

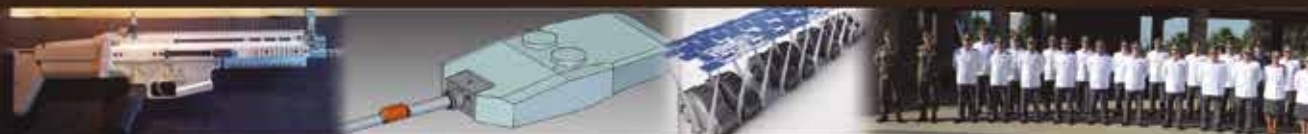


# EJÉRCITO DE CHILE ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR



## Boletín Científico Tecnológico

Nº18



2013



# BOLETÍN CIENTÍFICO DE LA ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR DEL EJÉRCITO DE CHILE

Órgano de Difusión de la Academia  
Politécnica Militar del Ejército de Chile

Nº 18 Año 2013

## Dirección de la Revista

Director de la Academia Politécnica Militar  
Coronel Osvaldo Magna Quezada

## Editor Responsable

Mayor Alejandro Gómez Abutridy,  
Jefe Departamento de Investigación y Desarrollo

## Consejo Editorial

Osvaldo Magna Quezada,  
Coronel Director de la Academia

Carlos Catalán Schulz,  
Coronel Subdirector de la Academia

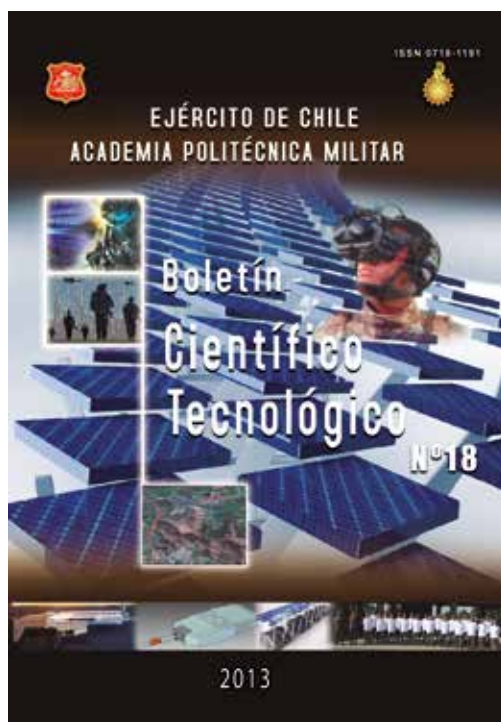
Alejandro Gómez Abutridy,  
Mayor Jefe del Departamento de Investigación  
y Desarrollo

Yorma Sepúlveda Paredes,  
Editor DID

Víctor Aguilera Acevedo,  
Editor DID

## Nuestra Portada

Portada diseñada por  
Michel Ripetti Bergoeing



Mayores antecedentes respecto del contenido de  
este Boletín, dirigirse a:

Academia Politécnica Militar  
Valenzuela Llanos Nº 623  
Fono: 22994367  
Fax: 22994305  
[www.acapomil.cl](http://www.acapomil.cl)  
Santiago, Chile



El dramaturgo y poeta inglés William Shakespeare escribió el siguiente pensamiento: “El pasado es un prólogo”. Esta reflexión cobra actualidad en atención a que el presente boletín científico se publica en el aniversario LXXXVIII de la creación de la Academia Politécnica Militar y constituye una sólida inspiración para las tareas que se desarrollarán durante el año 2014.

El Boletín Científico Tecnológico N°18 tiene como objeto la difusión de las principales actividades de pregrado, posgrado e investigación y desarrollo que fueron realizadas por la Academia Politécnica Militar durante el año 2013, donde los 41 directores que han regido los destinos de la Academia se han empeñado en incrementar, año a año, el prestigio y profesionalismo de este instituto de educación superior, desarrollando funciones en las áreas de educación de pregrado y posgrado; investigación y desarrollo, y extensión.

Como una forma de entregar una visión panorámica de las actividades de la Academia Politécnica Militar, se presenta a continuación un resumen de lo realizado durante el año 2013:

## EDUCACIÓN DE PREGRADO Y DE POSGRADO.

### a) Pregrado.

Las actividades relevantes del año 2013 desarrolladas fueron las siguientes:

- En diciembre se titularon 34 nuevos Ingenieros Politécnicos Militares en las especialidades que se mencionan:

- 14 en Ingeniería en Sistemas Logísticos, Mención Mantenimiento.
- 8 en Ingeniería en Sistemas Logísticos, Mención Abastecimiento.
- 6 en Ingeniería en Sistemas Tecnológicos de la Información y Comunicación, Mención Informática y Computación.
- 5 en Ingeniería en Sistemas de Armas, Mención Vehículos Militares.
- 1 en Ingeniería Aeronáutica.

- Durante septiembre los alumnos del IV CRIM realizaron un viaje de estudios al continente europeo visitando fábricas e industrias militares en Francia, España e Italia.
- Los alumnos del II, III y IV CRIM, en el mes de julio realizaron las prácticas profesionales en instalaciones militares de Arica, Iquique y Punta Arenas.
- En enero del año 2013 ingresó al I Año del Curso Regular de Ingeniería Militar un grupo de 20 alumnos del Ejército y una alumna de la Fuerza Aérea de Chile.

### b) Posgrado.

En el área de posgrado, durante el año 2013, se han dictado e iniciado los siguientes programas de magíster:

- Finalización del Magíster en Ingeniería de Sistemas Logísticos (5ª. versión) que tiene doble titulación con la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Duración 2 años.
- Se dio inicio al Magíster en Ciencias de la Ingeniería, con mención en Sistemas de Armas y Vehículos Militares, impartido por profesores nacionales y de la Universidad de Cranfield (Reino Unido). Duración 2 años.





- Se inició el Magíster en Ingeniería de Sistemas Logísticos (6ª. versión) que tiene doble titulación con la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Duración 2 años.

Adicionalmente se impartieron cursos en las áreas del conocimiento que se mencionan:

- Diplomado en “Gestión y Administración de Recursos y Proyectos de Defensa”, dictado a los alumnos del III año del Curso Regular de Estado Mayor. Participaron 50 alumnos.
- Diplomado en “Proyectos de Inversión en Defensa” impartido a 12 oficiales de DIPRIDE y a 2 oficiales de la FACH.
- Primer Curso Nivel Técnico Superior de “Supervisor Administrativo de Mantenimiento” (SAM) para 18 suboficiales y clases.

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Sus objetivos estratégicos son:

- Cooperar en la búsqueda de soluciones prácticas y eficientes a los problemas tecnológicos institucionales, dentro de las líneas de investigación definidas por la Academia.
- Implementar programas y proyectos de investigación, a fin de apoyar los objetivos académicos e institucionales, generando y gestionando el conocimiento adquirido.

Actividades de investigación y desarrollo (I+D) que desarrolla la Academia:

- Investigación Básica: Trabajos experimentales o teóricos que se emprenden

principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.

- Investigación Aplicada: Trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos, la que está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.
- Desarrollo Experimental: Trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica. Está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes.
- Innovación Tecnológica (Clubes Ateneo): Desarrollar pequeños proyectos para incentivar y unir a los alumnos de todos los CRIM, a través del conocimiento y el aprender haciendo, que permita conocer nuevas realidades científico-tecnológicas con el fin de que estas puedan ser aplicadas a la realidad institucional.

Las principales actividades de I+D desarrolladas durante el año 2013 son las que se detallan a continuación:

### *“INVESTIGACIÓN BÁSICA”, ORIENTADA A MEMORISTAS.*

#### **OBJETIVOS:**

- Validar y priorizar temas desde el punto de vista de interés institucional y apoyo a la fuerza, que se orienten a resolver problemas reales de la institución.



- Generar temas de memoria a partir de proyectos de investigación, trabajos especiales solicitados, publicaciones, proyectos FONDEF, proyectos CORFO y toda actividad pertinente a las líneas de investigación definidas por el Departamento de Investigación y Desarrollo.

## MEMORIAS DE PREGRADO:

### ESPECIALIDAD: SISTEMAS DE ARMAS MENCION: VEHÍCULOS MILITARES

N°	GRADO	NOMBRE MEMORISTA	TÍTULO MEMORIA	UNIDAD PATROCINANTE
1	MAYOR	JUAN VALENZUELA INOSTROZA	IDENTIFICACIÓN DE DAÑO ESTRUCTURAL EN UNA PALA DE HELICÓPTERO, MEDIANTE EL USO O UTILIZACIÓN DE REDES NEURONALES.	BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO
2	CAPITÁN	ÓSCAR RODRÍGUEZ UNDIRRAGA	DISEÑO DE UN MODELO TÉRMICO PARA EL CARRO MARDER.	ACAPOMIL DID
3	CAPITÁN	PATRICIO ESCOBAR CONTRERAS	DISEÑO PRELIMINAR DE UN SILENCIADOR PARA LA SAF-200.	FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO (FAMAE)
4	CAPITÁN	LUIS PARRA ROJAS	ANÁLISIS DE FALLA DE LA BARRA DE TORSIÓN DEL APC M-113.	FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO (FAMAE)
5	CAPITÁN	MICHEL MICKMAN JERARDINO	DISEÑO DE UN PROTOTIPO GENERADOR DE HIDRÓGENO Y OXÍGENO PARA UN MOTOR DIÉSEL EN USO EN EL EJÉRCITO.	FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO (FAMAE)

### ESPECIALIDAD: SISTEMAS LOGÍSTICOS MENCION: ABASTECIMIENTO

N°	GRADO	NOMBRE MEMORISTA	TÍTULO MEMORIA	UNIDAD PATROCINANTE
1	MAYOR	CLAUDIO PICHARA ABUYERES	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN CAMPAÑA.	JEFATURA DE ABASTECIMIENTO
	CAPITÁN	BERNARDO PALACIOS CERGNA		
2	MAYOR	CARLOS GUTIÉRREZ ZUÑIGA	REQUERIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE FLOTAS EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DEL EJÉRCITO.	JEFATURA DE ABASTECIMIENTO
	CAPITÁN	ARACELY MORALES PEÑA		
3	CAPITÁN	ARIEL VALENZUELA VERDUGO	MODELO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE STOCK DE SEGURIDAD DE VESTUARIO DEL ALMACÉN MILITAR DEL EJÉRCITO.	ALMACÉN MILITAR DEL EJÉRCITO
	CAPITÁN	LEOPOLDO ARAYA MAGNERE		
4	CAPITÁN	GONZALO TISI YAVAR	MÉTODO DE GESTIÓN DE STOCK DE INSUMOS CLÍNICOS PARA EL HOSMIL.	HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO
	TENIENTE	JUAN ARAYA TRONCOSO		

### ESPECIALIDAD: SISTEMAS LOGÍSTICOS MENCION: MANTENIMIENTO

N°	GRADO	NOMBRE MEMORISTA	TÍTULO MEMORIA	UNIDAD PATROCINANTE
1	MAYOR	MARIO SOTO ÁLVAREZ	DETERMINAR LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA DE ARMAS DE USO EN EL EJÉRCITO DE CHILE.	DIVISIÓN MANTENIMIENTO
	MAYOR	RAFAEL GONZÁLEZ HIDALGO		
2	MAYOR	ALEJANDRO GONZÁLEZ SALAZAR	DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL MODULAR DE CAMPAÑA DEL EJÉRCITO.	RLE N° 1 "BELLAVISTA"
3	MAYOR	GUILLERMO SALAS KURTE	APLICACIÓN DEL MODELO PHM (PROPORTIONAL HAZARD MODEL), PARA EL CÁLCULO DEL RIESGO DE LOS COMPONENTES DE UN ACTIVO DE DEFENSA.	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL (IDIC)
	CAPITÁN	ALBERTO URÍZAR VEGA		
4	MAYOR	PABLO SILVA IBACETA	DISEÑO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIONES GUARNICIONALES Y ADMINISTRATIVAS "TORRENTE".	JEFATURA DE COMUNICACIONES
5	MAYOR	JORGE SAN MIGUEL PINO	MANTENIMIENTO RECUPERATIVO INTEGRAL (MRI) BASE, PARA UN SISTEMA DE ARMAS EN USO EN EL EJÉRCITO.	FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO (FAMAE)
	TENIENTE	JUAN MADARIAGA VÁSQUEZ		
6	CAPITÁN	CLAUDIO RUBIO ESTAY	MANUAL DE USO DEL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UNA UNIDAD DE MANTENIMIENTO.	DIVISIÓN MANTENIMIENTO
7	CAPITÁN	JUAN LE-BERT BARISON	MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO (KPIs), PARA LA GESTIÓN DE ACTIVOS DE DEFENSA EN LOS CENTROS DE MANTENIMIENTO DEL EJÉRCITO.	DIVISIÓN MANTENIMIENTO
8	CAPITÁN	CHRISTIAN MARTÍNEZ BAUER	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA MÓVIL DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A BASE DE ENERGÍA SOLAR PARA EL APOYO LOGÍSTICO DE LAS UNIDADES DESPLEGADAS EN TERRENO.	ACAPOMIL
9	CAPITÁN	RENATO ROJAS VARGAS	AUMENTO DE LA CONFIABILIDAD DEL MBT LE0244, MEDIANTE TÉCNICAS DE MANTENCIÓN PREVENTIVA BASADA EN LA CONDICIÓN (MPBC).	ACAPOMIL DID-FONDEF
	CAPITÁN	FELIPE VÁSQUEZ VALENZUELA		
10	CAPITÁN	EDUARDO PEREIRA DÍAZ	MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONDICIÓN DE LOS GRUPOS GENERADORES DEL HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO.	HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO

### ESPECIALIDAD: SISTEMAS TICs MENCION: INFORMÁTICA Y COMPUTACIÓN

N°	GRADO	NOMBRE MEMORISTA	TÍTULO MEMORIA	UNIDAD PATROCINANTE
1	MAYOR	JAVIER LOYOLA KLENNER	DESARROLLO DE LA HOJA DE VIDA DIGITAL.	COMANDO GENERAL DE PERSONAL
2	MAYOR	PEDRO ZAMANILLO GÁLVEZ	DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA DE CONTROL DE GESTIÓN ESTRATÉGICA PARA LA ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR.	ACAPOMIL
	CAPITÁN	JAVIER PINTO AGÜERO		



N°	GRADO	NOMBRE MEMORISTA	TÍTULO MEMORIA	UNIDAD PATROCINANTE
3	CAPITÁN	ÁLVARO MELO CHÁVEZ	DISEÑO DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN EN VIVO DE ARTILLERÍA DE CAMPAÑA PARA EL ENTRENAMIENTO DE UNIDADES A NIVEL GRUPO.	CENTRO DE MODELACIÓN Y SIMULACIÓN
	CAPITÁN	ÁLVARO BAKER WEISS		
4	CAPITÁN	JAIME LORENZINI VENEGAS	DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LAS NOVEDADES INSTITUCIONALES DEL REGIMIENTO DE INTELIGENCIA.	REGIMIENTO DE INTELIGENCIA

**“INVESTIGACIÓN APLICADA”, ORIENTADA AL APOYO DE LA FUERZA.**

**OBJETIVOS:**

Desarrollar estudios e investigaciones que se orienten a resolver problemas reales de la institución.

Desarrollar estudios e investigaciones como organismo de investigación y desarrollo del Sistema de Investigación del Ejército (SIDE), en los siguientes subsistemas:

- Investigación para el combate, generación de doctrina y docencia (CEDOC).
- Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología (CIMI).

**ÁREA SISTEMAS DE ARMAS Y VEHÍCULOS MILITARES:**

- Nombre: SISTEMA DE CONTROL DE CHUSCA  
Organismos: ACAPOMIL-FAMAE.  
Objetivo: Diseñar un sistema de control de chusca, para disminuir o eliminar el nivel de polvo y arena que llega al sistema de admisión de aire de un vehículo blindado.  
Duración: marzo 2010-abril 2013

- Nombre: RECALENTAMIENTO DE CARRO BLINDADO.  
Organismos: ACAPOMIL-DIPRIDE-DICTUC.  
Objetivo: Realizar un estudio conceptual relacionado con las alternativas de ventilación y aislación térmica interior en vehículos blindados.  
Duración: noviembre 2012-abril 2013

**ÁREA SISTEMAS TICs DE APLICACIÓN MILITAR:**

- Nombre: SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN DE DISPAROS.  
Organismos: ACAPOMIL-RDECOM (US ARMY).  
Objetivo: Desarrollar un demostrador tecnológico de localización de disparos de armas cortas que permita identificar la dirección, velocidad y calibre del tiro disparado en sectores urbanos.  
Duración: abril 2010-mayo 2013
- Nombre: SISTEMA DE SIMULACIÓN DE ARTILLERÍA DE CAMPAÑA (SIMART).  
Organismos: ACAPOMIL.  
Objetivo: Desarrollar un sistema de simulación de artillería de campaña, modular y de bajo costo, que permita el entrenamiento de las UCs, aumentando la eficiencia y eficacia, disminuyendo con ello el desgaste del material, el consumo de munición y el riesgo para el personal usuario de los sistemas de armas.  
Duración: marzo 2011-diciembre 2014
- Nombre: SISTEMA DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO INSTITUCIONAL-WIKIMIL.  
Organismos: ACAPOMIL-DIPRIDE.  
Objetivo: Diseñar e implementar un sistema de gestión del conocimiento institucional



denominado "WIKIMIL", para su uso colaborativo entre los organismos del Ejército que generen conocimiento, permitiendo entregar una herramienta tanto para los profesores, alumnos e investigadores, como para el personal de la institución. Duración: agosto 2011-diciembre 2013

- Nombre: DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE BATERÍAS RECARGABLES PARA SIMULACIÓN Y ENTRENAMIENTO DE DISPAROS Y ESTUDIO DE COSTOS DE FABRICACIÓN POR LOTES.

Organismos: ACAPOMIL-AXYS.

Objetivo: Desarrollar un prototipo de baterías recargables de ion-litio, para su uso en los sistemas de entrenamiento de disparo y un estudio para su producción por lotes.

Duración: diciembre 2013-mayo 2014

### *"INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL", ORIENTADA AL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO.*

#### **OBJETIVOS:**

Desarrollar proyectos de carácter científico-tecnológicos a través de alianzas estratégicas con otros organismos de gobierno, institucionales y privados, mediante la postulación de fondos concursables que permitan una aplicación dual (Civil-Militar).

Integrar a investigadores y alumnos en cada uno de los proyectos.

#### **PROYECTO FONDEF D10I1069:**

- Nombre: MODELOS MULTIFÍSICOS SIMULADOS EN TIEMPO REAL APLICADOS AL MANTENIMIENTO

PREDICTIVO REMOTO.

Organismos: ACAPOMIL-AXYS-PUC-KOMATSU

Objetivo: Desarrollar modelos multifísicos simulados en tiempo real aplicados al mantenimiento basado en la condición (MBC) y mantención predictiva (MP), que permitan obtener en tiempo real el estado de salud del vehículo y poder planificar el mantenimiento de manera predictiva.

Duración: octubre 2012-octubre 2014

#### **PROYECTO CORFO LÍNEA 1, I+D APLICADA:**

- Nombre: GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO RADIOISÓTOPOS.

Organismos: ACAPOMIL-CCHEN-FCFM-UNIVERSIDAD DE CHILE.

Objetivo: Estudiar, investigar y desarrollar un dispositivo que transforme la radiación beta de ciertos radioisótopos, en energía eléctrica y que permita la carga de dispositivos móviles mediante una batería de larga duración (20 años) denominada "Betabatería".

Duración: noviembre 2012-septiembre 2014.

