegurar la operación segura de una central nuclear, lo que incluye seguridad nuclear en instalaciones como reactores nucleares de potencia y también en aquellas donde se manipula material nuclear dentro del ciclo del combustible, y que podrían ser parte de un eventual programa nuclear de potencia, considerando las características propias del nuestro país.

2.1 Avances y Resultados

Durante el año 2016 se trabajó en la planificación de las temáticas a abordar, la elaboración de documentación técnica básica que permita uniformar el lenguaje para la discusión y establecer los principios básicos de seguridad nuclear.

Adicionalmente se comenzó la elaboración de términos de referencia para la licitación de un estudio internacional que recoja la experiencia adquirida tras lecciones aprendidas de la industria nuclear en el mundo, de modo de crear base argumental y obtener recomendaciones sobre las acciones requeridas, desde el punto de vista de la seguridad, en el caso decidir implementar un programa nuclear de potencia.

3.- Tecnología y Ciclo de Combustible

Otra de las áreas relevantes para la discusión tiene relación con las características de las tecnologías nucleares actuales disponibles y cuál podría ser el rol de estas dentro la matriz energética nacional y el aporte a las áreas prioritarias establecidas dentro de la política energética.

Así mismo, la revisión de aquellas tecnologías que están próximas a comercialización, particularmente los nuevos conceptos de Reactores Modulares Pequeños (SMR – Small Modular Reactors) y el análisis de cómo estos podrían adaptarse a las necesidades y características de nuestra matriz energética y las prioridades nacionales.

3.1 Avances y Resultados

En ese contexto, se está desarrollando un informe acerca de “Tecnología y Ciclo Combustible Nuclear”. Como parte de este desarrollo, durante el año 2016 se participó en una reunión técnica realizada en China, organizada por el IAEA y el CNNC (China National Nuclear Corporation) donde se trató el tema “Technology Assessment of Small Modular Reactors for Near Term Deployment” (Evaluación tecnológica de reactores modulares pequeños).

Adicionalmente se solicitó la visita de una misión de expertos del IAEA para tratar el tema de “Workshop on Evaluation of Near Term Deployment Technologies: SMRs, Gen-III/III+” los cuales brindaron importante información para ser considerada dentro del progreso del informe de tecnologías.

Así mismo, se iniciaron contactos con la OECED/NEA para recibir una misión de expertos de esta organización durante el mes de Marzo 2017 para compartir su experiencia y estudios realizados en temas de integración de la tecnología nuclear y renovable.

4.- Impactos Medioambientales

Otro de los temas de preocupación pública radica en los potenciales impactos medioambientales de una central nuclear. Por ello se estableció la realización de un informe que abarque esta temática y que provea información impactos positivos y negativos de esta tecnología y cómo se compara con otras alternativas.

4.1 Avances y Resultados

Dentro del marco de los proyectos CRP (Coordinated Research Projects) que sostiene el IAEA, se presentó una propuesta que fue aceptado y será financiada por un periodo de 3 años. Esta consiste en la estimación del impacto que tendría la introducción de una central nuclear en las emisiones CO₂ y en las metas nacionales de reducción de contaminantes en miras a la lucha contra el cambio climático.

Adicionalmente se está trabajando en la elaboración de términos de referencia para la licitación de un estudio sobre impactos ambientales comparados de las diferentes tecnologías, incluyendo la nuclear, para todo el ciclo del combustible y operación de una central.

5.-Viabilidad Económica

Dentro de los temas a analizar se encuentra la determinación de la viabilidad económica de una central nuclear operando en nuestro mercado nacional, considerando diferentes escenarios proyectados y bajo los lineamientos que provee la política energética.

5.1 Avances y Resultados

Durante el año 2016 se trabajó de la mano con la Comisión Nacional de Energía y el Ministerio de Energía en la definición de escenarios y formulación de modelos para la proyección de Demanda energética, utilizando el modelo MAED proporcionado por el IAEA. Para esto se participó en talleres de capacitación de dicho modelo y se contó con la asistencia de un experto del IAEA para la formulación del caso nacional. A la fecha se cuenta ya con resultados de estas modelaciones para los diferentes escenarios definidos.

Como apoyo a este trabajo, se está participando en un proyecto regional del IAEA (Proyecto ARCAL- (Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nuclear en América Latina y el Caribe)) sobre planificación de demanda y proyección de red, donde se capacitará en el uso de diversas herramientas para realizar modelaciones relacionadas con el mercado y proyectos energéticos.

Adicionalmente se estableció un convenio de colaboración con la Universidad de Chile para la generación de 2 tesis en temas de estimación de costos de un proyecto nuclear y la evaluación del mismo proyecto ante distintos escenarios posibles.

Capacitación

- Participación de un profesional en curso de entrenamiento, organizado por la IAEA, en el Japan Nuclear Human Resource Development Network, JICC, la Universidad de Tokio y el Wasaka Wan Energy Research Center, el cual proveyó una revisión de los asuntos relevantes correspondientes a infraestructura nuclear que los países deberían considerar al desarrollar nuevos programas de energía nuclear de potencia. El curso enfatizó el concepto de seguridad nuclear, protección radiológica, gestión de emergencias y lecciones aprendidas del accidente de Fukushima.
Este curso tuvo una duración de 6 semanas, se impartió en 3 ciudades diferentes de Japón y fue costeadado con fondos del IAEA y las instituciones Japonesas.
- Participación de un profesional en reunión del IFNEC (International Framework for Nuclear Energy Cooperation) en Buenos Aires de modo de insertarse en la comunidad internacional y estar al día de los avances y nuevos proyectos de la industria. Esto sirvió para establecer relaciones con organismos como el OECD/NEA y comprometer asesoría para el país.

OFICINA ASESORA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN

Jefe de la Oficina: Luis Celaya Martínez de Ordoñana

Eduardo Rojas Verdugo (a partir del 01 de julio de 2016)

☎ 2236462611

✉ eduardo.rojas@cchen.cl

OBJETIVO

Administración del proceso de planificación y control de gestión institucional, identificando los distintos factores que se desenvuelven en su ámbito de desempeño, así como las desviaciones que permitan a la autoridad institucional adoptar las medidas preventivas y correctivas para el mejoramiento de las actividades y proyectos, correspondientes a las previsiones de desarrollo de la Comisión.

LÍNEAS DE TRABAJO

Asesoría en Planificación, Control de Gestión, Evaluación de Resultados y Monitoreo de Proyectos.

Asesorar a la Dirección Ejecutiva en la planificación y programación de actividades a desarrollar por la institución y sus unidades, las cuales deben estar en línea con la misión declarada y los recursos asignados, controlando la gestión y evaluando los resultados de estas.

Planificación

- Establecer los macro lineamientos de desarrollo institucional en coherencia con las definiciones estratégicas e indicadores de desempeño de la CCHEN (Directrices y Prioridades declaradas a la Dirección de Presupuesto, DIPRES).
- Elaborar el Proyecto de Presupuestos considerando que las necesidades de recursos deben estar en línea con las Directrices y Prioridades establecidas.
- Elaborar el Programa Anual de Actividades.
- Elaborar y actualizar el Sistema de Información de la Gestión Institucional (SIG).
- Asignar el presupuesto a las actividades sancionados por la Dirección.
- Formular la propuesta de Convenio de Desempeño Colectivo Institucional a suscribir con el Ministerio de Energía.
- Formular los compromisos de modernización de la gestión institucional a incluirse en los indicadores transversales
- Formular la propuesta de Convenio de Desempeño de Alta Dirección a suscribir entre el Director Ejecutivo y el Ministro de Energía.

Control de la Gestión Institucional

- Controlar mensualmente la evolución del presupuesto aprobado y su ejecución.
- Controlar trimestralmente la ejecución de las metas grupales.
- Controlar trimestralmente la ejecución del convenio de desempeño colectivo.
- Controlar trimestralmente el cumplimiento de los indicadores transversales de la gestión institucional establecidos en los sistemas ex PMG.
- Controlar trimestralmente la ejecución de los compromisos establecidos en los Convenios de Desempeño de Alta Dirección.
- Controlar la ejecución del programa anual de actividades.
- Controlar y actualizar la gestión de riesgos institucionales.
- Elaborar informes trimestrales de control de gestión.
- Elaborar el Balance de la Gestión Integral (BGI).
- Controlar el estado de avance de los proyectos estratégicos y de fortalecimiento.