#### **INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (CLUBES ATENEO).**

##### **OBJETIVO:**

Desarrollar proyectos para incentivar y unir a los alumnos de todos los CRIM<sup>1</sup>, a través del conocimiento y el "aprender haciendo", que permitan conocer nuevas realidades científico-tecnológicas y que tengan por finalidad la aplicación práctica de los conocimientos de ingeniería, siendo un complemento fundamental a las ciencias exactas que reciben durante los 5 años en la Academia.

<sup>1</sup> CRIM: Curso Regular de Ingeniería Militar.



## ÁREA DE ENERGÍAS RENOVABLES:

- Nombre: VEHÍCULO SOLAR ATENEA I Y II.  
Organismos: ACAPOMIL-ENAER-SOLARWATT (Alemania).  
Objetivo: Desarrollar un vehículo impulsado por energía solar-mecánica, por medio de paneles fotovoltaicos, para participar en la principal carrera de autos solares de latinoamérica "Carrera Solar Atacama" en el norte del país y generar, a su vez, una base de conocimientos en el área de energías renovables.

### Resultados:

Carrera Solar Atacama 2011, ACAPOMIL obtuvo el 3<sup>er</sup> lugar (ATENEA I).

Carrera Solar Atacama 2012, ACAPOMIL obtuvo el 1<sup>er</sup> lugar (ATENEA II).

## ÁREA DE VEHÍCULOS NO TRIPULADOS:

- Nombre: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VEHÍCULO TERRESTRE NO TRIPULADO (UGV) DE USO MILITAR.  
Organismos: ACAPOMIL-AXYS-OLIMEX.  
Objetivo: Diseñar y construir un vehículo no tripulado con fines docentes, capaz de desempeñar diferentes tareas en ambientes peligrosos, además de servir como plataforma para el desarrollo de futuras investigaciones de aplicación militar.  
Duración: noviembre 2012-abril 2014.

## ÁREA DE ROBÓTICA:

- Nombre: TALLERES DE ROBÓTICA.  
Organismos: ACAPOMIL-ROTATECNO.

Objetivo: Realizar talleres de robótica orientado a los hijos del personal del Ejército, para fomentar e incentivar el ingenio en los niños por medio de la robótica, con apoyo de monitores de Rotatecno y alumnos de la Academia, los que mediante un trabajo en equipo pudieron presentarse en la competencia nacional de robótica denominada "First Lego League", que reúne a equipos de robótica de los principales establecimientos de educación, oportunidad donde el equipo ACAPOMIL obtuvo el 3<sup>er</sup> lugar a nivel nacional.

Duración: marzo 2011-diciembre 2013

### EXTENSIÓN:

El objetivo fundamental es satisfacer necesidades culturales y morales y, además, contribuir al fortalecimiento de valores humanistas, éticos, solidarios en la comunidad intra y extra Academia.

Las tareas relevantes cumplidas en esta área han sido:

### COLECCIÓN DE ENSAYOS ACAPOMIL:

#### OBJETIVO:

Incrementar el Fondo Editorial de la Academia Politécnica Militar", poniendo a disposición de los oficiales de las FF.AA. y público en general, documentos inéditos, que vayan a la vanguardia del conocimiento, elaborados por nuestros docentes y que signifiquen un aporte a la discusión académica en temas de ciencia y tecnología para la defensa.





## COLECCIONES:

N°	TÍTULO	RESUMEN	AUTOR	AÑO
1	"DE FANTASMAS Y MÁQUINAS"	EL ENSAYO SUPONE UN INTENTO POR ESCUDRIÑAR LA RELACIÓN ENTRE EL HOMBRE Y LA MÁQUINA, EN UNA ÉPOCA ESPECIALMENTE DOMINADA POR LOS AVANCES CIENTÍFICOS Y, EN PARTICULAR, POR LA TECNOLOGÍA. ESTA RELACIÓN, CON TODAS SUS IMPLICACIONES Y ALCANCES ES SOMETIDA AQUÍ AL ESCRUTINIO DE NUMEROSOS E ILUSTRES PENSADORES (FILÓSOFOS, CIENTÍFICOS, POETAS) QUE EN TODAS LAS ÉPOCAS Y EDADES HAN REFLEXIONADO SOBRE ESTA PECULIARIDAD DE LA CONDICIÓN HUMANA.	CDL. SERGIO ROSALES GUERRERO	2011
2	"EXPLOSIVOS, PROPELENTES Y PIROTECNIA"	EL ENSAYO PRESENTA UN ESTADO DEL ARTE SOBRE LOS FENÓMENOS RELACIONADOS CON LAS MATERIAS ENERGÉTICAS, PRODUCCIÓN DE LOS EXPLOSIVOS, TIPOS Y REACCIONES, PROPELENTES, COHETES Y PROPULSIÓN, PIROTECNIA Y, ADEMÁS, DE HACER MENCIÓN A LAS MATERIAS ENERGÉTICAS AVANZADAS Y NUCLEARES.	DR. NIKOLA B. ORBOVIC	2012
3	"GUERRA ELECTRÓNICA, EL DOMINIO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE LAS TIC'S EN EL CAMPO DE BATALLA DIGITAL"	EL ENSAYO ABORDA EL CONCEPTO DE LA GUERRA ELECTRÓNICA Y SU APLICACIÓN EN LAS TELECOMUNICACIONES, SENSORES, SISTEMAS DE M&C Y LOS SISTEMAS DE ARMAS, ENFOCANDO SU APLICACIÓN AL CICLO DE MANDO Y CONTROL Y A LA TOMA DE DECISIONES DEL COMANDANTE EN EL CAMPO DE BATALLA DIGITAL.	CDTE. ESC.(R) PEDRO JARPA MARTÍNEZ	2013

## LIBRO DE HISTORIA DE LA INGENIERÍA MILITAR:

Se encuentra en etapa de redacción el libro: **"La Academia Politécnica Militar del Ejército de Chile: Pasado, Presente y Futuro"**.

## CONFERENCIAS Y CHARLAS:

Conferencias dictadas por destacados expositores nacionales:

Clase magistral "Construyendo un País de Emprendedores", dictada por el Vicepresidente Ejecutivo de CORFO, señor Hernán Cheyre Valenzuela.

Con esta actividad se dio inicio al año académico 2013.

Conferencia "Sistema OTAN de Catalogación", dictada por el capitán de fragata Benjamín Riquelme Oyarzún.

Conferencia "Gestión de Activos y Mantenimiento", presentada por el ingeniero mecánico Sr. Marcelo Marambio Díaz de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Conferencia "Desarrollo de Capacidades Militares", dictada por el general de brigada Jorge Peña Leiva, Director de DIPRIDE.

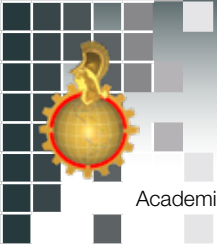
Conferencia "Situación Actual de la Armada", dictada por el teniente de la Armada Hugo Fuentealba Quiroz, alumno del III año de la ACAPOMIL.

Conferencia "Sistema de Telecomunicaciones del Ejército", dictada por el teniente coronel Juan Lopizic Balic, Subjefe de Comunicaciones de la Jefatura de Telecomunicaciones del Ejército.

Conferencia "Energía Nuclear. Estado y Desafíos", dictada por el ingeniero politécnico militar coronel (R) Dr. Jaime Salas Kurte, Director Ejecutivo de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

Conferencia "Seguridad Informática", presentada por el teniente coronel Ignacio Vizcaya Gubbins de la Dirección de Inteligencia del Ejército.

Conferencia "Rol de la ONEMI, ante Emergencias, Desastres y Catástrofes. Desarrollo Actual y Futuros Desafíos", dictada por el ingeniero politécnico militar, coronel (R) Sr. Rodrigo Ortiz Jara, Subdirector de Gestión del Riesgo de la ONEMI.



## RESPONSABILIDAD SOCIAL:

La responsabilidad social de la Academia se ha plasmado en el apoyo espiritual y material a la “Escuela Especial Sol de La Reina”, a través de visitas periódicas y donaciones realizadas por el personal de planta y alumnos de nuestra Academia.

Esta escuela tiene una matrícula de 105 alumnos con capacidades diferentes, en edades que fluctúan entre los 3 y 26 años.

Al concluir esta breve reseña de las actividades relevantes llevadas a cabo durante el año 2013, la Academia Politécnica Militar reafirma su compromiso de centrar sus objetivos fundamentales en el desarrollo de la ingeniería en apoyo a la fuerza terrestre y de nuestro Ejército, así lo demuestra lo realizado durante sus 88 años de existencia de nuestra querida Academia Politécnica Militar, institución de educación superior formadora de los futuros ingenieros militares para el Ejército de Chile.

**Santiago, marzo de 2014**



# SUMARIO



## Artículos Científicos

Pág.

Ciberseguridad y ciberdefensa: dos elementos de la ciberguerra.	11
Proyecto CORFO "Baterías betavoltaicas de larga duración", Código 12IDL1-16056.	26
Memorias de pregrado promoción 2008-2012.	45

## Ingeniería en Sistemas de Armas Mención Mecánica

Acondicionamiento térmico de un laboratorio de gestión técnica y control de calidad de óptica.	45
Desarrollo de un prototipo de un fusil de entrenamiento.	45
Fundamentos teóricos para la calificación experimental del emisor de humo 76 mm multiespectral FAMAE.	46
Diseño preliminar de un sistema de absorción de energía para proyectiles de hasta 20 x 139 mm.	47
Diseño de un chaleco táctico balístico para la fuerza terrestre del Ejército de Chile.	48
Estandarización de criterios utilizados en pruebas de certificación de carros M-113 usados.	50
Diseño preliminar de un subcalibre para tanque Leopard 2A4.	50
Sistema de control de munición para la fuerza terrestre del Ecuador.	51

## Ingeniería en Sistemas de Armas Mención Electrónica

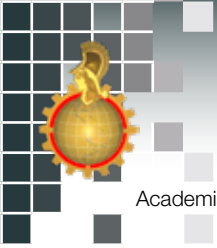
Diseño conceptual de una estación repetidora transportable para la red norte del Sistema de Comunicaciones del Ejército.	53
Diseño preliminar de un sistema de eficiencia energética, controlado por domótica para la Academia Politécnica Militar.	53
Diseño preliminar de un sistema de ahorro de energía eléctrica, mediante el empleo de energías renovables, para la Academia Politécnica Militar.	54
Factibilidad técnica y costos asociados para integrar la totalidad de la demanda de comunicaciones satelitales a la plataforma satelital existente en el Ejército.	55
Diseño conceptual de un sistema de interrogación láser, para la identificación de vehículos militares terrestres en el campo de batalla terrestre.	56

## Ingeniería en Sistemas Mención Geoinformática

Metodología para el funcionamiento de un Centro de Procesamiento y Análisis de Datos para un Sistema Global de Navegación por Satélite.	58
Desarrollo de una metodología para el análisis del desplazamiento de unidades en el nivel de planificación táctica de combate, basado en un Sistema de Información Geográfico y un software de simulación.	59
Diseño conceptual de un Sistema de Información Geográfico Militar para una Brigada Acorazada.	60
Incorporación de un modelo matemático de área de inundación por efectos de tsunamis en el Sistema Integrado de Información para Emergencias (SIE).	61
Diseño preliminar del módulo de observación del sistema de simulación de artillería de campaña.	61

## Noticario Acapomil







## Ciberseguridad y ciberdefensa: dos elementos de la ciberguerra

MAY. (IPM) Alejandro Gómez Abutridy. Ingeniero en Sistemas, Mención Geoinformática.

### Resumen

La presente publicación tiene como objetivo recopilar los principales antecedentes sobre la guerra cibernética y de esta forma poder disipar la incertidumbre que existe ante esta nueva dimensión del espacio de batalla, el cual es el ciberespacio, específicamente la relación y las diferencias existentes entre la ciberdefensa y ciberseguridad, elementos principales de la ciberguerra. Estos dos paradigmas serán aclarados y explicados para formar una base de conocimiento, a quienes deseen adentrarse en esta área sintética diseñada por el hombre y que forma parte de un nuevo escenario, el cual no posee fronteras ni leyes físicas y solo lo limita la imaginación de quienes idean los diferentes programas de códigos binarios, donde sus efectos traspasan las fronteras de lo digital al mundo real.

### Introducción

En la actualidad, nosotros como seres humanos, vivimos dos realidades diferentes, paralelas y simultáneas, una de ellas es el mundo físico donde habitamos diariamente, interactuamos con personas, utilizamos dinero real, nos movilizamos por medio de transportes y nos limita la física de nuestro entorno. Por otro lado está la realidad de una gran mayoría de nuestros semejantes, y que va en aumento, que vive en un mundo digital, donde las interacciones con otras personas son por medio de las redes sociales, donde la información y las transacciones se mueven a la velocidad de la luz, donde los acontecimientos pueden suceder en forma simultánea en diferentes lugares e impactar a todos los elementos de la red al mismo tiempo (ubicuidad), en este mundo

Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Mención Tecnologías de la Información y Comunicación de Aplicación Militar.

donde la física no tiene cabida y entra en juego solo la imaginación de cómo utilizar el código binario que alimenta a este mundo digital.

El mundo digital del ciberespacio nos permite realizar actividades de manera inmediata, donde todo es accesible desde cualquier punto de la red y todo está disponible en un instante, es allí donde comenzamos a intercambiar gigabytes de datos diariamente y estos se transforman posteriormente en terabytes de información y finalmente esta gran base de datos global crece diariamente en forma exponencial. Ante este escenario, nace la necesidad de gestionar esta gran cantidad de información, administrarla y utilizarla, además, nuestra vida entera se encuentra registrada en esta red global, ya que confiamos en ella, le entregamos nuestra información personal, nuestro dinero, nuestras relaciones sociales y profesionales a sistemas informáticos (servidores).

Desde el punto de vista militar, este mundo paralelo construido por ceros y unos, denominado ambiente digital o ciberespacio, también le han afectado los conflictos. Estos conflictos pueden ser desde pequeños enfrentamientos, pasando por las batallas y hasta una guerra, y no son tan distintos como los de la vida real, pero cambia el escenario en que se desenvuelven, de los campos de batalla (espacio terrestre) al ciberespacio, y aunque estos son menos sangrientos que en la realidad, no son menos violentos, debido a que el entorno virtual permite librar conflictos reales, desde los pequeños países hasta las grandes potencias mundiales, por lo que el escenario es global.





## EL CIBERESPACIO: SUS INICIOS

Las primeras conexiones entre computadores se efectuaron en la década de los sesenta, donde se realizaron numerosas pruebas de intercambio de información por medio de la red. A continuación, en los setenta, la Universidad de California de Los Angeles (UCLA), por encargo del DoD<sup>2</sup> de Estados Unidos, desarrolló el primer nodo de la red de computadores denominada ARPANET<sup>3</sup>, como medio de comunicación entre los diferentes organismos del país, siendo esta red los inicios de la actual Internet.

Posteriormente esta red inició su carrera, siendo a fines de la década de los setenta e inicios de los ochenta cuando se denominó INTERNET, junto con la transición al protocolo de comunicación TCP/IP,<sup>4</sup> que permitió la gran masificación de esta red. En 1984, el escritor William Gibson fue quien popularizó la palabra “Ciberespacio” en una de sus novelas (Neuromante, 1984), siendo este término por el cual se identifica actualmente a la Internet.

Uno de los avances más importantes de la Internet, ha sido la World Wide Web (WWW) o como se denomina en forma resumida “La Web”. Este servicio nace en los años noventa como un conjunto de protocolos que permite en forma sencilla, la consulta remota de archivos por medio del lenguaje HTML,<sup>5</sup> dando paso posteriormente a la creación de los primeros servidores web, navegadores y las primeras páginas web, a finales del año 1991. Además de este servicio existen otros, donde los más conocidos son:

SMTP<sup>6</sup> para el envío de correos, FTP<sup>7</sup> y P2P<sup>8</sup> para la transmisión de archivos, VoIP<sup>9</sup> para la transmisión de contenido y comunicación multimedia-telefonía, IPTV<sup>10</sup> para la transmisión de televisión y TELNET<sup>11</sup> para el acceso remoto a otros dispositivos.

Esta red de datos, complementada con el vertiginoso crecimiento de la tecnología de los computadores, como lo señala Gordon Moore, cofundador de Intel, el cual expresó en su “Ley de Moore” en 1965, que cada dos años se duplicará el número de transistores en un circuito integrado, ley que se ha cumplido hasta el día de hoy pero ha disminuido en el período de dos años a un año e incluso, se podría decir hasta algunos meses. Por otra parte el costo de los computadores también ha sufrido variaciones en el tiempo, ya que cada año el costo del hardware disminuye a la mitad, siendo estos dos factores los motivos por el cual, tanto el uso de los computadores como el uso de la red Internet, desde su creación, ha experimentado un incremento exponencial tanto en su uso como en la velocidad de la transmisión de los datos.

Lo anterior presenta actualmente un desafío, debido a que cada día es más fácil adquirir un computador e internarse en esta red mundial, siendo este un problema, ya que existen millones de usuarios que pueden ser una potencial amenaza para los organismos tanto públicos como privados, los cuales están cada día más integrados a la red y, por ende, poseen una mayor vulnerabilidad de la información almacenada y compartida que utilizan para entregar un determinado servicio, debido a

<sup>2</sup> DoD, Department of Defense, USA.

<sup>3</sup> ARPANET, AdvanceResearchProjects Agency Network.

<sup>4</sup> TCP, Transmission Control Protocol. IP, Internet Protocol.

<sup>5</sup> HTML, Hyper Text MarkupLanguage.

<sup>6</sup> SMTP, Simple Mail Transfer Protocol.

<sup>7</sup> FTP, File Transfer Protocol.

<sup>8</sup> P2P, Peer To Peer.

<sup>9</sup> VoIP, Voiceover IP.

<sup>10</sup> IPTV, Internet ProtocolTelevision.

<sup>11</sup> TELNET, Telecommunication Network.



que la sociedad les exige cada día una mayor rapidez e instantaneidad en la entrega de la información y la interacción con diferentes personas a lo largo y ancho del globo, conectando al mundo bajo un solo entorno virtual, lo que llamamos actualmente “La Globalización de la Información”.

## EL CIBERESPACIO: EL CUARTO GLOBAL COMMONS

Al hablar del ciberespacio, resultan una serie de definiciones y conclusiones dependiendo del punto de vista y del área en el cual se encuentre y el estado de la tecnología. La RAE<sup>12</sup> define al ciberespacio como: “ámbito artificial creado por medios informáticos”. Otros autores dicen que el ciberespacio es: “el conjunto de medios físicos y lógicos que conforman las infraestructuras de los sistemas de comunicaciones e informáticos”. Otra posible definición es: “un ámbito caracterizado por el uso de la electrónica y el espacio electromagnético para almacenar, modificar e intercambiar datos a través de los sistemas de red y la infraestructura física asociada”.

Tomando en cuenta las diferentes definiciones, podríamos resumir e identificar que el ciberespacio es: “Un espacio artificial creado por el hombre, compuesto por ceros y unos (código binario), que permite transportar información de manera instantánea, por medio de las redes alámbricas o inalámbricas entre computadores interconectados en forma directa o indirecta a nivel global”.

“El ciberespacio es mucho más que Internet, más que los mismos sistemas y equipos, hardware y software e incluso más que los propios usuarios, es un nuevo espacio, con

sus propias leyes físicas que, a diferencia de los demás espacios, ha sido creado por el hombre para su servicio”.<sup>13</sup>

Este nuevo entorno del cual millones de personas dependen diariamente, pasa a ser un elemento necesario tanto como la tierra, el mar y el espacio aéreo (espectro electromagnético), los que son denominados “Global Commons”, ya que estos elementos no pueden ser propiedad de ningún Estado ni tampoco estos pueden tener un control exclusivo sobre ellos, ya que son elementos básicos para el desarrollo de la vida de las personas. Al analizar estos Commons, podemos afirmar que el ciberespacio ha pasado a ser un cuarto “Global Commons”, debido a que posee las características como las detalladas anteriormente de un commons y además posee otras que lo diferencian, como son:

- El ciberespacio, es un ambiente único, sin fronteras geográficas, por lo que la amenaza puede estar en cualquier parte del mundo y es difícil de localizar.
- La defensa es compleja, ya que intervienen factores tanto privados como estatales.
- El ciberespacio no debe considerarse aisladamente para la defensa, ya que esta interrelacionado con los demás espacios.
- Los conflictos en el ciberespacio poseen características asimétricas, donde el atacante puede ser muy inferior al atacado, en relación a los medios técnicos, ya que con pocos medios y baratos se pueden ocasionar tremendos perjuicios, en forma anónima y clandestina.

<sup>12</sup> RAE, Real Academia Española.

<sup>13</sup> Seguridad Nacional y Ciberdefensa, Conferencia de Luis Feliú en la Escuela Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones, Madrid 2013.



## LA CIBERGUERRA: EL QUINTO DOMINIO DE LA GUERRA

Es frecuente referirse a los distintos espacios en que tiene lugar la guerra y en los que consecuentemente suceden ataques, explotación y defensa, como “Guerras”; de esta forma aparecen conceptos como guerra naval, guerra aérea, guerra terrestre y así, de igual forma, aparece la idea de “Guerra Cibernética” o “Ciberguerra”. Donde las confrontaciones y conflictos que tienen lugar en el ciberespacio no ocurren necesariamente en el contexto de una guerra, ni siquiera en una confrontación específica. Por ello el término ciberguerra es algo más descriptivo y representa la lucha entre dos Estados o fracciones de los mismos, que tiene lugar en el ciberespacio. Otros autores describen el concepto de ciberguerra dentro del ciberespacio como: “el quinto dominio de la guerra junto a la tierra, el mar, aire y el espacio”, Figura N° 1, y establecen que los avances tecnológicos ponen en riesgo a los ejércitos y a la sociedad debido a los ciberataques.



Figura N° 1 “El ciberespacio, el quinto dominio de la guerra”.  
Fuente: Elaboración propia.

La ciberguerra utiliza medios específicos para moverse, desenvolverse y combatir en

este entorno virtual. En este combate no se usan vehículos, fragatas o aviones como en el campo de batalla real, estos son muy diferentes a los utilizados normalmente en el hogar o las empresas, ya que no basta sólo con conectarse a internet y tratar de entrar en un computador u obtener información de usuarios y claves. Los medios utilizados son diseñados y configurados específicamente para combatir en este nuevo escenario virtual, y son computadoras, teléfonos, tabletas y hardwares robustos con sistemas operativos y aplicaciones especialmente programadas para no ser detectadas.

Las operaciones en el ciberespacio mantienen igualmente los principios de la guerra:

- Objetivo, dirigir los ataques informáticos hacia un objetivo claramente definido.
- Ofensiva, capturar, retener y explotar la iniciativa.
- Masa, sincronizar todos los elementos (programas o virus) de poder y concentrarlos donde tengan un efecto decisivo sobre el objetivo, en un corto tiempo.
- Economía de fuerzas, distribuir los medios informáticos de manera efectiva.
- Maniobra, movimiento de los medios informáticos que permitan obtener una ventaja frente al objetivo, haciendo que el enemigo pierda el equilibrio para que sus acciones sean inefectivas frente a los ataques.
- Unidad de Mando, los ataques informáticos generalmente son liderados por una persona responsable de ellos, el cual posee la autoridad para coordinar y dirigir todos los medios hacia un propósito único.





- Seguridad, los ataques informáticos poseen medidas que protegen a los autores y los medios utilizados, permitiendo eliminar los rastros dejados en la web, tanto de los equipos como de los códigos.
- Sorpresa, los ataques informáticos se realizan en un momento, lugar o de una manera en que la víctima no está preparada, lo que puede cambiar decisivamente el equilibrio. Esto se logra buscando las vulnerabilidades de los sistemas mediante el ciberespionaje.
- Simplicidad, en informática los medios por los cuales se realizan los ataques, son simples programas con códigos sencillos pero letales, siendo esto lo que permite el éxito de las operaciones en los ataques informáticos.

El elemento humano es el factor decisivo para las operaciones en el ciberespacio, ya que este espacio es un medio artificial, creado por el hombre, por lo que es un factor crítico en su desarrollo y evolución. En el extremo final de toda conexión de la red y de todo computador conectado al ciberespacio, siempre habrá una persona que la utilice, controle, la administre, la configure, la programe o la repare y, fundamentalmente, alguien que tome las decisiones y ordene las acciones en función de los datos que presenten los computadores.

En el ámbito de las operaciones militares, los ciberataques también tienen que ser considerados como una amenaza. Aunque no resulte realista plantear las acciones en el ciberespacio como el único medio de una operación militar, si ha quedado muy claro su capacidad ofensiva y resulta necesario preparar la defensa de los sistemas de

mando y control propios, para asegurar la libertad de acción en la conducción de las operaciones militares. Cada vez resulta más probable que estas se combinen o integren con ataques informáticos, con el objeto de dejar fuera de servicio las redes y sistemas informáticos del adversario. Este fue el caso de los ciberataques sufridos por Georgia durante el conflicto con Rusia en Osetia del Sur y Abkhazia. Por primera vez en la historia una operación militar fue acompañada de una serie de ciberataques a los sitios web del gobierno georgiano y otras páginas comerciales, dejándolos fuera de servicio en algunos casos.

Las consecuencias generadas por este tipo de ataques, demuestran la necesidad de dotar de una capacidad de seguridad en el ciberespacio, que garantice una adecuada protección y que a su vez permita conocer y bloquear los sistemas adversarios. En este sentido, Estados Unidos y la OTAN han desarrollado el concepto de Operaciones Cibernéticas en Redes, CNO (Computer Network Operations), que se define como: “las acciones tomadas de forma deliberada para obtener la superioridad en la información y denegarle esta al enemigo”. Esta superioridad en la información permite utilizar con seguridad el ciberespacio.

Las CNO, en combinación con las técnicas de guerra electrónica, se utilizan principalmente para interrumpir, perturbar, inutilizar, degradar o engañar los sistemas de mando y control del enemigo, anulando su capacidad para tomar decisiones con eficacia y oportunidad, preservando a la vez los sistemas de mando y control propios. Las CNO, de acuerdo a la publicación de la Joint Doctrine for Information Operations de los Estados Unidos, se subdividen en tres:



CND (Computer Network Defence), que incluye las acciones para proteger, monitorizar, analizar, detectar, reaccionar y recuperarse frente a los ataques, intrusiones, perturbaciones u otras acciones no autorizadas que podrían comprometer la información y los sistemas que la manejan.

CNE (Computer Network Exploitation), que incluye las acciones de recolección de información para inteligencia sobre sistemas de información enemigos, así como su explotación.

CNA (Computer Network Attack), que incluye las acciones tomadas para perturbar, denegar, degradar o destruir información que circula por los sistemas enemigos.

## CARACTERÍSTICAS DE UN CIBERATAQUE

El avance de los medios tecnológicos y de comunicación han provocado el surgimiento de nuevos vectores de ataques y diferentes modalidades delictivas, que han transformado la internet y las tecnologías informáticas en elementos hostiles para cualquier organización y persona que tenga equipos conectados a la World Wide Web, Figura Nº 2.



Figura Nº 2 “Características de un ciberataque”. Fuente: Ciberdefensa, Subdirección General TICs, Ministerio de Defensa, España 2012.

Un ataque informático consiste en aprovechar alguna debilidad o falla (vulnerabilidad) existente en algún programa (sistema operativo y aplicaciones), en los componentes que forman parte del ambiente de información, e incluso a las personas que utilizan estos recursos. Estos ataques han ido evolucionando a lo largo del tiempo, pasando desde experimentaciones e investigaciones durante los años 70, por los hackers motivados por la curiosidad en los 80 y 90, los script kiddies que intentaban causar daño para obtener fama de las acciones que efectuaban en el 2000 para, posteriormente transformarse en cibercriminales y profesionales en ciberguerra con objetivos comerciales y político estratégicos, a partir del 2005 en adelante, Figura Nº 3.



Figura Nº 3 “Desarrollo de los recursos de los ciberataques en el tiempo”. Fuente: INDRA, IX CICLO DE CONFERENCIAS UPM TASSI , Madrid 2013.

El objetivo es obtener información que luego pueda ser utilizada con fines fraudulentos para beneficio propio del delincuente (económicos, popularidad y militares). Es así que durante la última década se han experimentado numerosos ataques a diferentes organismos



de gobiernos y empresas civiles, siendo las operaciones más destacadas, las siguientes, Figura Nº 4:

<p><b>Operaciones Aurora</b> Intrusiones confirmadas en las redes de varias empresas americanas de software. Código fuente de su software robado.</p>	
<p><b>Operaciones Night Dragon</b> Ataques profesionales contra empresas de energía.</p>	
<p><b>Cybernet</b> Varias embajadas, consules y ministros de asuntos exteriores infiltrados por el ejército chino durante años. Ataque contra el ministerio de hacienda canadiense en marzo 2011.</p>	
<p><b>Stuxnet</b> Intrusiones en las redes de las FF.AA. de los EEUU, la NASA y empresas de defensa desde 2009.</p>	

Figura Nº 4 “Operaciones de ciberataques a nivel mundial”.  
Fuente: INDRA, IX CICLO DE CONFERENCIAS UPM TASSI, Madrid 2013.

Los ataques registrados a nivel mundial más peligrosos detectados en los últimos años han sido los siguientes:

**Stuxnet:**<sup>14</sup>

Gusano informático que afectó a equipos Windows, descubierto en junio de 2010. Es el primer gusano conocido que espía y reprograma sistemas industriales del tipo SCADA<sup>15</sup> de control y monitorización de procesos, pudiendo afectar a infraestructuras críticas como centrales nucleares. Stuxnet es capaz de reprogramar controladores lógicos programables (PLC) de la marca SIEMENS y ocultar los cambios realizados, siendo considerado a nivel mundial como: “Un prototipo funcional y aterrador de un arma cibernética que conducirá a la creación de una nueva carrera armamentista mundial para ciberataques”.

<sup>14</sup> Stuxnet, Fuente: Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/stuxnet>.  
<sup>15</sup> SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition.

**Operación Octubre Rojo:**

Los investigadores de la Compañía Kaspersky Lab., el 2012 lograron identificar una campaña de ciberespionaje que logró infiltrarse en redes informáticas de organizaciones diplomáticas, gubernamentales y de investigaciones científicas durante los últimos cinco años, con la finalidad de recolectar datos e inteligencia de dispositivos móviles, sistemas informáticos y equipos en redes. Este malware se enfoca en organizaciones de Europa del Este, ex miembros de la Unión Soviética, Asia, Europa Occidental, América del Norte y América del Sur (Chile y Brasil), Figura Nº 5.



Figura Nº 5 “Operación Octubre Rojo o Rocra”.  
Fuente: Kaspersky Lab., 2013.

Generalmente los ataques con malware se diseminan por medio de diferentes tecnologías como: dispositivos USB, mensajería instantánea, redes P2P, e-mail y páginas web específicamente diseñadas con estos propósitos. Las modalidades han variado en el tiempo, aumentando los conocimientos de los atacantes y la sofisticación del ataque, como se puede apreciar en la Figura Nº 6.





Figura N° 6 “Conocimiento del Atacante v/s Sofisticación del Ataque”.

Fuente: ISACA, J.Cano PhD, Seminario Internacional, Ciberdefensa y Ciberseguridad, España 2013.

Las fases de un ataque informático son básicamente cinco, y son las siguientes:

**Fase 1: Reconnaissance (Reconocimiento),**

involucra la obtención de información (Information Gathering) con respecto a una potencial víctima que puede ser una persona u organización, utilizando diferentes recursos tales como:

- Ingeniería Social (Dumpster Diving).
- Sniffing (Interceptar Información).

**Fase 2: Scanning (Exploración),**

se utiliza la información obtenida en la Fase 1 para sondear el objetivo y tratar de obtener datos relevantes sobre la víctima, como por ejemplo: Dirección IP, nombre de host, credenciales, entre otros. Las herramientas más utilizadas en esta fase son:

- Network Mappers.
- Port Mapper.
- Network Scanners.
- Port Scanners.
- Vulnerability Scanners.

**Fase 3: Gaining Access (Obtener Acceso),**

se comienza a concretar el ataque a través de la exploración de las vulnerabilidades y defectos del sistema (Flaw Exploitation) descubiertos durante las fases de reconocimiento y exploración. Las técnicas más utilizadas son:

- Buffer Overflow.
- Denial of Service (DoS).
- Distributed Denial of Service (DDoS).
- Password Filtering.
- Session Hijacking.

**Fase 4: Maintaining Access (Mantener el Acceso),**

una vez conseguido el acceso al sistema, se buscará implantar una herramienta que le permita volver a acceder en el futuro desde cualquier lugar donde tenga acceso a la internet. Para ello, los recursos más utilizados son los denominados código malicioso o malware:

- Backdoors.
- Rootkits.
- Troyanos.
- Gusanos.
- Virus.
- Spyware.

**Fase 5: Clearing Tracks (Borrar Huellas),**

una vez que el atacante logró obtener y mantener el acceso al sistema, intentará borrar todas las huellas que fue dejando durante la intrusión, para evitar ser detectado por un profesional de seguridad o los administradores de la red del sistema vulnerado. Buscará eliminar principalmente los archivos de registro (Logs) o alarmas del sistema de detección de intrusos (IDS).

**LA CIBERSEGURIDAD**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, (UIT), define la ciberseguridad como:



“El conjunto de herramientas, políticas, conceptos de seguridad, directrices, métodos de gestión, acciones, formación, prácticas idóneas, seguros y tecnologías que pueden utilizarse para proteger los activos de una organización y a los usuarios en el ciberentorno”.

La ciberseguridad consta de tres elementos fundamentales, que forman parte de los objetivos que intentan los potenciales atacantes. Estos son: la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de los recursos, CIA (Confidentiality-Integrity-Availability).

De igual forma en telecomunicaciones se diferencia lo que es la Infosec, es decir la seguridad de la información que se transmite, de la Transec, que es la seguridad de la transmisión, la ciberseguridad se debe entender que comprende, no sólo la confidencialidad de la información (information security) sino también la seguridad de los sistemas (information assurance), es decir, la integridad, disponibilidad, autenticidad y no repudio de la información. La seguridad del sistema se consigue cuando éste se encuentra en un estado de riesgo conocido y controlado. La Ciberseguridad debe formularse proactivamente, como un proceso continuo de análisis y gestión de los riesgos asociados al ciberespacio.

La ciberseguridad es un componente o aspecto muy importante de la seguridad nacional. Si no se controla adecuadamente el ciberespacio, la nación se puede ver afectada tanto en su libertad de acción como en su seguridad, no sólo la ciberseguridad sino toda la Seguridad nacional. Por lo tanto este ciberespacio pasa a ser un espacio estratégico a considerar, al establecer una estrategia de Seguridad y como consecuencia al planificar la correspondiente defensa nacional, por lo que habrá que definir en ella los objetivos

a alcanzar y las medidas de prevención, disuasión, protección y reacción.

Actualmente no existen organismos con responsabilidades claras en distintos sectores de la administración pública y no se dispone de un organismo único, al más alto nivel, que asuma el valor estratégico que la ciberseguridad debe tener para nuestro país y que ejerza un liderazgo, para que todos los demás organismos actúen según una única política nacional de ciberseguridad. Para lograr unificar los esfuerzos, es necesario la creación de una Estrategia Nacional de ciberseguridad, que trate de forma completa el problema y ayude a crear, tanto en las autoridades como en las empresas y particulares, una conciencia de ciberseguridad.

## LA CIBERDEFENSA

La OTAN en noviembre de 2010, junto a los ministros de defensa, aprobaron el Nuevo Concepto de Ciberdefensa, el que en junio de 2011 se concreta como la Política de Ciberdefensa y un Plan de Acción de Ciberdefensa. La OTAN, ha definido este término como: *“la aplicación de medidas de seguridad para proteger las infraestructuras críticas de los sistemas de información y comunicaciones frente a los ciberataques”* (MC0571- NATO CyberDefence Concept).

Para incorporar esta nueva capacidad, la OTAN ha desarrollado la Capacidad de Respuesta ante Incidentes Informáticos (NCIRC<sup>16</sup>), responsable de la ciberdefensa en todas las instalaciones de la OTAN, ya sean cuarteles generales fijos o desplegados en operaciones o ejercicios.

<sup>16</sup> NATO's Computer Incidents Response Capability (NCIRC).



Para dotar de medios técnicos, la OTAN ha firmado contratos de ciberdefensa con la agencia NC3A<sup>17</sup>, con la finalidad de aumentar la capacidad de ciberdefensa con empresas privadas que permitan el funcionamiento del NCIRC.

La ciberdefensa es<sup>18</sup> un ámbito de la seguridad nacional en el que los Estados deberán tomar determinadas medidas, que deberán ejecutarse en coordinación con los sectores públicos y privados, ser compatibles con los derechos y libertades individuales, ser coordinadas con otras acciones tomadas para responder a otras modalidades de agresión, establecer sistemas de respuesta a los ciberataques y fomentar la cooperación internacional.

La ciberdefensa militar es un:<sup>19</sup> *“conjunto de recursos, actividades, tácticas y procedimientos para preservar la seguridad de los **sistemas de mando y control**, la información que manejan y garantizar el **libre acceso al ciberespacio de interés militar y permitir el desarrollo eficaz de las operaciones militares** y el uso eficiente de los recursos”*.

Las Fuerzas Armadas tienen una alta dependencia de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs), ya que constituyen un pilar fundamental para llevar a cabo las operaciones militares. Este nuevo dominio donde operan estas tecnologías (ciberespacio), posee una gran cantidad de amenazas que podrían vulnerar los sistemas y poner en peligro el éxito de las operaciones militares,

así como a las personas que integran las diferentes unidades.

## ELEMENTOS NECESARIOS PARA UNA CIBERDEFENSA EFECTIVA<sup>20</sup>

Crear un equipo de respuestas ante incidentes (CSIRT):<sup>21</sup>

Todos los especialistas en TI<sup>22</sup> deben saber cómo actuar e informar, en forma interna a la institución, en caso de un incidente. El CSIRT deberá realizar la mayoría de las acciones en respuesta ante una situación que afecte la seguridad. Los usuarios finales deben informar de cualquier actividad sospechosa al personal de TI directamente o a través de un personal de asistencia, no directamente al CSIRT.

Cada miembro del equipo debe revisar detalladamente el plan de respuesta ante incidentes. El hecho de que el plan sea fácilmente accesible para todo el personal de TI ayuda a garantizar que, cuando se produzca una situación de riesgo para la seguridad, se seguirán los procedimientos correctos. El personal debe tener la capacidad técnica de distinguir entre un ataque real de uno falso positivo. El mejor motor de correlación es la experiencia del analista ante estos ataques.

Para elaborar un plan satisfactorio de respuesta ante incidentes se deben seguir los siguientes pasos:

- Realizar una evaluación inicial.
- Comunicar el incidente.

<sup>17</sup> NATO's Consultation, Command and Control Agency (NC3A).

<sup>18</sup> MC0571- NATO Cyber Defence Concept

<sup>19</sup> Estado Mayor Conjunto, Ciberdefensa en la FA, perspectiva conjunta, España 2013.