RESULTADOS RELEVANTES DEL PERÍODO

- Durante el 2016 se realizaron actividades relacionadas a potenciar la gestión corporativa de proyectos, se tomó como referencia el estándar PMI (Project Management Institute), para lo cual se realizó un diagnóstico de madurez en gestión de proyectos participando de un estudio anual realizado por Deloitte. De este diagnóstico, se diseñó un plan de trabajo en el cual se implementaron actividades de capacitación a 25 profesionales en dirección y gestión de proyectos, también se implementó un sistema de monitoreo de portafolio de proyectos, y por último, se capacitaron a tres profesionales para su preparación en la certificación PMP.

Adicionalmente, se realizó una evaluación 360 grados a 30 líderes de la organización, en la cual se evaluaron las competencias relacionadas con el trabajo en equipo, liderazgo y comunicaciones internas.

- **PMG 2016**

Durante el año 2016, el programa de mejoramiento de la gestión institucional solamente incluyó el sistema de monitoreo del desempeño institucional, que tiene 2 objetivos:

1. Evaluar el resultado de los indicadores de desempeño asociados a productos estratégicos seleccionados a partir de aquellos presentados en la formulación del presupuesto.
Se evaluaron, informaron y publicaron, el 06.01.17 a través de la web DIPRES, la totalidad de los 8 Indicadores de Desempeño (Formulario H) comprometidos para el período obtuvieron un cumplimiento igual o superior al 100% y debido a que la ponderación es de un 85%, el cumplimiento ponderado informado fue de un 85%.
2. Como segundo objetivo medir, informar y publicar los Indicadores de Desempeño Transversales definidos en el programa marco por el Comité Triministerial.
Se realizó la medición final de los Indicadores de Desempeño Transversales al 31.12.16 alcanzando un 100% de cumplimiento, se informó y publicó, el 06.01.17 a través de la web DIPRES y debido a que su ponderación es de un 15%, el cumplimiento ponderado informado fue de un 15%.

En conjunto el Sistema de Desempeño institucional (PMG 2016) alcanzó un cumplimiento ponderado del 100% (85% + 15%), lo que dará derecho a los funcionarios a percibir, durante el año 2017, la totalidad del Incremento por Desempeño Institucional (7,6%).

- **CDC 2016**

Respecto del Convenio de Desempeño Colectivo suscrito con el Ministerio de Energía, la CCHEN comprometió 21 indicadores asociados a 5 grupos de trabajo.

El Cumplimiento Institucional Ponderado durante el año fue de un 100%. De los 5 Grupos de Trabajo la totalidad obtuvieron un cumplimiento igual o superior a 90%, por lo que los funcionarios participantes tendrán derecho a percibir, durante el año 2017, la totalidad del Incremento por Desempeño Colectivo (8%).

- **Gestión Presupuestaria**

La Ley de Presupuestos 2016 autorizó un presupuesto total de \$ 10.849,2 millones, el que se incrementó, una vez autorizadas las diversas modificaciones presupuestarias, a \$ 12.355,4 millones.

La ejecución del presupuesto de gastos alcanzó los \$ 12.271,2 millones, lo que representa un 99,3% del presupuesto en trámite, mientras que la ejecución del presupuesto de ingresos alcanzó a \$ 11.423,1 millones, lo que representa un 92,5% del presupuesto aprobado.

- **Ley de Presupuesto 2017**

La Ley de Presupuestos 2017 se aprobó con un presupuesto total de \$ 10.713,6, está contempla el financiamiento para el inicio de tres iniciativas de inversión como son el Almacén de Desechos Radiactivos, los estudios de la plataforma tecnológica nuclear y la normalización de la radiofarmacia, además contempla el financiamiento del programa de fortalecimiento institucional, por último un incremento en el ítem de maquinas y equipos de \$163 millones.

OFICINA ASESORA DE AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO

Jefe (S) de la Oficina: Sr. Mauricio Maureira Vargas

☎ 224702580

✉ mauricio.maureira@cchen.cl

OBJETIVO

La Auditoría Interna de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, es una actividad independiente y objetiva de aseguramiento y consulta, sobre el grado de cumplimiento de las actividades operacionales y administrativas, que busca agregar valor y mejorar las operaciones de la organización.