<sup>20</sup> Joint Publication 3-13, Information Operations, US-Cybercommand, 2012.

<sup>21</sup> CSIRT, Computer Security Incident Response Team.

<sup>22</sup> TI, Tecnologías de la Información.



- Contener el daño y minimizar el riesgo.
- Identificar el tipo y la gravedad del ataque.
- Proteger las pruebas.
- Notificar a los organismos externos, si corresponde.
- Recuperar los sistemas.
- Compilar y organizar la documentación de la situación producida.
- Valorar los daños y costos del incidente.
- Revisar las directivas de respuesta y actualización.

Disponer de tecnología que le permita analizar “anomalías” y monitorización:

Estamos hablando de SIEM,<sup>23</sup> registro de actividad, gestión de Logs<sup>24</sup> que permita la recopilación de eventos, normalización, correlación y respuesta a incidentes, inventario, despliegue de sensores y alarmas.

Los sistemas de seguridad tienen que ser diseñados a medida, permitiendo:

- Automatizar la detección de nuevas amenazas.
- Automatizar el proceso de análisis de ataques.
- Creación de firmas de ataques en tiempo real.
- Auditoría automática del estado de seguridad de las redes.
- Apoyar el proceso de respuesta ante incidentes de seguridad.
- Proporcionar estadísticas de ataques contra las redes.

Equipos de defensa y ataque:

Es fundamental disponer de técnicas que puedan entretener al atacante, desviando su atención en un entorno trampa y poder aprender qué es lo que busca y cómo lo hace. Por lo tanto, es muy importante tener un equipo multidisciplinario que permita llevar a cabo “el factor sorpresa” o bien la preparación de un entorno donde repeler el ataque.

Para ello es necesario que los componentes del equipo de cibernegocios dispongan de lo siguiente:

- Formación técnica especializada.
- Arquitectura de redes.
- Programación en diversos lenguajes.
- Exploits.<sup>25</sup>
- Ingeniería inversa.

Conocimientos en arquitectura de seguridad e instalación de redes trampa (honeypots, honeynets) que incluyan:

- Creación de un segmento de red idéntico a la producción.
- Programar eventos que respondan ante ataques determinados.
- Cambiar datos ficticios muy a menudo para que sea lo más idéntico al original (tarea compleja pero muy efectiva).
- Una buena formación en forensics, antiforensics y en productos SIEM comerciales o no.
- Una buena “box” de 0-Days.<sup>26</sup>

<sup>23</sup> SIEM, Security Information and Event Management.  
<sup>24</sup> Logs, registro de eventos en los computadores durante un período determinado.

<sup>25</sup> Exploit, secuencia de comandos (software) utilizado con el fin de aprovechar una vulnerabilidad de seguridad de un sistema de información, para conseguir un comportamiento deseado.

<sup>26</sup> 0-Days, ataque contra aplicaciones o sistemas que tiene como objetivo la ejecución de código malicioso gracias al conocimiento de vulnerabilidades.



Evidentemente que esto es imposible que pueda ser sostenido con una única persona, por lo que pueden haber distintos grupos para distintas acciones.

### ¿COMO PODEMOS FORMAR PROFESIONALES EN CIBERGUERRA?<sup>27</sup>

Debemos identificar grupos de habilidades críticas para la ciber guerra y carreras formales y profesionales.

Debemos integrar en su preparación cuatro principios importantes que se deben considerar, al momento en que el Ejército decida desarrollar su próxima generación de profesionales en ciber guerra:

**Primero**, las acciones de ciber guerra son actividades de trabajo en equipo, se requieren esfuerzos constructivos con un grupo de profesionales y técnicos.

**Segundo**, la diversidad del ciber espacio requiere la necesidad de contar con un sistema que identifique y categorice, de forma efectiva, las tecnologías y funciones dentro del ciber espacio.

**Tercero**, debemos expandir la cultura de los profesionales en TICs actual, a una que permita desarrollar una “cultura de ciber guerra” para los profesionales, lo que significa crear una mentalidad diferente.

**Cuarto**, las capacidades de la ciber guerra pueden variar en sofisticación; necesitamos un medio efectivo de detectar estas amenazas y disponer de un mecanismo para identificar

el nivel de sofisticación de nuestras capacidades de ciber guerra.

### NIVELES DE FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN CIBERGUERRA<sup>28</sup>

NIVEL 1 PROFESIONALES	NIVEL 2 TÉCNICOS DE NIVEL SUPERIOR	NIVEL 3 TÉCNICOS	NIVEL 4 DESARROLLADORES
PROFESIONALES EN CIBERGUERRA (CNO), QUE PLANEAN, DIRIGEN Y EJECUTAN ACTIVIDADES OFENSIVAS Y DEFENSIVAS EN A TRAVÉS DEL CIBERESPACIO, CON EXPERIENCIA EN LAS TECNOLOGÍAS Y FUNCIONES DE LAS REDES Y SISTEMAS DEL ADVERSARIO.	ANALISTAS Y ENCARGADOS DE LA SELECCIÓN DE OBJETIVOS DE CIBERGUERRA, QUE OFRECEN APOYO DE INTELIGENCIA A LAS OPERACIONES DE CIBERGUERRA. CON CAPACIDAD DE ANALIZAR LAS REDES DEL ADVERSARIO Y PREPARAR SOLUCIONES DE SELECCIÓN OFENSIVA DE OBJETIVOS PARA ARMAS Y HERRAMIENTAS DE CIBERGUERRA.	TÉCNICOS DEL CIBERESPACIO, QUE PROPORCIONAN Y MANTIENEN LA INFRAESTRUCTURA DE APOYO Y EL SISTEMA DE ARMAS DE CIBERGUERRA.	DESARROLLADORES DE CIBERGUERRA QUE DISEÑAN Y CREAN HERRAMIENTAS Y ARMAS PARA LA CIBERGUERRA. DEBEN POSEER LAS HABILIDADES DE INGENIERÍA Y DESARROLLO DE SOFTWARE PARA CREAR HABILMENTE NUEVOS SISTEMAS DE ARMAS, ARMAS Y HERRAMIENTAS.

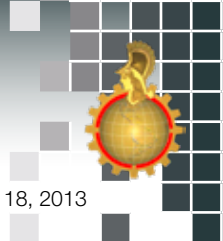
### NACIONES CON CAPACIDAD DE FORMAR PROFESIONALES EN CIBERGUERRA

PAÍS	ORGANISMO	CURSO
ESTADOS UNIDOS	AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD (NSA)	INFORMATION ASSURANCE ANALYSIS DEVELOPMENT PROGRAM (IAADP); SYSTEM AND NETWORK INTERDISCIPLINARY PROGRAM (SNIP); IAD DEVELOPMENT AND EDUCATION PROGRAM (IDEP).
	UNITED STATES MILITARY ACADEMY AT WEST POINT	SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN CIBERGUERRA Y FORENSE.
	NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL (NPS)	MASTER Y DOCTORADO EN GRADUATE SCHOOL OF OPERATIONAL AND INFORMATION SCIENCES (GSOIS); CYBER SECURITY CERTIFICATES: FUNDAMENTOS, DEFENSA Y OFENSIVO.
REINO UNIDO	CRANFIELD UNIVERSITY (DEFENSE ACADEMY)	DOCTORADO, MASTER Y DIPLOMA EN INFORMACIÓN SYSTEMS AND MANAGEMENT (CIBERGUERRA, INFORMATION WARFARE, FORENSIC COMPUTING, CNO)
OTAN	NATO COMPUTER INCIDENTS RESPONSE CAPABILITY TECHNICAL CENTRE (NCIRC)	FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO EN CIBERDEFENSA Y CIBERGUERRA (CNO)
	NATO COOPERATIVE CYBER DEFENSE CENTRE OF EXCELLENCE (CCDCOE)	CURSOS EN CIBERGUERRA (CNO)

<sup>27</sup> El Profesional de la Ciber guerra, Principios para Desarrollar la Próxima Generación, teniente coronel (USAF) Timothy Franz.

<sup>28</sup> El Profesional de la Ciber guerra, Principios para Desarrollar la Próxima Generación, teniente coronel (USAF) Timothy Franz.





## CONCLUSIONES

La ciberdefensa y la ciberseguridad no deben ser actividades aisladas, sino que deben estar incluidas en la defensa nacional y por lo tanto en la defensa militar, en la protección de infraestructuras críticas(ICs) y los sistemas de mando y control (M&C).

Para ello, se debe entender que los conceptos de ciberdefensa y ciberseguridad persiguen objetivos diferentes en cuanto a lo que permiten desarrollar y su finalidad. Es así que al analizar ambos elementos, se puede concluir que la ciberseguridad busca el desarrollo y aseguramiento de prácticas, para minimizar los riesgos, amenazas y vulnerabilidades de los sistemas informáticos tanto públicos como privados, en cambio la ciberdefensa busca el desarrollo y aseguramiento de capacidades, para la protección de infraestructuras críticas, sistemas de mando y control, que permitan el normal desarrollo de las operaciones militares y un uso seguro del ciberespacio, como se describe en la Figura Nº 7.



Figura Nº 7 “Principales aspectos de la ciberseguridad y ciberdefensa”.

Fuente: ISACA, J.Cano PhD, Seminario Internacional, Ciberdefensa y ciberseguridad, España 2013.

Si analizamos la ciberseguridad y la ciberdefensa desde un punto de vista sistémico, se puede concluir que el recurso humano es la base para generar una ciberseguridad y ciberdefensa efectiva, el cual ejecuta las acciones a través de los sistemas de información interconectados a la red Internet. Estas actividades deben estar definidas por la ciberseguridad a través de las prácticas de seguridad de los sistemas principales tanto públicos como privados para, posteriormente, complementados con la ciberdefensa, desarrollar la capacidad de defensa ante ataques informáticos, dando protección a las ICs y sistemas de M&C. Este proceso entrega a la ciberdefensa una capacidad de soporte a la ciberseguridad, la que permitirá articular las prácticas de seguridad a través del personal de profesionales en TI, Figura Nº 8.



Figura Nº 8 “Vista sistémica de la ciberseguridad y ciberdefensa”.

Fuente: ISACA, J.Cano PhD, Seminario Internacional, Ciberdefensa y ciberseguridad, España 2013.

Los ciberataques se han convertido en una amenaza constante en el mundo, así lo contemplan algunos países y organizaciones tanto públicas como privadas, los cuales ya han elaborado estrategias en ciberseguridad





o ciberdefensa. La OTAN, por su parte, ha sido el principal gestor de estas iniciativas en conjunto con Estados Unidos, ya que ellos están plenamente conscientes de este riesgo emergente y lo han tratado como tal desde los mas altos niveles, además de exponer este problema mundial en las diferentes cumbres internacionales.

Nuestro país no está ajeno a este problema y, especialmente, el Ejército de Chile, debe tender a la elaboración e implementación de iniciativas en ciberseguridad y/o ciberdefensa, adoptando las mejores prácticas de naciones que ya han implementado diferentes estrategias para abordar esta nueva amenaza, incorporándola como la necesidad de adquirir una capacidad de ciberguerra. Es por ello que las diferentes naciones en el mundo han adoptado al ciberespacio como una nueva dimensión, destacándose las siguientes iniciativas de ciberseguridad y ciberdefensa implementadas a nivel mundial:

PAÍS	ORGANISMO
ALEMANIA	EN FEBRERO DE 2011, EL GOBIERNO LANZÓ SU ESTRATEGIA DE SEGURIDAD CIBERNÉTICA. EN ABRIL DE 2011 EL MINISTERIO DE DEFENSA PUSO EN MARCHA EL CENTRO NACIONAL DE CIBERDEFENSA.
AUSTRALIA	EN 2010 SE CREÓ EL CENTRO DE OPERACIONES CIBERNÉTICAS, QUE COORDINA LAS ACCIONES ESTATALES ANTE LOS INCIDENTES OCURRIDOS EN EL CIBERESPACIO.
CANADÁ	EN ABRIL DE 2010 EL DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD PÚBLICA IMPLEMENTÓ EL CENTRO CANADIENSE DE RESPUESTA A INCIDENTES CIBERNÉTICOS (CCIRC) EN OCTUBRE DE 2010 ADOPTÓ LA ESTRATEGIA CANADIENSE DE SEGURIDAD CIBERNÉTICA.
ESTADOS UNIDOS	EN JUNIO DE 2009 CREÓ UN CENTRO DE CIBERCOMANDO (CIBERDEFENSA) UNIFICADO DE LAS FAS BAJO EL MANDO DEL COMANDO ESTRATÉGICO DE ESTADOS UNIDOS QUE DEPENDE DE LA AGENCIA DE SEGURIDAD NACIONAL (NSA). CREÓ, ADEMÁS, LA NATIONAL CYBERSECURITY DIVISION, UNITES STATES COMPUTER EMERGENCY READINESS TEAM (US-CERT) Y LA OFICINA DE SEGURIDAD CIBERNÉTICA DE LA CASA BLANCA. EN MAYO DE 2011 FUE ADOPTADA LA ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA EL CIBERESPACIO.
ESTONIA	EN 2008 CREÓ CONJUNTAMENTE CON OTROS PAISES DE EUROPA, LA OTAN Y USA EL CENTRO INTERNACIONAL DE ANÁLISIS DE CIBERAMENAZAS. EN ESE MISMO AÑO ADOPTÓ LA ESTRATEGIA DE DEFENSA Y SEGURIDAD CIBERNÉTICA.

PAÍS	ORGANISMO
FRANCIA	CREÓ LA AGENCIA DE SEGURIDAD PARA LAS REDES E INFORMACIÓN (ANSSI), QUE VIGILA LAS REDES INFORMÁTICAS GUBERNAMENTALES Y PRIVADAS CON EL FIN DE DEFENDERLAS DE ATAQUES INFORMÁTICOS. EN FEBRERO DE 2011 ADOPTÓ LA ESTRATEGIA DE DEFENSA Y SEGURIDAD DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN.
ESPAÑA	DESARROLLA EL 2011 LA VISIÓN DEL JEMAD DE LA CIBERDEFENSA MILITAR. DESARROLLA EL 2012 LA DIRECTIVA DE DEFENSA NACIONAL. EN 2012 ADOPTA EL PLAN DE ACCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CIBERDEFENSA (PACDM). EN NOVIEMBRE DE 2012, EL MINISTRO DE DEFENSA CREA EL MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA DE LAS FAS.
OTAN	EN MARZO 2011 LOS MINISTROS DE DEFENSA DE LA OTAN APROBARON EL CONCEPTO DE CIBERDEFENSA DE LA ALIANZA. SE CREA EL COMITÉ DE CONSULTA DE MANDO Y CONTROL (NC3), CONTITUYE EL ORGANISMO DE CONSULTA DE ASPECTOS TÉCNICOS Y DE IMPLEMENTACIÓN DE CIBERDEFENSA. SE CREA EL CENTRO TÉCNICO DE RESPUESTA ANTE INCIDENTES , NATO COMPUTER INCIDENTS RESPONSE CAPABILITY TECHNICAL CENTRE (NCIRC).

Estamos conscientes de que nuestro Ejército debe estar preparado y disponer de profesionales especializados para realizar las labores de ciberguerra, específicamente en desarrollar la capacidad de la ciberseguridad y/o ciberdefensa.

Por otro lado, la OTAN ya dispone de un grupo (NCIRC TaskUnit) que en el caso de un ataque contra un sistema de información de la OTAN, disponen de un plan de acción cuyo objetivo es restaurar los sistemas, para que todo vuelva a su funcionamiento normal tan pronto como sea posible.

El objetivo a alcanzar es, poder contar con personal permanente de expertos que puedan coordinar y ejecutar misiones de ciberguerra, tener especialistas que puedan interactuar con expertos de los países miembros de la OTAN en áreas específicas. Estos equipos de trabajo deben poseer con todo el equipamiento necesario: equipos de informática y telecomunicaciones, equipos para la recolección de rastros digitales, criptografía, análisis forense digital, gestión de vulnerabilidades, seguridad de redes, etc.



Finalmente, la ciberguerra le compete a más actores y no solo a los militares, implica de lleno al Estado y sus componentes (ministerios y subsecretarías). Los sistemas de ciberseguridad y ciberdefensa nacionales deben brindar una protección sobre todo a las infraestructuras críticas del país, tales como: instalaciones de gas, sistema interconectado de electricidad, centrales eléctricas, plantas de refinamiento, servicios públicos principales, sistemas de comunicaciones y sistemas de mando y control, con la finalidad de identificar, repeler y reaccionar oportunamente ante los diferentes tipos de ataques cibernéticos que existen en la actualidad y que puedan existir a futuro. El verdadero problema en todo este tema no es si se va a producir una ciberguerra, sino la pregunta principal es “cuándo” y para ello todos debemos estar preparados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Malware Intelligence, Security Intelligence, “El Arte de la Ciberguerra”, España 2012.
- Malware Intelligence, Security Intelligence, “Ataques Informáticos; debilidades de seguridad”, España 2012.
- IEEE.es, Caro Bejarano, “De la ciberseguridad en la Seguridad nacional”, España 27 de septiembre de 2012.
- IEEE.es, Caro Bejarano, “Ciberdefensa, Equipos de respuesta inmediata de la OTAN”, España 28 de marzo de 2012.
- Informe Revista Española de Defensa, Cap. Nav. Zea Pasquín, “Ciberdefensa Militar”, España marzo 2013.
- Revista Ejército Español, Torres Soriano, “Los dilemas estratégicos de la Ciberguerra”, N° 839, España marzo 2011.
- Min.Def. Español, Documento Informativo del IEEE, “Nuevo Concepto de Ciberdefensa de la OTAN”, España 9 de marzo de 2011.
- Jeimy J. Cano, “Ciberseguridad y Ciberdefensa: dos tendencias emergentes en un contexto global”, España marzo 2011.
- Conferencia Escuela Sup. de Ingenieros de Telecom., “Seguridad Nacional y Ciberdefensa, Aproximación Conceptual: Ciberseguridad y Ciberdefensa”, España 21 de enero de 2013.
- Spanish Cybersecurity Institute, Fojan Chamorro, Coz Fernández et al., “La ciberseguridad Nacional, un compromiso de todos”, España junio de 2012.
- Cátedra ISDEFE-UPM, Pastor Acosta, Pérez Rodríguez et al., “Seguridad Nacional y Ciberdefensa”, España octubre 2009.
- Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, Monografías del CESEDEN 126, “El Ciberespacio, Nuevo escenario de confrontación”, España febrero de 2012.
- Ministerio de Defensa, Cuadernos de Estrategia 149, “ciberseguridad, Retos y Amenazas a la Seguridad Nacional en el Ciberespacio”, España diciembre de 2010.
- NATO Cooperative CyberDefence, Centre of Excellence, “National Cyber Security Framework Manual”, Tallín, Estonia 2012.



## Proyecto CORFO “Baterías beta-voltaicas de larga duración”, Código 12IDL1-16056

### Investigadores:

Sra. Yorma Sepúlveda Paredes. Dra. (c) Cs. de los Materiales, ACAPOMIL.

Sr. Gerardo Cabrera Papamija. Ingeniero en Materiales, U. de Chile.

Sr. Alejandro Vargas Uscategui. PhD. (c) Cs. de los Materiales, U. de Chile.

Sr. Edgar Mosquera Vargas. PhD. en Físico Química, U. de Chile.

Sr. Juan Klein Dadilet. Ingeniero, CCHEN.

CAP. (IPM) Luis Parra Rojas. Ingeniero en Sistemas de Armas, Mención Vehículos Militares.

### Introducción

Los crecientes problemas asociados al cambio climático y el término inminente en el mundo de las energías de origen no renovable (carbón, petróleo, gas natural y uranio) han llevado a la sociedad actual a la formulación de nuevas políticas públicas para la resolución de dichas dificultades.