Contribuye a cumplir con los objetivos de la organización, evaluando y mejorando la eficacia de los procesos de gestión de riesgos, control y gobernanza.

FUNCIONES

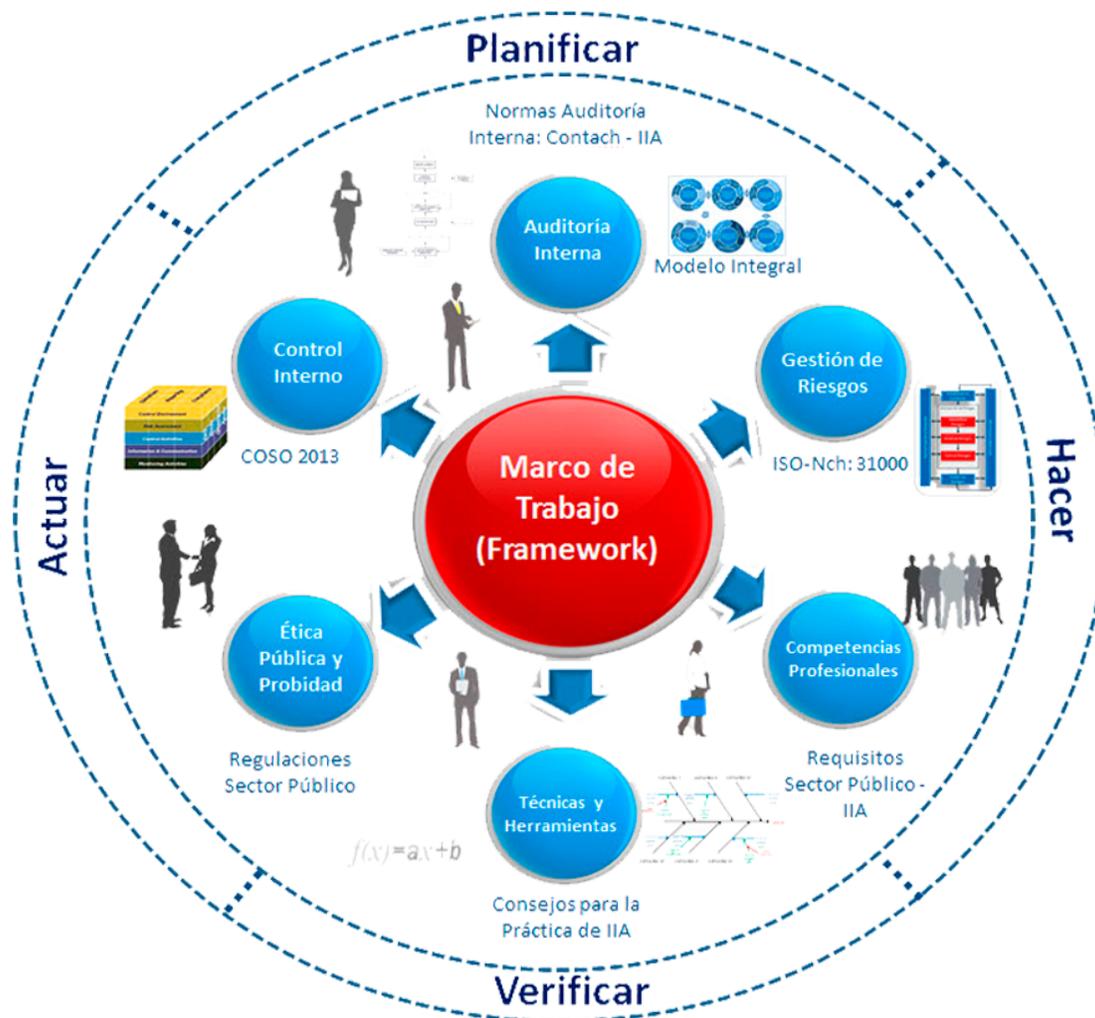
Los funcionarios de la Unidad de auditoría interna realizan funciones de fiscalización al interior del servicio, toda vez que dentro de su accionar permanente se contemplan actividades de inspección directa.

Para cumplir esto, la oficina asesora debe dar cumplimiento a las directrices que emanan del Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno organismo asesor de la presidencia en materias de auditoría y control interno, quien promueve la utilización de una metodología basada en los marcos o modelos de control interno y gestión de riesgos generalmente aceptados, las Normas Generales de Auditoría Interna y de Gestión, emitidas por el Colegio de Contadores de Chile (Contach) y las Normas Internacionales para el Ejercicio Profesional de la Auditoría Interna, emitidas por The Institute of Internal Auditors (Theiia).

Para aplicar de esta metodología implica realizar las siguientes funciones específicas:

- Formular del Plan Estratégico de Auditoría Interna.
- Formular del Plan Anual de Auditoría Basado en Riesgos.
- Planificar del Trabajo de Auditoría Interna.
- Ejecutar del Trabajo de Auditoría Interna.
- Comunicar del Trabajo de Auditoría Interna.
- Dar Seguimiento del Trabajo de Auditoría Interna.
- Realizar Trabajos de Consultoría.

Además se definen funciones especiales en donde los auditores internos realizan actividades de aseguramiento referidas a la probidad administrativa, que permiten determinar el actual nivel de exposición de los principales riesgos que afectan el cumplimiento de la ley N° 18.575 y otras normas e instructivos que regulan la probidad administrativa en los servicios públicos.



Principales actividades y resultados relevantes de las actividades de 2016

Durante el año 2016, se alcanzó el examen de procesos de interés gubernamental, solicitados a la CCHEN a través del Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno (CAIGG).

Dicho organismo, en base a los lineamientos actuales, solcito tres auditorias: el proceso de compras y contrataciones públicas, el proceso de gestión de Riesgos y la evaluación de las tres primeras etapas del Control Interno, bajo metodología COSO 2013.

También, el plan anual contempló una actividad solicitada por el Sr. Ministro de Energía, quien instruyó que se revisara el nivel de implementación de los compromisos suscritos por la institución con la Contraloría General de la República.

Junto a los requerimientos gubernamentales y ministeriales indicados, también se realizaron 4 auditorías a procesos de la institución, seleccionados luego de efectuar un diagnóstico de la CCHEN e identificar los riesgos que pueden

afectar el cumplimiento de sus objetivos.

De las auditorías realizadas se concluyó que la CCHEN cuenta con un efectivo sistema de control interno que proporciona una seguridad razonable y que se gestionan debidamente los riesgos principales asociados a sus procesos

Capacitación

Durante 2016, los auditores internos de la CCHEN participaron en capacitaciones y seminarios impartidos por el CAIGG, en los siguientes temas: Implantación mantención y actualización del proceso de gestión de riesgos en el estado, sistema de control interno basado en coso 2013, Delitos Funcionarios, Levantamiento y modelamiento de procesos de negocios. También se asistió al seminario “Desafíos y Oportunidades para una Auditoría Interna de Gobierno en el nuevo escenario de Chile del Bicentenario”

OFICINA ASESORA DE COMUNICACIÓN CORPORATIVA

Jefe de la Oficina: Sr. Rosamel Muñoz Quintana

☎ 224702569

✉ rosamel.munoz@cchen.cl

En la Oficina de Comunicación Corporativa de la CCHEN se encuentran radicadas una serie funciones de diversa índole, todas tendientes al relacionamiento de la institución con el público, tanto en el cumplimiento de disposiciones legales como en la concreción de actividades de interés particular, tales como la divulgación de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y el quehacer de la CCHEN.

En el ámbito del cumplimiento de la legislación vigente, tiene a cargo dar satisfacción a las solicitudes de acceso a la información pública (SAIP), conforme a lo dispuesto en la Ley 20.285 y a las instrucciones generales que dicta el Consejo para la Transparencia.

Asimismo, tiene a su cargo los mecanismos de participación ciudadana, establecidas en la Ley 20.500 sobre participación ciudadana y en el Instructivo Presidencial N° 7 del año 2014.

Por otra parte, en cumplimiento a la Ley 19.880, publicada en 2003, la CCHEN instaura el Sistema Integral de Atención Ciudadana, SIAC, compuesto por 5 espacios de atención.