Ante la problemática presentada anteriormente, las baterías nucleares aparecen como la opción más indicada para el suministro de energía en zonas remotas o de difícil acceso dada su proyección de vida útil de más de 20 años dependiendo del radioisótopo empleado.

Para lograr la viabilidad del uso de las baterías nucleares betavoltaicas, existen varios requisitos técnicos y tecnológicos que se deben alcanzar. Estos requerimientos, que influyen en el costo, seguridad y eficiencia del dispositivo, corresponden a: diseño-arquitectura, el semiconductor, el tipo de isótopo, entre otros.

Considerando todos los antecedentes expuestos, es que el proyecto de “Baterías Betavoltaicas de Larga Duración”, se presenta

como un desafío de innovación, ante un escenario de variadas oportunidades.

### Estado del Arte: Resumen histórico de las baterías betavoltaicas<sup>[7,8]</sup>

En 1951 Philip Edwin Ohmart de la Universidad de Ohio construyó la primera batería nuclear sin mucho éxito.

De 1968 a 1974, un grupo del Donald W. Douglas Laboratories diseñó y desarrolló experimentos con diferentes materiales semiconductores con base en simulaciones y tratamientos teóricos derivando en una fuente de potencia betavoltaica. El dispositivo se muestra esquemáticamente en la Figura N°1.

El interés en la tecnología betavoltaica ha venido creciendo desde sus inicios en la década del 50, de acuerdo a un estudio realizado en 2008 por la empresa Lockheed Martin Missiles and Fire Control. El estudio examinó la densidad de potencia y de energía que en ese momento poseían las celdas betavoltaicas de los principales fabricantes, incluyendo Betabatt, City Labs, Qynergy, y Widetronix (Figura N° 2).

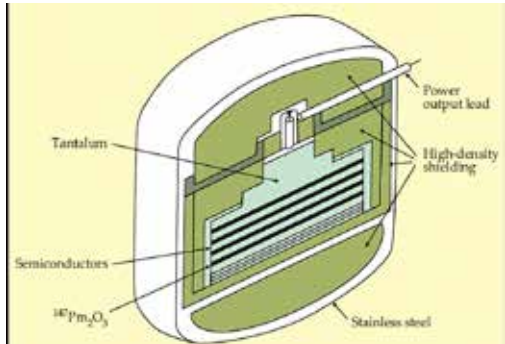


Figura N° 1. El betacel modelo 400, una batería beta-voltaica antigua potenciada por Pm-147. El dispositivo fue producido para el uso en marcapasos cardíacos.

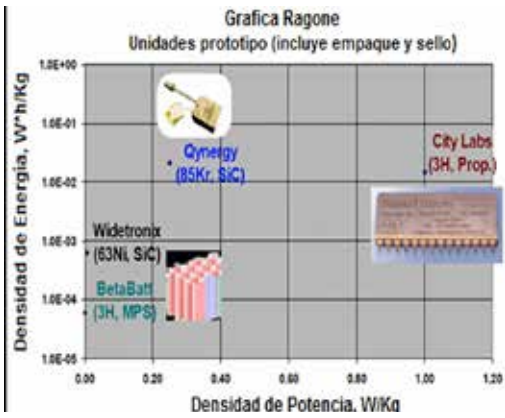


Figura N° 2. Materiales empleados, propiedades y su relación con las empresas que lideran el desarrollo y comercialización de baterías beta-voltaicas [9].

### CARACTERÍSTICAS DE UN DISPOSITIVO BETAVOLTAICO [10,11]

Las baterías nucleares de conversión directa del tipo beta-voltaicas pueden dividirse en tres tipos según la configuración del semiconductor dentro del dispositivo, estas son: beta-voltaicas con junta p-n, beta-voltaicas con junta p-i-n (leve variación de las p-n) y beta-voltaicas con diodo de barrera Schottky, tal como se muestra en la Figura N° 3.



Figura N° 3. Clasificación, inconvenientes y factores de diseño de baterías beta-voltaicas [12].

Independiente de cual sea el tipo de junta utilizada en la batería, esta siempre se evalúa en función de los parámetros de salida del elemento generador (fuente radiactiva) y del elemento de conversión (semiconductor), representados a través de una curva de potencia (conocida como curva I-V), donde la eficiencia del dispositivo puede ser determinada con un electrómetro (Figura N° 4).

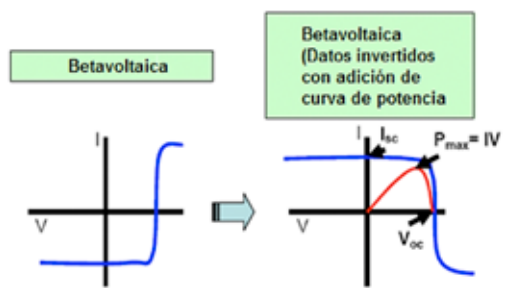


Figura N° 4. Datos generales a partir de una betavoltaica.

La potencia máxima ( $P_{max}$ ) de un dispositivo puede ser determinada por una variedad de métodos, tales como:

$$P_{max} = I^2R = IV = FFxI_{sc} V_{oc} \quad (1)$$



Por su parte, la eficiencia del dispositivo puede ser derivada tomando la relación de la potencia producida por el dispositivo dividido por la potencia total disponible debido al decaimiento de energía de la fuente radioisótopo escogida. Es así, que la eficiencia absoluta ( $\eta$ ) de un dispositivo betavoltaico se compone de dos eficiencias no relacionadas, la eficiencia geométrica (fuente) y la eficiencia intrínseca (conversión), como se representa en (2).

$$\eta = \eta_d \times \eta_c \quad (2)$$

- La eficiencia de la fuente ( $\eta_d$ ) es la fracción de energía a partir de la fuente que interactúa con el volumen activo del dispositivo de conversión (semiconductor).
- La eficiencia de conversión ( $\eta_c$ ) está relacionada y es dependiente de los materiales utilizados por el semiconductor, la concentración y el tipo de dopantes utilizados, el ancho de banda del material semiconductor, así como el espesor de la región empobrecida en el dispositivo, entre otras.

El desempeño de una batería betavoltaica puede verse afectado fácilmente debido a las múltiples variables que acompañan su desarrollo.

A continuación se mencionarán los principales problemas que afectan el desempeño de las baterías betavoltaicas y que son objeto de estudio de la comunidad científica para el mejoramiento de estos dispositivos.

Para esto se debe considerar que la pérdida total ( $L_{Total}$ ) del desempeño del dispositivo puede ser representada como (3):

$$L_{Total} = L_d + L_a + L_m + L_i \quad (3)$$

Donde  $L_d$ ,  $L_a$ ,  $L_m$ , y  $L_i$  son la pérdida direccional, pérdida por absorción, pérdida media y pérdida por interacción, respectivamente.

### Pérdida direccional ( $L_d$ )

La pérdida de energía debido a la dirección de radiación se considera como una pérdida direccional. Como puede verse en la Figura N° 5, una cantidad notable de energía (más de la mitad) de la fuente de radiación no es aprovechada por el dispositivo (al menos los que contemplan en su diseño la fuente beta de forma externa).

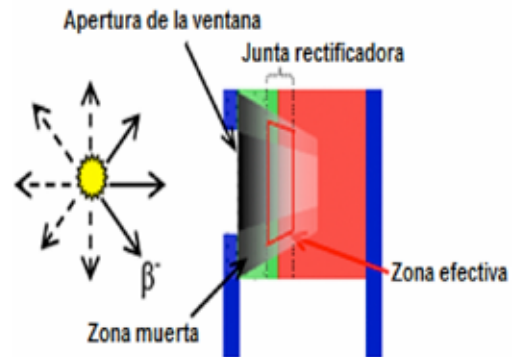


Figura N° 5. Ilustración esquemática del mecanismo de pérdida de partículas beta emitida.

### Pérdida por absorción

Si una capa gruesa de material radiactivo se utiliza como fuente de partículas beta, se presentará el efecto de autoabsorción antes de que la radiación beta pueda escapar del material.

### Pérdida media

La pérdida de la radiación entre la fuente radioisótopo y la celda betavoltaica se considera como una pérdida media.





### Pérdida por interacción

La pérdida por la interacción entre las partículas beta y el dispositivo colector semiconductor se considera una pérdida significativa.

La relación entre la distancia máxima de frenado de las partículas beta y diferentes materiales se observan en la Figura N° 6. En la figura también se muestran los datos de energía promedio de los diferentes materiales radiactivos. Por ejemplo, la energía promedio  $\beta$  de partículas de Ni-63 (17.6 keV) puede ser frenada en menos de 8  $\mu\text{m}$  de la capa del material semiconductor y en menos de 2  $\mu\text{m}$  de una capa de metal. La máxima distancia de frenado es dominada por la densidad, el peso atómico y el potencial de excitación medio del material.

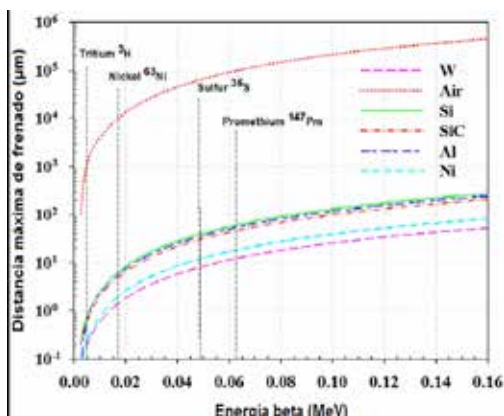
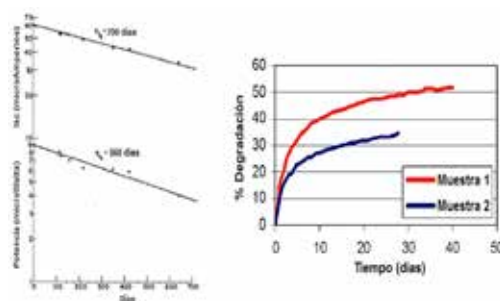


Figura N° 6. Distancia máxima de frenado de partículas beta en diferentes materiales en función de la energía beta promedio de una variedad de fuentes radiactivas (tritio, Ni-63, S-35 y Pm-147).

Además de los factores de pérdida descritos anteriormente, en los dispositivos betavoltaicos tradicionales la potencia y eficiencia disminuyen con el tiempo, debido al decaimiento radiactivo de la fuente y a la degradación del

semiconductor por la radiación. Por ejemplo, en la Figura N° 7a se muestra la evolución en el tiempo de la corriente de cortocircuito y la potencia de una batería con una fuente de 6.8 Ci Pm-147 y un semiconductor (elemento betavoltaico) de silicio. De la gráfica se aprecia que la corriente y la potencia disminuyen con una vida media de 560 días (1.5 años), lo cual es mucho más corto que el decaimiento radiactivo (vida media) de 960 días (2.62 años) del Pm-147. Por su parte, la Figura N° 7b muestra una degradación entre un 30-50% durante 30-40 días de una batería betavoltaica con 1.2 Ci de Kr-85 y un semiconductor de SiC (elemento betavoltaico).



Figuras N°s 7a y 7b. Ejemplos de degradación de baterías betavoltaicas con el tiempo. a) Pm-147+Si, b) Kr-85+SiC [4].

### OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE UNA BATERÍA BETAVOLTAICA CON JUNTA TIPO P-N

La fuente de potencia betavoltaica almacena energía en un radioisótopo de emisión beta; esa energía es convertida a electricidad cuando las partículas beta interactúan con un semiconductor de junta p-n para crear pares electrón-hueco que luego son utilizados para generar corriente. El semiconductor es difundido con diferentes impurezas, para así formar una capa empobrecida y un potencial intrínseco en el semiconductor.



El principio de operación de una junta tipo p-n se muestra en la Figura N° 8. Por su parte la Figura N° 9 muestra el esquema de una batería betavoltaica convencional tipo p-n.

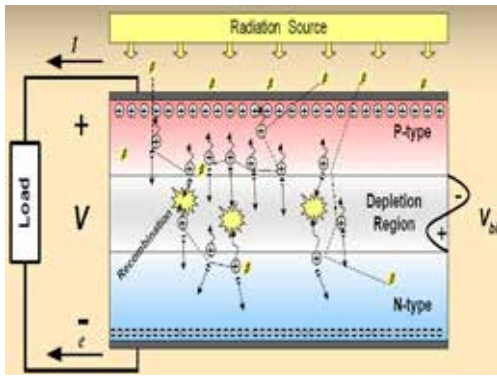


Figura N° 8. Principio de operación de la celda betavoltaica tipo junta p-n [9].

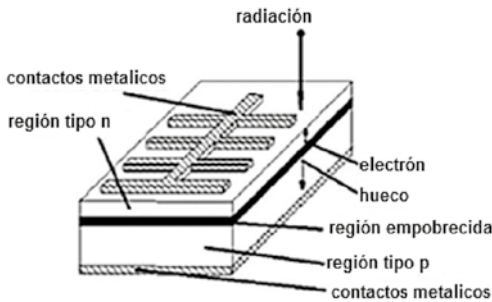


Figura N° 9. Esquema de una betavoltaica convencional de junta p-n con electrodo en forma de peine [13].

La energía cinética de las partículas beta crea los pares hueco-electrón en el semiconductor. Debido a la diferencia de potencial en la junta p-n estas son separadas e inducen corriente sobre el resistor de carga. El voltaje de circuito abierto es:

$$V_{oc} = \frac{KT}{q_e} * \ln \left( \frac{I_{sc}}{I_{or}} + 1 \right) \quad (4)$$

Donde  $I_{or}$  es la corriente reversa de saturación,  $T$  es la temperatura absoluta,  $k$  es la constante de Boltzmann, y  $q_e$  es una carga elemental.  $I_{sc}$  es la corriente de cortocircuito producida por la irradiación que es igual a la corriente de las partículas beta multiplicado por un factor. Este factor es la relación de la energía promedio de las partículas beta que alcanzan la junta sobre la energía del par hueco-electrón que se generan en el semiconductor. La energía de generación del par electrón-hueco ( $E_{e-h}$ ) puede ser estimada como:

$$E_{e-h} = 2.67 * E_g + 0.87 \quad (5)$$

Donde  $E_g$  es el ancho de banda del semiconductor. De esta ecuación,  $1.8 E_g$  se traduce en pérdida por fonones acústicos y  $0.5 eV$  pérdida por fonones ópticos [7], tal como se muestra en la Figura N° 10, lo que limita la energía de formación del pares hueco-electrones y por ende la eficiencia de conversión.

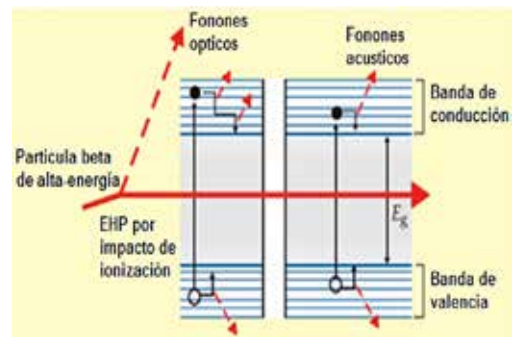


Figura N° 10. En un dispositivo betavoltaico, una partícula beta crea cientos a miles de pares hueco-electrón a través de una serie de interacciones. Mucha de esta energía se pierde en fonones ópticos (alta frecuencia) y acústico (baja frecuencia) [7].

La eficiencia demostrada en la Tabla N° 1 es dada para el inicio de la vida de la batería.





## OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE UNA BATERÍA BETAVOLTAICA CON JUNTA TIPO P-I-N

Un gran número de estrategias han sido empleadas para mejorar el desempeño de dispositivos betavoltaicos tradicionales tipo *p-n*. Esto ha permitido mayores eficiencias para lograr flujos más bajos y un rango de temperaturas de operación más alto [14].

Como una evolución de las tradicionales juntas *p-n*, las betavoltaicas con juntas tipo *p-i-n*, presentan propiedades mejoradas, especialmente, en lo que respecta a la resistencia al flujo de partículas beta de mayor energía. La introducción de una región intrínseca dentro de un diodo convencional *p-n* para formar un diodo *n/intrínseco/tipo p* le permite al dispositivo soportar diez veces más la fluencia de partículas radiactivas ( $\alpha$  y  $\beta$ ) cuando se compara con un dispositivo de junta abrupta *p-n* con el mismo espesor de región activa. Este fenómeno se debe a que la región intrínseca reduce la formación de estados de energía intermedios en el semiconductor evitando la recombinación de las especies en los defectos de la red y reduciendo posteriormente la corriente oscura. También, permite recolectar mayor cantidad de portadores minoritarios, lo que se refleja en un mayor valor de la constante de llenado del dispositivo [15,16]. Las Figuras N°s 11 y 12 muestran configuraciones de dispositivos con junta *p-i-n*.

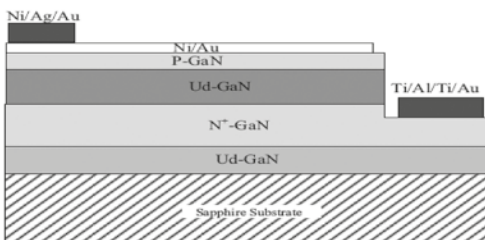


Figura N° 11. Sección transversal esquemática de la estructura de una celda betavoltaica GaN *p-i-n* [16].

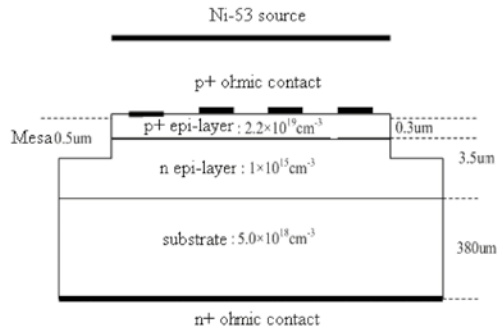


Figura N° 12. Sección transversal esquemática de la estructura de una celda betavoltaica SiC *p-i-n* [17].

## OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE UNA BATERÍA BETAVOLTAICA TIPO DIODO SCHOTTKY

En años recientes, el diodo Schottky se utilizó nuevamente en algunos semiconductores de banda prohibida ancha, que eran difíciles de formar en junta *p-n* y en algunas baterías con estructura compacta, debido a la comodidad para la incorporación de fuentes radiactivas como en el caso de dispositivos MEMS [21].

El uso de dispositivos de barrera Schottky hace posible una elección mucho más amplia de materiales que las posibles con uniones *p-n*, puesto que prácticamente cualquier combinación de metal-semiconductor puede ser fabricado [22].

El diodo de barrera Schottky consiste del electrodo Schottky, la epicapa levemente dopada tipo N, el substrato altamente dopado tipo N, y el contacto óhmico posterior. Las partículas radiactivas penetran el electrodo Schottky y pasan adentro de la epicapa tipo N, creando pares hueco-electrón. Los electrones y huecos creados son luego colectados en y alrededor de la región empobrecida y separados por el potencial incorporado, dando lugar a una co-





riente eléctrica [23]. De esta forma, un diodo de barrera Schottky tiene una función similar a la de los dispositivos de junta p-n tradicionales pero con una mayor tolerancia a la radiación y una mayor vida de los portadores de carga minoritarios debido a la baja temperatura de fabricación, lo que le permite en principio, tener eficiencias mayores [24]. La estructura física y el diagrama de banda de energía de un diodo de barrera Schottky bajo iluminación y la sección transversal, que se muestran en las Figuras N°s 13 y 14.

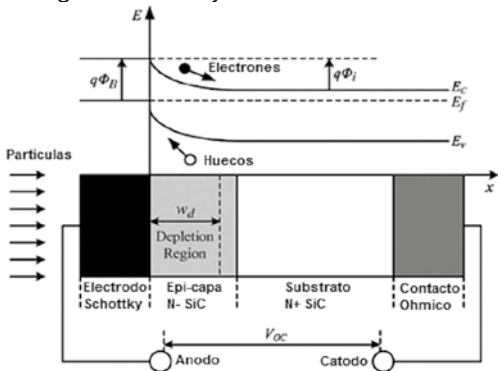


Figura N° 13. Esquema de la estructura física y el diagrama de la banda de energía de un diodo Schottky SiC bajo iluminación [23].

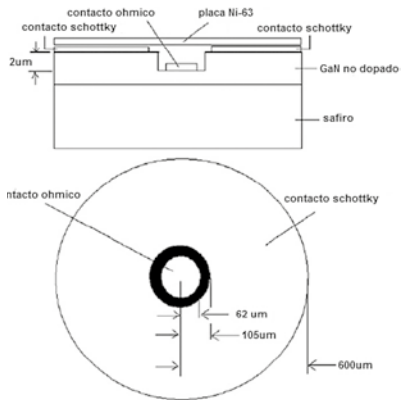


Figura N° 14. Sección transversal del dispositivo y vista superior de este mismo [25].

La densidad de corriente de cortocircuito ( $J_{SC}$ ) se compone de la densidad de corriente de la región empobrecida ( $J_D$ ) y la densidad de corriente de la región del substrato ( $J_N$ ). La batería betavoltaica Schottky puede ser descrita entonces como una junta p-n de profundidad cero, por lo tanto se introduce el coeficiente de penetración del metal  $T(\lambda)$ , así  $J_{SC}$  puede ser aproximada como [39]:

$$J_{\downarrow SC} = \varphi q E/E_{\downarrow pair} T(\lambda)(\alpha_1 + \alpha_2) \tag{6}$$

$$\alpha_1 = 1 - e^{-\frac{W}{l_\alpha}} \tag{7}$$

$$\alpha_2 = \frac{L_P L_\alpha}{L_d^2 L_P^2} \times \left[ \left( \frac{L-W}{L_P} - \frac{L_P}{L_\alpha} \right) e^{-\frac{W}{l_\alpha}} - \frac{e^{-\frac{L}{L_\alpha}}}{\sinh\left(\frac{L-W}{L_P}\right)} \right] \tag{8}$$

Donde  $\varphi$  es la actividad del isótopo, y  $q$  es la carga eléctrica ( $1.6 \times 10^{-19}C$ ).  $E$  es la energía de las partículas beta,  $E_{pair}$  es la energía requerida para crear un par hueco-electrón.  $T(\lambda)$  es el coeficiente de penetración del metal, y  $L_\alpha$  es el rango de las partículas beta.  $L_P$  es la longitud de difusión de los portadores minoritarios en la región neutral tipo N, y  $W$  es el ancho de la región empobrecida.  $L$  es el espesor de la región activa.  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  representa dos partes de los coeficientes de recolección de los portadores minoritarios (MCC), respectivamente.

El voltaje de circuito abierto ( $V_{OC}$ ) puede ser derivado con la fórmula:

$$V_{OC} = \frac{nkT}{q} \ln\left(1 + \frac{J_S}{J_0}\right) \tag{9}$$



Donde  $n$  es el factor ideal, y  $J_0$  es la densidad de corriente de saturación inversa la cual está dada por:

$$J_0 = A^* T^2 \exp\left(-\frac{q\phi_B}{kT}\right) \quad (10)$$

Donde  $A^*$  es la constante efectiva de Richardson, y  $\phi_B$  es la altura de la barrera Schottky que es determinada por las propiedades del semiconductor y la barrera metal. De la ecuación (5) y (6), se aprecia que se requiere una densidad de corriente de saturación inversa pequeña ( $J_0$ ) para mejorar el voltaje de circuito abierto ( $V_{OC}$ ). Consecuentemente se requiere que la altura de la barrera sea más baja que la densidad de corriente de saturación reversible ( $J_0$ ).

El voltaje y corriente corresponden a la potencia máxima de salida,  $V_{mp}$ , e  $I_{mp}$  puede ser calculada de la siguiente manera:

$$\frac{\partial (IV)}{\partial V} = 0$$

Y la potencia máxima de salida,  $P_{max}$  es por lo tanto.

$$P_{max} = -\frac{I_s \frac{q}{kT} V^2}{1 + \frac{q}{kT} V_{mp}} \left[ \left( \frac{I_L}{I_s} \right) + 1 \right] \quad (11)$$

Puesto que la potencia de salida es negativa en signo, esta relación establece que la potencia máxima de salida se incrementa conforme la corriente de saturación inversa disminuye ( $J_0-I_s$ ). La eficiencia de conversión de potencia  $\eta$  puede ser calculada a partir de:

$$\eta = FF \frac{V_{OC} J_{SC}}{P_{max}} = \frac{V_{PJ} J_P}{P_{max}} \quad (12)$$

Donde  $FF$  es el factor de llenado.

## LAS FUENTES RADIOACTIVAS Y LOS DISPOSITIVOS BETAVOLTAICOS

La selección de una fuente de radiación es un aspecto crítico de las baterías nucleares. La Tabla N° 1 muestra los principales isótopos y sus características empleados como suministros beta para dispositivos beta voltaicos [1, 7, 8].

CANDIDATOS A FUENTE BETA					
ISÓTOPO	ACTIVIDAD ESPECÍFICA (G/MCI)	ENERGÍA BETA PROMEDIO (KEV)	ENERGÍA BETA MÁXIMA (KEV)	VIDA MEDIA	PRECIO
TRITIO-3	1.03X10 <sup>-7</sup>	5.7	18	12.3 AÑOS	~\$3.50/CURIE
NIQUEL-63	1.8X10 <sup>-5</sup>	18	67	92 AÑOS	~\$4000/CURIE
PROMETELUM-147	1.06X10 <sup>-6</sup>	62	225	2.6 AÑOS	N/A
ESTRONCIO-90	7.25X10 <sup>-6</sup>	540	900	28.8 AÑOS	\$79.95/CURIE
KRIPTÓN-85	2.56X10 <sup>-6</sup>	251.6	687	10.8 AÑOS	N/A
RUTENIO-106	3.03X10 <sup>-7</sup>	93	96.9	1.06 AÑOS	N/A
CALCIO-45	5.06X10 <sup>-8</sup>	77	252	162 DÍAS	N/A
AZUFRE-35	2.4X10 <sup>-8</sup>	49	167	87.2 DÍAS	N/A

\*N/A = NO DISPONIBLE

Tabla N° 1. Características de los principales isótopos utilizados en baterías betavoltaicas.

Como se observa de la tabla existe un buen número de isótopos con emisión beta. Sin embargo, muchos de ellos generan espectros de energía que se extienden más allá de los 300 keV (energía beta máxima), que es la potencia aproximada necesaria para que una partícula beta desplace un átomo en el material semiconductor. El desplazamiento atómico tal como se mencionó en apartados anteriores, resulta en defectos que incrementan la corriente oscura y degradan el desempeño de la celda betavoltaica [26].

## Flujo de partículas beta y corriente de las fuentes [27]

La potencia específica del flujo de partículas beta de la superficie de la fuente puede ser estimada sobre la base de una función de fuente



beta puntual. Este describe la distribución de la energía absorbida en un medio homogéneo alrededor de una fuente beta pequeña. Una función de fuente beta puntual es determinada a través del valor  $W(r)$ .  $W(r)$  es la energía absorbida en la capa esférica de radio  $r$ . Una expresión de trabajo para la descripción de  $W(r)$  está dada por la ecuación (13).

$$W(r) = 0.25W_0 \times e^{-10rv} + 0.75W_0 e^{-2rv} + (v\epsilon_{mg} - 0.4 W_0) \times rv e^{-2rv} \quad (13)$$

Donde  $r$  es el radio en unidades de espesor de masa ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ );  $v$  es el coeficiente de absorción de masa ( $\text{cm}^2/\text{mg}$ );  $W_0$  es la potencia de frenado cerca de la superficie ( $\text{keV cm}^2/\text{mg}$ ). Los parámetros en la ecuación (13) para tritio, Ni-63, Pm-147, y Sr-90 (con tritio-90) son dados en la Tabla N° 2.

ISÓTOPO	ENERGÍA MÁXIMA DE LAS PARTICULAS BETA $\epsilon_{max}$ , KEV	ENERGÍA PROMEDIO DE LAS PARTICULAS BETA $\epsilon_{avg}$ , KEV	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE MASA $V$ , $\text{CM}^2/\text{MG}$	POTENCIA DE FRENADO CERCA DE LA FUENTE $W_0$ , $\text{KEV} \cdot \text{CM}^2/\text{MG}$
TRITIO	18	5.7	15.1	56.6
NI-63	67	17.4	1.48	30.6
PM-147	225	62	0.19	13.8
SR-90	540	198	0.044	5.76
Y-90	2240	930	0.0066	2.31

Tabla N° 2. La energía de las partículas beta, coeficiente de absorción de masa y potencia de frenado para tritio, Ni-63, Pm-147, y Sr-90 [5,28,29].

La ecuación para el cálculo de la potencia específica del flujo de las partículas beta

$$\frac{dP(A_{SP}, D)}{ds}$$

sobre la superficie del isótopo reactivo contenido en la capa base sobre la función de fuente puntual son

$$\frac{dP(A_{SP}, D)}{ds}$$

dadas en Kavetsky et al. A partir de la densidad de corriente de las partículas

$$\frac{dI_{\beta}(A_{SP}, D)}{ds}$$

beta, puede ser calculado como:

$$\frac{dI_{\beta}(A_{SP}, D)}{ds} = \frac{1}{\epsilon_{avg}} \times \frac{dP(A_{SP}, D)}{ds} = \frac{0.08 \times A_{SP}}{\epsilon_{avg}} \int_0^{\frac{D}{r^2}} \int_0^{\pi} \sin\theta \times \cos\theta \left( \epsilon_{avg} \int_0^r W(r) dr \right) dp d\theta \quad (14)$$

Donde  $\frac{dI_{\beta}(A_{SP}, D)}{ds}$  es en  $\text{nA}/\text{cm}^2$ ,  $\epsilon_{avg}$  es la energía promedio de las partículas beta en keV,  $A_{SP}$  es la actividad específica de la capa del isótopo radiactivo ( $\text{GBq}/\text{mg}$ ), y  $D$  es el espesor de masa de la capa en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ ,  $\rho$  y  $\theta$  son parámetros de integración.

### Partículas beta comunes a partir de tritio.

El tritio ha sido utilizado en baterías betavoltaicas tanto en forma gaseosa como sólida. Sin embargo, el tritio gaseoso presenta varios problemas, uno de ellos es que posee una baja densidad de tritio (esto es, baja densidad de rayos beta  $87 \mu\text{W}/\text{cm}^3$ ) y fugas al interior del dispositivo. Para dar solución a estos problemas, la comunidad científica desde hace 10 años utiliza fuentes de tritio en estado sólido.

METAL	CAPACIDAD	PH2 (ATM)	TDES (°C)	TACT (°C)	PACT (ATM)	COMENTARIOS
MG	7.66	1X10-6	279 287	325	10	TDES MUY BAJA PH2 MUY ALTA
PD	0.72	0.0082	85 147	N/A	N/A	TDES MUY BAJA MUY COSTOSO
TI	3.98	4X10-20	643	400-600	1	ADOPTADO COMERCIALMENTE
SC	-	-	600	300	-	ADOPTADO COMERCIALMENTE
ZR	2.16	6.4X10-20	881	400-600	1	MENOR CAPACIDAD QUE EL TI
CA	4.76	<10-25	1.050	> 300	1	INESTABLE QUÍMICAMENTE
U	1.25	1.4X10-13	432	250	1	MATERIAL NUCLEAR

N/A: NO DISPONIBLE

Tabla N° 3. Propiedades de metales que almacenan hidrógeno [30].

### La eficiencia de la fuente, $\eta_S$ , versus el espesor de la capa radiactiva

La eficiencia de la fuente,  $\eta_s$ , depende del espesor de la capa radiactiva de la fuente (espesor de masa,  $D$ ). Tomando en cuenta



los cálculos de las densidades de corrientes de las partículas beta y haciendo uso de la ecuación (15), se puede calcular  $v$ .

$$\eta_s = \frac{1}{q_e A_{sp} D} * \frac{dI_\beta(A_{sp} D)}{dS} \quad (15)$$

La dependencia de  $\eta_s$  con  $D$  para tritio, teniendo un  $A_{sp} = 1\text{Ci/mg}$  y para Pm-147 con  $A_{sp} = 0.4\text{ Ci/mg}$ , fueron calculados y graficados en la Figura N° 15.

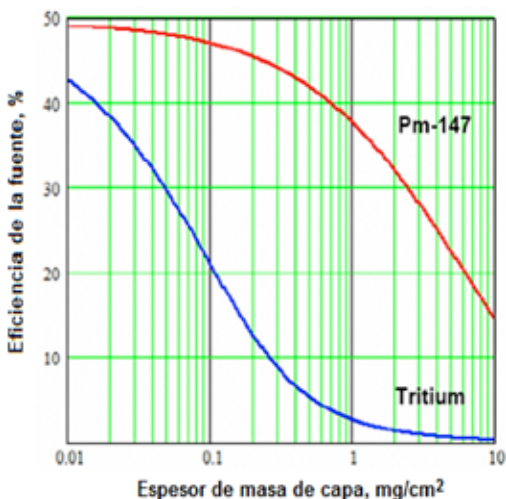


Figura N° 15. Eficiencia de la fuente v/s espesor de masa de la capa radiactiva para tritio y Pm-147 utilizando una geometría  $2\pi$ .

### ESTRATEGIAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LA FUENTE [10]

Un material semiconductor poroso puede ser diseñado, por ingeniería, de tal manera que la fuente radiactiva en estado líquido o gaseoso pueda ocupar una mayor área superficial sobre/dentro del semiconductor (Figura N° 16).

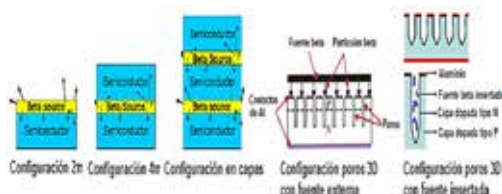


Figura N° 16. Configuraciones básicas de dispositivos beta voltaicos [5, 37,69].

### Los semiconductores y los dispositivos betavoltaicos [32, 3,11]

Algunos semiconductores empleados actualmente para celdas betavoltaicas incluyen Si, Ge, Se, Ga, GaAs, y sus compuestos [40,41,42,25] esto debido a sus características y principalmente por su brecha de energía, puesto que es sabido que la eficiencia del semiconductor depende fuertemente de esta característica, tal como se muestra en la Figura N° 17, y en la que podemos apreciar que se pueden alcanzar eficiencias de hasta un 30% para materiales como el AlN e incluso de alrededor del 10% para el tradicional Si y de 25% para el SiC.



Figura N° 17. Dependencia de la eficiencia betavoltaica teórica v/s ancho de banda del semiconductor [3,4].



La Tabla N° 4 resume las principales características de los semiconductores utilizados comúnmente en los dispositivos betavoltaicos.

PROPIEDAD	SI	SIC	GAAS	GAN	CARACTERÍSTICAS
BRECHA DE BANDA (EV)	1.1	3.2	1.42	3.4	AMPLIA BRECHA DE BANDA; MUY DURO; VOLTAJE ESTABLE; MECÁNICAMENTE ESTABLE; GRAN CAPACIDAD DE CALOR, ALTA CAPACIDAD A LA CREACIÓN DE DEFECTOS Y DAÑOS DE RADIACIÓN.
CAMPO DE RUPTURA X1017 CM-3 (MV/CM)	0.6	3	0.65	3.5	
SATURACIÓN DE E (CM/S)	107	2X107	107	2X107	
PROFUNDIDAD DE ABSORCIÓN DE E (MM)	3	-3	1.31	1.136	
DENSIDAD (G/CM3)	2.33	3.2	5.3	6.15	
DAÑO POR RADIACIÓN (KEV)	145	-	225	-100	
CAPACIDAD DE CALOR (J/MOL.K)	19.789	-1.2	47.02	34.9	

Tabla N° 4. Propiedades de algunos semiconductores encontrados en la literatura.

La eficiencia de conversión betavoltaica se incrementa cuando se aumenta la brecha de banda del semiconductor [19]. Al comparar Si ( $E_g = 1.12$  eV), SiC ( $E_g = 2.3-3.3$  eV) y GaN ( $E_g = 3.4$  eV) en la Tabla 4, observamos que es mejor escoger GaN debido a su alta resistencia de radiación, siendo esto muy atractivo para microbaterías con fuente de alta-radiación, tales como Pm-147 y Sr-99. Otros materiales semiconductores de brecha de banda ancha (tales como InGaP [18]) han sido investigados debido a su gran potencial y mejoramiento en la potencia y eficiencia de conversión de energía; sin embargo, pocos estudios han sido reportados hasta ahora en la optimización de la estructura de la batería, el cual juega un rol importante en estos dispositivos. Otros materiales han sido investigados como semiconductores tal es el caso del silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H), silicio policristalino con grano largo [34] y el arseniuro de galio aluminio (AlGaAs) sin resultados remarcables (eficiencias <2.0%).

Un material prometedor podrían ser los sólidos ricos en boro icosaedrales (tales como  $B_{12}P_{12}$ ,  $B_{12}As_{12}$ , etc.) [35]. Este es un material semi-

conductor muy duro, el cual podría permitir una nueva tecnología para la conversión directa de partículas  $\beta$  en corriente eléctrica. También, es una estructura única que permite dispositivos con diseños seguros.

### Diseño y fabricación de baterías beta voltaicas

Con el propósito de mostrar los diferentes pasos y consideraciones requeridas para diseñar y construir una batería betavoltaica (junta **p-n**, junta **p-i-n** y Schottky), se han seleccionado de la literatura algunos procedimientos que se encuentran en función del tipo de isótopo. Esto debido a que existen más de 50 variaciones en cuanto a parámetros experimentales para cada tipo de batería betavoltaica. Se ha seleccionado tritio (sólido) a modo de ejemplo.

### Baterías betavoltaicas tipo junta p-n base tritio sólido [30]

La Figura N° 18 muestra el procedimiento de fabricación de las baterías de tritio con fuente de tritio sólido y semiconductor tipo p-n de silicio. El proceso de manufactura consiste en el diseño y fabricación de los semiconductores, fabricación de la fuente de tritio sólido, finalmente el sellado y empaque de la batería.



Figura N° 18. Flujo de fabricación de baterías betavoltaicas base tritio.



El tritio elemental, un isótopo de hidrógeno, es un gas, que posee problemas de seguridad y manejo. Para una película de trituro de titanio de 500 nm obtenida por técnicas de deposición en vacío (PVD o CVD), la energía efectiva de los rayos beta es 500 veces más alta que para el gas de tritio bajo las mismas condiciones.

### Proceso de tritización

Dos tipos de titanio (película y polvo) pueden ser utilizadas como fuente de tritio sólido. Los polvos finos son mejores teniendo en cuenta que la autoabsorción es menor, además de que estos pueden ser recubiertos más uniformemente. Nanopolvos comerciales de Ti pueden ser encontrados en Aldrich y Nano Technology. Por su parte, las películas de titanio fueron puestas directamente sobre la superficie de la junta p-n a partir de un blanco de Ti por sputtering (método PVD). La Figura N° 19 muestra el diagrama esquemático del sistema de fabricación de fuentes de tritio sólido.