Históricamente, desde la década de los años setenta, son llevadas a efecto diversas actividades de divulgación sobre los usos pacíficos de la energía nuclear y las radiaciones ionizantes y del quehacer de la CCHEN. Esto, en cumplimiento a uno de los mandatos de la Ley 16.319, que crea la CCHEN.

En el área de las comunicaciones, la unidad tiene a su cargo el portal WEB institucional, medio en el que son publicadas noticias del quehacer y que contiene amplia información sobre las áreas en las que la CCHEN aporta la país, su infraestructura y capacidades, entre otro temas.

Junto con esto, establece mecanismos de trabajo con diversas comunidades educativas, con el fin de extender el alcance y conocimiento de la labor científica y tecnológica de la Institución.

Resultados de las actividades realizadas durante 2016

Ley 20.285 de transparencia en la gestión pública

Durante el año 2016 la CCHEN recibió 44 solicitudes de acceso a la información pública. Todas ellas fueron respondidas dentro de los plazos legales. Adicionalmente, 39 de estas fueron respondidas en un plazo igual o menor de 15 días hábiles, dándose cumplimiento al compromiso adquirido con SEGPRES de mejorar los tiempos de respuesta a dichas solicitudes.

Participación ciudadana, Ley 20.500

La CCHEN materializa 5 mecanismos de participación ciudadana para dar cumplimiento a lo dispuesto, tanto en la ley, como en el instructivo presidencial n° 7 de 2014.

Dichos mecanismos son:

- Acceso a la información relevante; que está cubierto por el sitio Gobierno Transparente de la institución y por los contenidos del portal web institucional www.cchen.cl
- Realización anual (periodo 2015) de la cuenta pública participativa, en modalidad virtual que en 2016 estuvo disponible para el público entre el 28 de abril y el 25 de julio. Conforme a las posibilidades de cobertura por parte de la CCHEN, dicha Cuenta, además de ser publicada en el portal web CCHEN, fue enviada a los

correos electrónicos de aproximadamente 2.000 personas. Se obtuvo 1 intervención, por parte del público siendo respondida por la autoridad institucional el día 1 de julio.

- Realización anual de 1 consulta ciudadana en modalidad virtual cuyo tema de consulta en 2016 fue el “Manual de protección radiológica para instalaciones radiactivas de primera categoría”.
- El proceso tuvo su inicio el día 24 de noviembre, fecha en la que fue publicada en la WEB institucional. Estuvo disponible en el portal hasta el 16 de diciembre. El llamado convocó la participación de 10 especialistas entre médicos nucleares y tecnólogos médicos, que respondieron a las invitaciones electrónicas que les fueron enviadas. El proceso se encuentra finalizado con un cierre parcial debido a que no se obtuvo el quorum necesario para concretar la mesa de trabajo.
- Consejo de la Sociedad Civil, integrado por representantes de áreas de interés para la CCHEN.
- Durante el periodo 2016 el Consejo sesionó en 5 oportunidades para abordar temas como el presupuesto institucional, la cuenta pública participativa, el proceso de fortalecimiento institucional, el rol de la CCHEN en la explotación y ventas del Litio y conocieron las nuevas instalaciones para producción implementadas en el Centro de Estudios Nucleares La Reina.
- Participación en plataformas digitales participativas que provee el Estado.

Sistema Integral de Información y Atención Ciudadana, N° de solicitudes, Ley 19.880

Durante el período comprendido entre el 01 de enero y el 31 de diciembre de 2016 en SIAC fueron procesadas 2.708 solicitudes, concentrándose la mayoría de ellas en el espacio biblioteca.

Programa de visitas guiadas a los Centros de Estudios Nucleares

Como ya es habitual, durante 2016, el público sigue demandando visitas guiadas a los centros de estudios nucleares, demandas que son satisfechas en la medida que lo permiten el cumplimiento de las actividades de rutina. Así, durante el año, fueron atendidas 30 delegaciones que alcanzaron a un total de 521 personas.