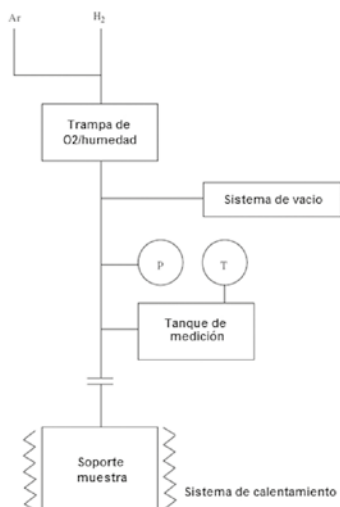


Figura N° 19. Aparato de fabricación de fuente sólida de tritio.

Posteriormente, el alcance o efectividad del proceso de tritización se mide cuantitativamente con el método de detección de retroceso elástico (ERD) para películas y con medidas P-V-T para los polvos.

### Preparación del lodo

Como material semiconductor se utiliza un material que tenga una energía de cohesión superior a la de los rayos beta (ej. silicio). La Figura 20 muestra el esquema de la sección transversal de juntas tipo p-n para microbaterías de tritio y las imágenes del microscopio óptico de los semiconductores. En estos procesos de fabricación, siempre se contempla una etapa de diseño de un prototipo, que luego de la revisión es mejorado (Figura N° 20a). El diseño final contempla una mayor área superficial por el incremento del ancho de los surcos y el material del electrodo es oro (el aluminio fue cambiado a oro para tener una mayor conductividad y soldabilidad), tal como se muestra en la Figura N° 20b (29).

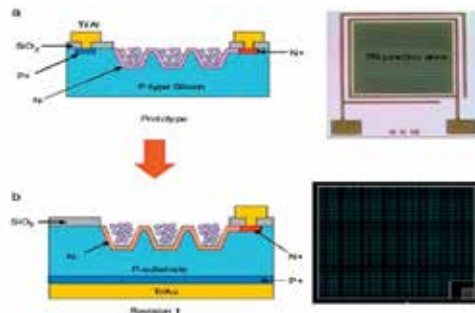
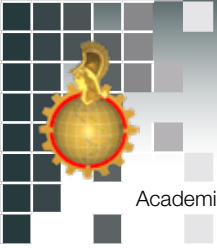


Figura N° 20a y 20b. Sección transversal y esquema del semiconductor tipo junta p-n para betavoltaicas de tritio, junto con sus imágenes de microscopía óptica (vista superior).

<sup>29</sup> Es importante aclarar, que cuando los dispositivos se hacen con fuentes tipo película, el titanio es depositado sobre el área de la junta del semiconductor después de la implantación (tritización). Para el dispositivo con la fuente tipo polvo, esta etapa de deposición (sputtering) se omite.





### Evaluación del dispositivo con juntas tipo p-n

Puesto que el tritio no puede ser utilizado libremente debido a las disposiciones legales de seguridad, se usan en algunos casos dos métodos alternativos para evaluar la efectividad de conversión de los dispositivos con junta p-n.

- Primero, la corriente de salida y el voltaje se miden cuando el dispositivo se expone a la luz visible.
- Segundo, un SEM se utiliza para examinar las celdas. El haz de electrones del SEM simula los rayos beta emitidos desde el tritio.

### BATERÍAS BETAVOLTAICAS TIPO JUNTA P-N BASE TRITIO CONFINADO EN 3D [1, 26,31]

Desde que se reportó la fuerte fotoluminiscencia del silicio poroso en 1990, se han realizado estudios considerables en su teoría y aplicación. El proceso de fabricación de una batería betavoltaica 3D base tritio con silicio poroso se muestra en la Figura N° 21. Entre tanto la Figura N° 22 muestra la geometría y morfología de los diodos porosos 3D.

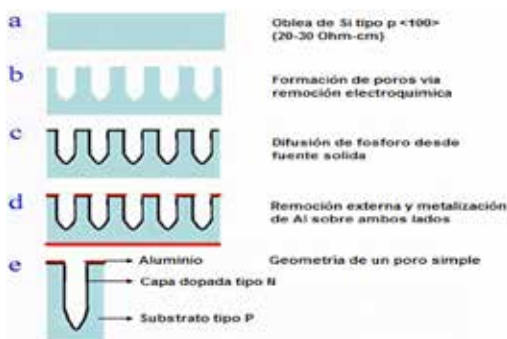


Figura N° 21. Procedimiento de fabricación de un diodo PS3D.

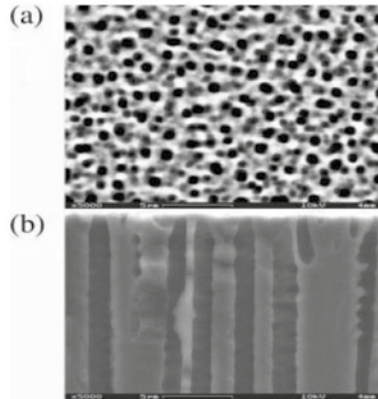


Figura N° 22. Geometría y morfología del diodo poroso 3D. (a) Imagen SEM (vista superior), (b) Imagen SEM (vista sección transversal).

### Fabricación de silicio poroso

Obleas de silicio tipo P dopado con boro (550µm de espesor con una resistividad de 20-30 Ωcm) se utilizan como sustrato (Figura N° 21a).

### Construcción de la junta p-n

Una junta continua p-n se hace sobre la superficie interna y externa de cada capa PS. fósforo, un dopante tipo N se introduce dentro de la matriz de poros de silicio tipo P por difusión de fuente sólida (Figura N° 21c). Cada oblea de Si es secada en un horno tubular por 9 minutos para hacer una suave capa n+ (~200 nm de espesor) sobre la superficie planar y en los canales internos del poro. Después, la capa n+ que es formada en la parte de atrás de la oblea de Si se remueve por la técnica de remoción por plasma seco-SF6. Luego la oblea se sumerge en BOE para quitar el Si O<sub>2</sub>, así que un buen contacto óhmico se construye sobre la superficie de Si desnuda. La oblea se coloca inmediatamente en una cámara de vacío (<math><10^{-7}</math> torr o = 1.33x10<sup>-7</sup> Pa) para la evaporación de una aleación Al-Si (2% Si). Se forman capas de Al de 50 nm y 200 nm





de espesor sobre los lados de los poros y en la parte de atrás, respectivamente. Para evitar una barrera Schottky en la interfase del aluminio y silicio, las muestras se recocen a 420°C por 15 min (Figura N° 21 representación d).

### Carga de tritio

El silicio poroso con diodo p-n es expuesto al tritio dentro de los límites de los accesorios de prueba de chips (CTFs). Luego, 232 mCi de gas tritio a una presión levemente superior a 1 atm se carga (Figura N° 23).

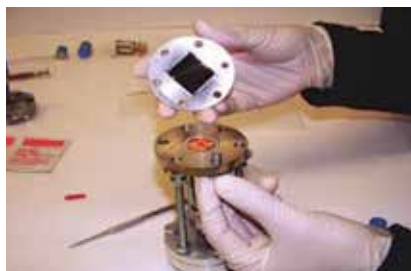


Figura N° 23. Batería nuclear en un accesorio de prueba de chips (CTFs) [36].

Actualmente existen tres métodos para cargar tritio en materiales porosos y metálicos.

La Tabla N° 5 muestra las ventajas y desventajas de estos métodos [9].

MÉTODO DE CARGA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DIFUSIÓN	MÉTODO MÁS COMÚN CON REFERENCIAS DE SU PROCESO. LAS MUESTRAS CARGADAS PERMANECEN SIN CONTAMINAR Y SIN DAÑOS.	CARGAS INCONSISTENTES. DEPENDIENTE DE LA TEMPERATURA Y PRESIÓN. PROBLEMAS DE SEGURIDAD (ALTA PRESIÓN Y TEMPERATURA) EQUIPO COSTOSO Y COMPLEJO DE OPERAR.
IMPLANTACIÓN IÓNICA	CONTROL DE PUNTO DE INYECCIÓN DE IONES PARA PRODUCIR CARGAS CONSISTENTES Y CARGAS LOCALIZADAS PARA DISPOSITIVOS MULTIFUNCIÓN. NO DEPENDIENTE DE LA TEMPERATURA. LOS DAÑOS EN LA RED PUEDEN PROMOVER SITIOS DE VACANCIAS PARA MÁS ALMACENAMIENTO DE TRITIO.	EQUIPO COSTOSO Y PRECAUCIÓN AL MANEJO. PÉRDIDA DE PELÍCULA Y DAÑO EN LA RED DEBIDO A SPUTTERING. EFECTOS DESCONOCIDOS DE LA SUPERFICIE DE CARGA.

MÉTODO DE CARGA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ELECTROABSORCIÓN	PRESENTA UN PROCESO DE LIMPIEZA. CARGA CANTIDADES CONSISTENTES DE HIDRÓGENO. PROCESO SIMPLE, NO REQUIERE DE ALTO VACÍO O PRESIÓN, NO VARIA LA TEMPERATURA.	EN CARGA DE TRITIO SE REQUIEREN GRANDES CANTIDADES DE CURIÉS ~10.000 Ci/ML SE DEBE REMOVER EL ELECTROLITO Y DEPÓSITOS DEL PROCESO DESPUÉS DE LA CARGA.

Tabla N° 5. Métodos empleados actualmente para cargar tritio en dispositivos betavoltaicos.

### Evaluación del dispositivo

La Figura N° 24 muestra el cambio en la potencia efectiva para los tres casos examinados: superficie sin poros, poros y superficie+poros. De la gráfica se observa una potencia efectiva más alta para la combinación superficie+poros.

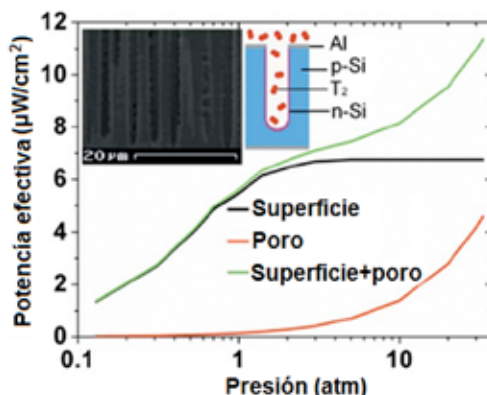


Figura N° 24. Potencia específica efectiva calculada de una capa de tritio sobre la superficie de una celda planar, de los poros internos, y la potencia específica total como una función de la presión de tritio. La imagen insertada SEM muestra una vista lateral del dispositivo de silicio 3D y un esquema de la estructura de los poros con inserción de tritio [31].

La Tabla N° 6 muestra los resultados del cambio en propiedades del dispositivo 3D de silicio con diferentes fuentes de tritio, como son por ejemplo el uso de tritio gaseoso y la base trituro de escandio (ScT<sub>x</sub>).



	TRITIO GASEOSO A 0.8 ATM	SUPERFICIE OCLUIDA CON TRITIO	TRITIO DE SCT <sub>x</sub>
EFICIENCIA DE RECOLECCIÓN DE LA CORRIENTE EFECTIVA (%) <sup>A</sup>	56	82	86
EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA EFECTIVA (%) <sup>A</sup>	0.09	0.013	0.05
GENERACIÓN DE CORRIENTE ESPECÍFICA ( $\mu A/Ci$ ) <sup>B</sup>	0.71	7.25	0.92
GENERACIÓN DE POTENCIA ESPECÍFICA (NW/Ci) <sup>B</sup>	2.21	4.35	2

<sup>A</sup> LAS EFICIENCIAS DE GENERACIÓN DE POTENCIA Y RECOLECCIÓN DE CORRIENTE EFECTIVA SON CALCULADAS CON BASE A LA ENERGÍA DEL FLUJO BETA EFECTIVO QUE IMPACTA LA CELDA/SILICIO-ABSORBEDOR.  
<sup>B</sup> LA GENERACIÓN DE CORRIENTE ESPECÍFICO Y GENERACIÓN DE POTENCIA SON CALCULADAS CON BASE EN LA ACTIVIDAD DE TRITIO TOTAL PRESENTE.

Tabla N° 6. Resumen de la corriente efectiva recolectada y la eficiencia de conversión para el dispositivo beta voltaico poroso 3D potenciado con diferentes formas de fuente de tritio.

## ESTRATEGIAS QUE PERMITEN MEJORAR EL DESEMPEÑO DE LAS BATERIAS BETAVOLTAICAS Y QUE PUEDEN SER UTILIZADAS PARA I+D FUTURA

### a) Configuración de electrodos y apilamiento de capas p-i-n [20]

La mejora del desempeño de las baterías betavoltaicas (potencia y eficiencia de conversión) continúa siendo objeto de esfuerzos por parte de investigadores debido a que los valores de estas propiedades siguen siendo bajas en relación a los teóricos. El metal utilizado en el electrodo tipo peine bloquea constantemente el ingreso de partículas beta al semiconductor, causando que la producción de electricidad disminuya considerablemente. Por ejemplo en betavoltaicas 4H-SiC, se encontró que incluso una delgada capa de 100 nm de Ni, puede causar una reducción de 25% en la corriente [37]. Para minimizar el impacto, se adopta un electrodo tipo anillo para reducir el área de reflexión del electrodo. Aunque este incrementa la

resistencia en serie desde unas décimas a cientos de ohmios, esta no tiene un impacto significativo sobre las características de salida de la batería. Los electrodos con forma de anillo y forma de peine son mostrados en la Figura N° 25.

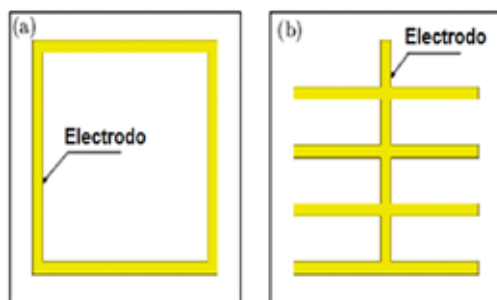


Figura N° 25. Patrones esquemáticos del electrodo en baterías GaAs. (a) electrodo en forma de anillo, y (b) electrodo con forma de peine.

### Proceso de fabricación

Con el propósito de mejorar la potencia de salida y la eficiencia de conversión de una batería betavoltaica, las estructuras p+pinn+ son propuestas para las baterías GaAs y así reemplazar las tradicionales p-i-n. La estructura propuesta p+pinn+ puede incrementar el ancho de la región de carga espacial, lo cual conduce a un incremento en la recolección de portadores minoritarios. También, la estructura p+pinn+ disminuye la densidad de defectos de red del material GaAs, lo cual incrementa la vida media de los portadores minoritarios. Por lo tanto, el desempeño de las baterías betavoltaicas de GaAs son significativamente mejoradas por el uso de estructuras p+pinn+ en términos de eficiencia de conversión y salida de potencia. La Figura N° 26 muestra de forma esquemática la configuración de la junta semiconductor GaAs con intercapas.

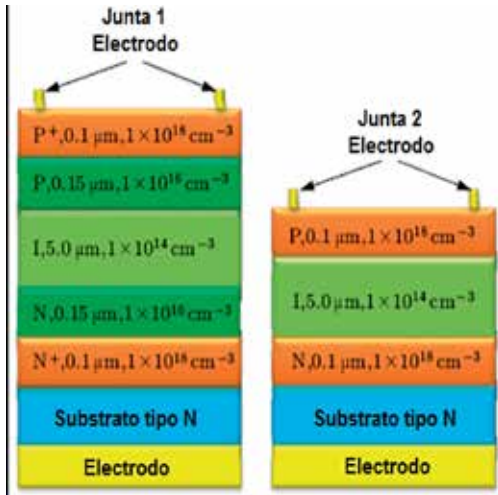


Figura N° 26. Estructura esquemática de una junta GaAs. Junta 1: electrodos tipo anillo con intercapas p+pinn+; Junta 2: electrodos tipo peine con capas p-n convencionales.

Aunque los resultados son prometedores, esta estrategia está en una etapa muy temprana por lo que aun requiere de mayores estudios para optimizar el desempeño del dispositivo.

### b) Incorporación de materiales beta voltaicos (semiconductores) no convencionales resistentes a la radiación [35,38]

El problema de la degradación puede ser potencialmente aliviada por medio del reemplazo de los semiconductores convencionales con semiconductores ricos en boro icosaedral tales como el B12P2 y el B12As2. En efecto, como se muestra en la Figura N° 27 esos semiconductores pueden soportar un bombardeo más intenso que el producido por un radioisótopo fuerte como el Sr-90, además de que presentan un ancho de banda prohibido de  $\sim 3.0$  eV (cercano al SiC utilizado actualmente).

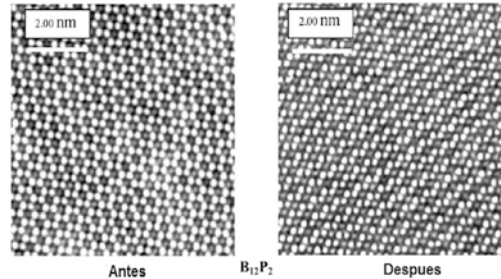
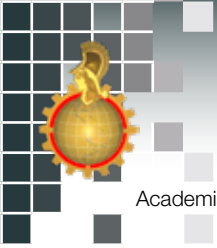


Figura N° 27. Microscopía electrónica de transmisión de alta resolución muestra que no hay daño para el B12P2 después de un bombardeo intenso (1018 electrones/cm<sup>2</sup>\*s) por electrones con 400 keV para una dosis de red de cerca de 1023 electrones/cm<sup>2</sup>. El bombardeo es más intenso que el suministrado por el Sr-90 sin diluir (1012 electrones/cm<sup>2</sup>\*s).

## REFERENCIAS

- [1] Hang Guol, Hui Le, Amit Laf, James Blanchard. Nuclear Microbatteries for Micro and Nano Devices. 978-1-4244-2186-2/08/ ©2008 IEEE.
- [2] P. Rappoport. "The Electron-Voltaic Effect in p-n Junction Induced by Beta Particle Bombardment". Physical Review 93, 246 (1953).
- [3] L. C. Olsen. "Review of Betavoltaic Energy Conversion", Processing of the 12th Space Photovoltaic Research and Technology Conference, 256 (1993).
- [4] Galina Nikolayevna Yakubova (2010). Nuclear Batteries with Tritium and Promethium-147 Radioactive Sources. Ph.D tesis, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- [5] Y. V. Lazarenko, A. A. Pystovalov, and V. P Shapovalov. Desk-Size Nuclear Sources of the Electricity Energy. Energoatomizdat, Moscow (1992).