En cuanto a la realización de charlas y conferencias a estudiantes y docentes, fueron realizadas las siguientes:

Programa de divulgación en terreno

En el marco de las actividades organizadas por Explora Región Metropolitana Sur, la CCHEN se presentó en:

- Feria de la Ciencia y la Tecnología en el Liceo Ernesto Pinto Lagarrigue de Rancagua, ocasión en la que fueron atendidas 350 personas (05.05.2016).
- Feria de la Ciencia y la Tecnología en Quillota, en la que fueron atendidas 250 personas. (27.05.2016)
- Feria Anual de la Ciencia y la Tecnología en Museo Interactivo Mirador, asistiéndose a unas 1.000 personas. (6 al 8 de octubre de 2016)

En cuanto a charlas y conferencias fueron realizadas las siguientes:

- Clase Magistral en Energía Nuclear en la Universidad Santo Tomás con la asistencia de 300 personas. (05.04.2016)
- Charla sobre Energía nuclear en INACAP para alumnos de la carrera Técnico en Imagenología. Asistieron 170 personas (25.04.2016)
- Charla sobre Energía Nuclear en Feria de la Ciencia y la Tecnología en Liceo Ernesto Pinto Lagarrigue de Rancagua, en el marco de las actividades a las que el programa Explora invita a la CCHEN. Asistieron 350 personas (05.05.2016)
- Charla sobre Energía Nuclear en Colegio San Sebastián de Melipilla. Asistieron 300 personas. (18.05.2016)
- Charla Usos y Aplicaciones de la Energía Nuclear en el Liceo Municipal de Talagante. Asistieron 250 personas. (07.06.2016)
- Charla Usos y Aplicaciones de la Energía Nuclear en el Colegio Los Alerces de Talagante, Asistieron 150 personas. (17.08.2016)
- Charla Usos y Aplicaciones de la Energía Nuclear en P. Universidad Católica de Valparaíso Campus Curauma. Asistieron 250 personas. (21.09.2016)

- Charla Usos y Aplicaciones de la Energía Nuclear en Universidad del Pacífico, campus Melipilla. Asistieron 150 personas. (05.10.2016)
- Charla Usos y Aplicaciones de la Energía Nuclear Colegio Yangtsé de La Reina. Asistieron 500 personas. (20.10.2016)

Comunidades Educativas

Feria Científica Escolar CCHEN / PAR Explora Región Metropolitana Norte.

El Proyecto Asociativo Regional del programa Explora correspondiente a la Región metropolitana Norte, abrió la posibilidad de participar como institución asociada en las actividades del año 2016, en especial aquellas que contribuyeran a impulsar la ciencia escolar. Se organizó conjuntamente la Feria Científica Escolar para estudiantes de educación media, proceso de tres meses en los que un total de ocho grupos de cuatro colegios distintos desarrollaron proyectos de ciencia escolar, con la tutoría de investigadores y técnicos de la CCHEN. El fin principal fue profundizar el conocimiento de las ciencias naturales en general en los estudiantes y de los usos pacíficos de la energía nuclear en particular.

ParticuLab-Laboratorio de Comunicación Masiva de la CCHEN

Instancia de trabajo formada con ocho estudiantes de pregrado de la USACH, Pontificia Universidad Católica y Universidad de Chile, de cuarto y quinto año, que tuvo como fin recoger ideas innovadoras de comunicación y desarrollarlas y/o ponerlas en práctica, incorporando a la CCHEN capital humano desde las escuelas de periodismo y disciplinas afines o complementarias, en este caso Actuación Teatral e Ingeniería Mecánica mención Energía.

Entre abril y octubre, se entrenó a los participantes en diseño de acciones comunicacionales y se les capacitó respecto de los temas técnicos de la CCHEN, en sesiones semanales de 1 hora y media. Se contó con el apoyo de Laboratorio de Gobierno, que facilitó su espacio de co-work, con el fin de facilitar el trabajo en condiciones óptimas.

Paralelamente, el grupo participó en el concurso "Mujeres Chilenas en la Ciencia" (<http://www.cientificaschilenas.cl/>), que invita a presentar videos de corta duración sobre la actividad científica de mujeres en Chile. Se realizó un video con un personaje elegido por los estudiantes, la astrónoma Karina Rojas, estudiante de Doctorado en Física y Astronomía de la Universidad de Valparaíso y destacada divulgadora científica a través del blog StarTres. El video obtuvo una mención honorífica en la categoría público general.

<https://www.youtube.com/watch?v=GWDG0ZKkfBM&list=PL1Cdkgxp8PUBX1ypjPm5HUPiMhSiTwMSn&index=5>

Sobre medios de comunicación social

Las acciones desplegadas en el campo de las comunicaciones dieron origen a la publicación de 14 notas en medios impresos, 15 en medios digitales, 1 en tv y 1 en radioemisoras, entre carácter masivo y sectorial, y cubrieron diversos aspectos del trabajo realizado por la institución.

Portal web institucional www.cchen.gob.cl

En cuanto a la cobertura en WEB y Redes Sociales, en el período se contabilizó un total de 117.243 visitas nacionales y de 12.607 visitas internacionales al sitio Web de la Comisión. La cuenta de Twitter tiene 1.850 seguidores. Durante el 2016 se registraron 204 tweets, los cuales fueron visualizados por 150.143 usuarios.

Control de Ventas de Litio

Durante el año 2016 se pone en funcionamiento el Procedimiento CCHEN: PRC-CCHEN-088 "Solicitud de Ventas de Litio y su Control", que viene a facilitar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en los Acuerdos e Consejo que establecen obligaciones que deben cumplir las empresas que explotan y comercializan litio en nuestro país, tanto para el mercado interno como para las exportaciones.

El PRC- CCHEN-088, permite trazar completamente las diferentes partidas de litio que van a mercados externos, y velar que su uso no sea destinado a fusión nuclear. Adicionalmente, se tiene claridad de los diferentes productos de

litio, el precio de venta y sus características físicas y químicas.

Por otra parte, el Procedimiento permite realizar inspecciones en faenas donde se extrae las salmueras de litio y tomar muestras de salmueras, productos intermedios y productos finales.

En el uso de estas facultades, la CCHEN realizó dos inspecciones a las empresas SQM y RLL. En ambas ocasiones, se obtuvo una significativa cantidad de salmueras y productos de litio, lo que permitió desarrollar las técnicas químicas con productos reales y comparar la información obtenida en el Laboratorio de Análisis Químico de la CCHEN, con la información aportada por las empresas.

PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

Proyectos

Proyecto RLA/0057 Sobre “Mejora de la enseñanza, la capacitación, la divulgación y la gestión de conocimientos en la esfera nuclear”. Este proyecto es continuación de aquel que dio origen a la Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear, LANENT. Profesionales de comunicaciones de la CCHEN colaboran, en conjunto con otros profesionales de la Región, en la generación de material de divulgación de tipo corporativo para la Red, material y proyectos educativos y en los contenidos de su boletín anual.

MISIONES DE EXPERTO

- Participación del señor Rosamel Muñoz en la XVII Reunión del Órgano de Coordinación Técnica de Arcal, OCTA. En esta ocasión, es invitado para la selección de los proyectos para el Programa de Cooperación Técnica 2018-2019. 25 al 29 de abril de 2016, Viena, Austria.
- Participación del señor Rosamel Muñoz en la Reunión de Coordinación del Proyecto RLA/0057 “Mejora de la enseñanza, la capacitación, la divulgación y la gestión de conocimientos en la esfera nuclear”, actividad organizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 12 al 16 de diciembre de 2016, La Habana, Cuba. La participación en esta reunión tuvo como principales objetivos exponer y discutir en torno a los temas:
 - Sobre evaluación del equipamiento disponible para el desarrollo o dictado de cursos utilizando modalidad de e-learning, en la institución contraparte o vínculos con instituciones que tienen este tipo de equipamiento en el país.
 - Sobre experiencias en el dictado de cursos en modalidad e-learning o blended-learning, y disponibilidad de material educativo en español que podría ser compartido en la región.
 - Sobre la infraestructura que poseen los países de la Región para apoyar las actividades del proyecto.
 - Sobre los recursos humanos relacionados con los tópicos del proyecto con que cuenta la institución y nivel de preparación de los mismos.
 - Sobre las experiencias anteriores a nivel de la institución y del país en el tema del proyecto, incluida la participación en otros proyectos regionales relacionados.