- [6] A.Kavetskiy, G.Yakubova, Q.Lin, D.Chan, S.M.Yousaf, K.Bower, J.D.Robertson, A.Garnov, D.Meier. Promethium-147 capacitor. *Applied Radiation and Isotopes* 67(2009)1057-1062.
- [7] Larry C. Olsen, Peter Cabauy, Bret J. Elkind. *Betavoltaic Power Sources*. *Physics Today* 65 (12), 35 (2012).
- [8] Nazir P. Kherani, Baojun Liu, Stefan Zukotynski, Kevin P. Chen (2011). Tritium: A Micropower Source for On-Chip Applications. Presentation at Materials Innovations in an Emerging Hydrogen Economy.
- [9] Thomas E. Adams (2011). Status of Betavoltaic Power Sources for Nano and Micropower Applications. Purdue University.
- [10] David E. Meier (2008). Radionuclide Production for Radioisotope Micro-Power Source Technologies. Ph.D tesis, Faculty of the Graduate School at the University of Missouri-Columbia.
- [11] T. Wacharasindhu, J.W. Kwon, A. Y. Garnov, and J. D. Robertson. Encapsulated Radioisotope for Efficiency Improvement of Nuclear Microbattery. *PowerMEMS 2009*, Washington DC, USA, December 1-4, 2009.
- [12] Hui Gao, Shunzhong Luo, Huaming Zhang, Heyi Wang, Zhonghua Fu. Demonstration, radiation tolerance and design on a betavoltaic micropower. *Energy* (2013), article in press <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2012.12.042>
- [13] Jinkui Chu Xianggao Piao, Limin Jian Hui Lin. Research of radioisotope microbattery based on  $\beta$ -radio-voltaic effect. *J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS* 8(2) (2009) 021180.
- [14] Cory D. Cress, Brian J. Landi, Ryne P. Raffaele. Modeling Laterally-Contacted nipi-Diode Radioisotope Batteries. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 55 3 (2008) 1736-1743.
- [15] Cory D. Cress, Brian J. Landi, Ryne P. Raffaele. InGaP alpha voltaic batteries: Synthesis, modeling, and radiation tolerance. *Journal of Applied Physics* 100, 114519 (2006).
- [16] Zaijun Cheng, Zhiwen Zhao, Haisheng San. Xuyuan Chen. Demonstration of a GaN Betavoltaic Microbattery. *Proceedings of the 2011 6th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems* (2011) pp1036-1039, Kaohsiung, Taiwan.
- [17] Hui Guo, Yanqiang Shi, Yuming Zhang, Yujuan Zhang, Jisheng Han. Fabrication of SiC p-i-n betavoltaic cell with  $^{63}\text{Ni}$  irradiation source. 978-1-4577-1997-4/11/ ©2011 IEEE.
- [18] Chen Haiyang, Yin Jianhua, Li Darang. Electrode pattern design for GaAs betavoltaic batteries. *Journal of Semiconductors* Vol. 32, 8 (2011) 084006-1.
- [19] Zaijun Cheng, Xuyuan Chen, Haisheng San, Zhihong Feng, Bo Liu. A high open-circuit voltage gallium nitride betavoltaic microbattery. *J. Micromech. Microeng.* 22 (2012) 074011.
- [20] Li Da-Rang, Jiang Lan, Yin Jian-Hua, Tan Yuan-Yuan, Lin Nai. Betavoltaic Battery Conversion Efficiency Improvement Based on Interlayer Structures. *Chin. Phys. Lett.* 29, 7 (2012) 078102.
- [21] Yebing Liu, Rui Hu, Yuqing Yang, Guanquan Wang, Shunzhong Luo, Ning



- Liu. Investigation on a radiation tolerant betavoltaic battery based on Schottky barrier diode. *Applied Radiation and Isotopes* 70 (2012) 438-441.
- [22] F.K. Manasse, J.J. Pinajian, A.N. Tse. Schottky Barrier Betavoltaic Battery. *IEEE Transactions on Nuclear Scienc*, Vol.NS-23, No.1,(1976) pp 860-871.
- [23] Da-Yong Qiao, Xue-Jiao Chen, Yong Ren, and Wei-Zheng Yuan. A Micro Nuclear Battery Based on SiC Schottky Barrier Diode. *Journal of Microelectromechanical Systems* 20 (3) (2011) 685-690.
- [24] Hao Li, Yebing Liu, Rui Hu, Yuqing Yang, Guanquan Wang, Zhengkun Zhong, Shunzhong Luo. Simulations about self-absorption of tritium in titanium tritide and the energy deposition in a silicon Schottky barrier diode. *Applied Radiation and Isotopes* 70 (2012) 2559-2563.
- [25] Min Lu, Guo-guang Zhang, Kai Fu, Guohao Yu, Dan Su, Ji-feng Hu. Gallium Nitride Schottky betavoltaic nuclear batteries. *Energy Conversion and Management* 52 (2011) 1955-1958.
- [26] W. Sun, N. P. Kherani. A Three-Dimensional Porous Silicon p-n Diode for Betavoltaics and Photovoltaics. *Advanced Materials* 17 (10), 1230 (2005).
- [27] Kavetsky, A.G., Nekhoroshkov, S.N., Meleshkov, S.P. Radioactive materials, ionizing radiation sources, and radioluminescent light sources for nuclear batteries. In: Bower, K., Barbanel, Y.A., Shreter, Y., Bohnert, G. (Eds.), *Polymers, Phosphors, and Voltaics for Radioisotope Microbatteries*. CRC Press, Boca Raton, (2002) pp. 39-108.
- [28] URL:<http://www.nndc.bnl.gov/chart/chartNuc.jsp>
- [29] URL: <http://ritverc.com>
- [30] Sook-Kyung Lee, Soon-HwanSon, KwangSinKim, Jong-WanPark, HunLim, Jae-Min Lee, Eun-SuChung. Development of nuclear microbattery with solid tritium source. *Applied Radiation and Isotopes* 67 (2009) 1234-1238.
- [31] Baojun Liu, Kevin P. Chen, Nazir P. Kherani, Stefan Zukotynski. Power-scaling performance of a three-dimensional tritium betavoltaic diode. *Applied physics letters* 95, 233112 (2009).
- [32] M. Mohamadian, A. Fegghi, H. Afarideh. Conceptual Design of GaN Betavoltaic Battery using in Cardiac Pacemaker. Presentation at Amirkabir University (2007).
- [33] Yuri Makarov, Michael Speneer. Method, system, and apparatus for the growth of on-axis sic and similar semiconductor materials. US Patent 8,088,222 B2 (2012)
- [34] Shulin Yao, Zijun Song, Xiang Wang, Haisheng San, Yuxi Yu. Design and simulation of betavoltaic battery using large-grain polysilicon. *Applied Radiation and Isotopes* Vol 70 (10) (2012) 2388-2394.
- [35] David Emin. Unusual properties of icosahedral boron-rich solids. *Journal of Solid State Chemistry* 179 (2006) 2791-2798.
- [36] Angela G. King. New "Nuclear Battery" Runs 10 Years, 10 Times More Powerful. *Journal of Chemical Education* Vol. 82 (11) (2005) 1596.



[37] M. V. S. Chandrashekhar, Rajesh Duggirala, Michael G. Spencer, Amit Lal. 4H SiC betavoltaic powered temperature transducer. Appl. Phys. Lett. 91 (2006) 053511.

[38] C. D. Frye, J. H. Edgar, Y. Zhang, K. Cooper, L. O. Nyakiti, D. K. Gaskill. Synthesis of icosahedral boron arsenide nanowires for betavoltaic applications. Materials Research Society Symposium Proceedings 1439 (2012) 69-75.

[39] Xiao-Ying Li, Yong Ren, Xue-Jiao Chen, Da-Yong Qiao, Wei-Zheng Yuan.  $^{63}\text{Ni}$  schottky barrier nuclear battery of 4H-SiC. J Radioanal Nucl Chem 287 (2011)173-176.

[40] J. Kenneth Shultis and Richard E. Faw. Fundamentals of nuclear science and engineering. Marcel Deckker, Inc. New York, U.S.A. Pág 363, (2002).

[41] Baojun Liu, Kevin P. Chen, Nazir P. Kherani, Stefan Zukotynski, Armando B. Antoniazzi. Betavoltaics using scandium tritide and contact potential difference. Applied Physics Letters 92, 083511 (2008).

[42] Shulin Yao, Zijun Song, Xiang Wang, Haisheng San, Yuxi Yu. Design and simulation of betavoltaic battery using large-grain polysilicon. Applied Radiation and Isotopes 70 (2012) 2388-2394.

# Memorias de Pregrado



## Ingeniería en Sistemas de Armas Mención Mecánica

Acondicionamiento térmico de un laboratorio de gestión técnica y control de calidad de óptica.

Alumno Memorista: MAY. Claudio Gutiérrez Bahamondes.  
Profesor Guía: Sr. Hardy Wistuba Quezada.

### Resumen



El objetivo de esta investigación es acondicionar térmicamente un laboratorio de gestión técnica y control de calidad en el Regimiento Logístico del Ejército N°3 “Limache” proponiendo los posibles cambios a la estructura, si es necesario, y los equipos de aire acondicionados ideales para cumplir sus funciones conforme a normas chilenas establecidas.

instrumentos ópticos de cargo en el Ejército de Chile.

Esta investigación fue elaborada para satisfacer los requerimientos tanto de los usuarios, como demandantes y proveedores, lo que permitirá un control eficaz a la interacción cliente-proveedor.

Actualmente, dicho laboratorio no cumple con las normas chilenas para su funcionamiento como tal y que rigen para este tipo de instalación, por lo que es necesario analizar, calcular, estudiar y proponer los cambios necesarios y el equipamiento para el acondicionamiento térmico mediante la elaboración de esta memoria. Lo anterior, a través del análisis de la demanda institucional para el mantenimiento y recuperación de los



Figura N° 1. Laboratorio de gestión técnica y control de calidad en el Regimiento Logístico del Ejército N°3 “Limache”

Desarrollo de un prototipo de un fusil de entrenamiento.

Alumno Memorista: MAY. Claudio Gutiérrez Romero.  
Profesor Guía: CAP. (IPM) Antonio Massera García.

### Resumen



El objetivo de la presente memoria es realizar el diseño y la fabricación de un prototipo de un fusil de entrenamiento de combate de infantería, que dispare municiones de bajo costo y que posea la capacidad de participar en ejercicios del tipo fuerza contra fuerza.

Esta investigación nace de la necesidad de incrementar la capacidad de entrenamiento de combate de infantería en el personal integrante de la institución, la cual debe estar alineada con los principios y objetivos reglamentarios que norman la ejecución de la instrucción y el entrenamiento militar.





Para poder llevar a cabo el desarrollo de la presente memoria se realizó como primera actividad una breve descripción y evaluación de la necesidad de incrementar la capacidad de entrenamiento de combate de infantería en el personal integrante de la institución.

Posteriormente se procedió a describir brevemente los principios y fundamentos que rigen la instrucción militar como, asimismo, los sistemas de entrenamiento existentes en la institución con capacidad de realizar ejercicios del tipo fuerza contra fuerza.

A continuación y utilizando la metodología de ingeniería de sistemas se procedió a realizar el diseño conceptual, en el cual se estipularon claramente los requerimientos operacionales necesarios para ejecutar el desarrollo del presente prototipo.

Una vez ejecutado lo anterior, se procedió a la realización del diseño preliminar y de detalle

mediante la elaboración de la totalidad de la planimetría del prototipo.

Con la documentación elaborada de las fases anteriores se procedió a la fabricación, armado y ajuste del prototipo.

Por último, se realizó la calificación del prototipo basado en un protocolo de pruebas especialmente elaborado para la ocasión, entregando como producto final una herramienta que debidamente ponderada y valorizada por los organismos correspondientes, puede colaborar en la reducción de la brecha detectada en la ejecución del entrenamiento de combate de infantería.



Figura N° 1 Sistema Fusil de entrenamiento armado.

## Fundamentos teóricos para la calificación experimental del emisor de humo 76 mm multiespectral FAMAE.

Alumno Memorista: CAP. Ramiro Andrade Oña.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Leonardo Albornoz Salinas.

### Resumen



El objetivo principal de esta memoria es establecer criterios técnicos basados en una serie de experimentaciones realizadas al humo producido por la combustión de un mixto desarrollado en FAMAE, para producir una obstrucción de las radiaciones infrarroja, láser y visible, mediante una cortina de humo, la que contiene características

coloideas especiales para poder obstruir tales radiaciones, ya que los sistemas de armas modernos cuentan con sistemas de localización y seguimiento de objetivos, con las radiaciones antes mencionadas.

El presente trabajo tiene sus orígenes en la búsqueda relacionada con las radiaciones en comento a fin de tener los conceptos





teóricos para la formulación de una solución al requerimiento de obstrucción.

Para lo anterior se identificó la bibliografía correspondiente, para luego poder discriminar las posibles soluciones al tema.

Se identificaron partes y componentes del emisor de humo, junto con la señalización de elementos químicos que se debieron utilizar para la formación del mixto adecuado.

Se realizaron ensayos a los mixtos con el propósito de poder determinar las mejores características para su empleo en el campo espectral.

Finalmente se realizaron pruebas en terreno, con los medios involucrados en el estudio,

## Diseño preliminar de un sistema de absorción de energía para proyectiles de hasta 20 x 139 mm.

### Resumen



El objetivo del presente trabajo de investigación es diseñar un sistema de absorción de energía para proyectiles de hasta 20 x 139 mm, para un polígono que permita materializar el control e inspección de calidad de la munición antes mencionada.

Esta investigación nace de la necesidad que tiene el Instituto de Investigaciones y Control del Ejército (IDIC), de realizar la recepción de la munición antes descrita, cumpliendo todos los puntos relacionados a los protocolos de recepción.

Para llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo de investigación, se comienza con una

considerando el emisor de la radiación (carro M113) y los medios de recepción de radiación, considerando cámaras térmicas, tanto de uso civil como militar.

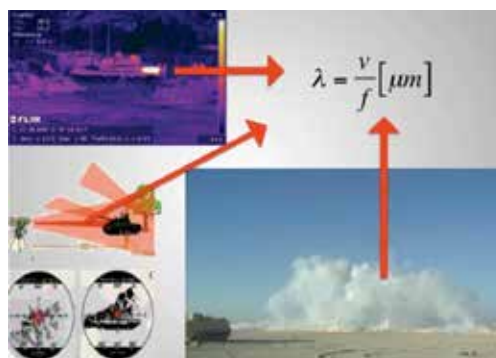
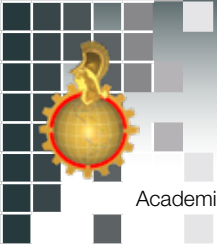


Figura N° 1 Representación de la igualación de la longitud de onda para bloquear una onda.

Alumno Memorista: CAP. Robinson Aldunate Valdés.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Dino Passalacqua Masafiero.

introducción a la balística, con la finalidad de entender algunos conceptos que se utilizarán o bien para comprender el funcionamiento que tiene un proyectil; posteriormente, se analizarán los posibles materiales para ser utilizados como fuente de detención para la munición antes descrita.

Existen muchos materiales que podrían cumplir la función de detener una munición de 20 x 139 mm, sin embargo ligado a los alcances y limitaciones que tiene este trabajo de investigación, es que el material a parte de detener la munición, también debe ser capaz de alcanzar una vida útil acorde al gasto realizado en implementarlo, es por esta razón, que el material escogido fue la



arena, la cual fue seleccionada por un grupo de expertos en el área de la balística.

Una vez que se seleccionó el material, se comienza la fase de cálculos, donde se aplicarán ecuaciones que llevarán a encontrar las distancias correspondientes relacionadas a la detención de la munición antes descrita y a la vez a visualizar futuras ideas que se podrían transformar en diseños de detención.

Para validar los cálculos obtenidos, en un principio se tenía considerado realizar una prueba empírica en terreno, donde se medirían los cálculos realizados en papel con las distancias que se obtendrían en terreno, sin embargo, por situaciones ajenas al memorista y a la unidad patrocinadora, esta opción no se pudo realizar y se decidió evaluar los cálculos con un calibre menor en el IDIC, ya que se plantea, que si se detiene una munición de calibre menor en las distancias que entrega el cálculo, se subentiende que si lo llevamos a la munición real, debiese comportarse de la misma forma.

Para finalizar, se visualizan dos alternativas de posible solución, la primera es diseñar un sistema de detención móvil, el cual se podría armar cuando se dispare y el otro, un sistema de detención fijo o permanente, el cual se podría implementar como un sistema de absorción de energía a base de arena. Las alternativas antes descritas fueron evaluadas en un programa de ayuda a toma de decisiones (Expert Choice), el cual entregó como resultado más favorable, la implementación de un sistema fijo o permanente, por lo que se entregarán los planos de dicho diseño.

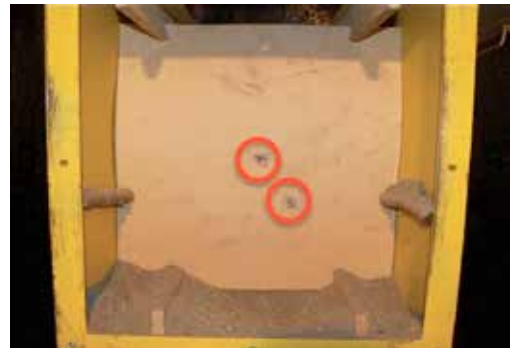


Figura N° 1 “Penetración de la placa interna, con la munición 12,7 x 99 mm “.

## Diseño de un chaleco táctico balístico para la fuerza terrestre del Ejército de Chile.

Alumno Memorista: CAP. José Herrera Vergara.

Profesor Guía: CAP. (IPM) Héctor Reyes Campaña.

### Resumen

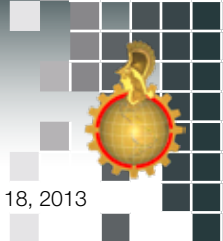


El objetivo de la presente memoria es presentar a la Institución un diseño de chaleco táctico balístico para la fuerza terrestre, que cumpla con las condiciones ideales para el desarrollo de las actividades de todo soldado combatiente y que preste las condiciones

de seguridad equivalentes a las amenazas que se ve enfrentada la Fuerza Terrestre en la actualidad.

La base para dar un sustento teórico a la línea investigativa fue entregar un marco teórico, basado en antecedentes bibliográficos,





que dan cuenta sobre las necesidades de protección de los componentes de la fuerza terrestre, donde se establece la necesidad de acuerdo a los niveles de amenaza que puedan enfrentar en el campo de acción y los efectos a los cuales se verán sometidos.

En base a esto, se diagnosticó la situación actual de los chalecos tácticos con que cuenta la fuerza terrestre del Ejército, dando hincapié en los usos, sus características, deficiencias y nivel de protección con que se cuenta.

De acuerdo a lo anterior, se realizó un estudio de las posibles amenazas a las que podría ser enfrentada nuestra fuerza, en lo que se refiere a los niveles de amenaza balística de nuestro potenciales adversarios y a los efectos de dichos niveles de amenaza en el cuerpo humano, lo cual entrega la necesidad actual de protección de acuerdo a estos antecedentes.

Consecutivamente se identificaron los requerimientos operacionales, funcionales y técnicos que se requieren para el desarrollo

del diseño, todo esto de acuerdo al diagnóstico de los elementos de seguridad con que se cuenta y al análisis de las amenazas que se verá enfrentada nuestra fuerza terrestre, todo esto comparado con las necesidades de las entidades interesadas.

Posteriormente, se genera un diseño del chaleco táctico balístico para ser validado en forma física mediante pruebas de nivel de amenaza y los efectos ante éstas, además de las pruebas físicas a realizar por los componentes de la fuerza terrestre, para comprobar si cumple con lo establecido en las normas internacionales de seguridad y protección.

La validación del diseño fue realizada mediante una definición de especialistas en el tema de seguridad y protección, realizando pruebas para comprobar su eficacia y eficiencia para el desarrollo de las actividades inherentes al producto.

En la etapa final, se propuso la mejor alternativa acorde con los antecedentes recopilados y al resultado de la evaluación.



TALLAS	DIMENSIONES						
	LARGO CENTRAL A	ALTO LATERAL B	ANCHO PECHO C	ANCHO INFERIOR D	ANCHO HOMBRO E	ANCHO ESCOTE F	PROF. DE ESCOTE G
S	39	20	32	59	6	21	8
M	41,5	21	32	64	6	21	8
L	44	22	32	69	6	21	8
XL	46,5	22	32	73	6	21	8

Figura N° 1 Dimensiones base delantera de chaleco táctico balístico.





## Estandarización de criterios utilizados en pruebas de certificación de carros M-113 usados.

Alumna Memorista: CAP. María Pla Arriagada Navarrete.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Mariano Osorio Leiva.

### Resumen

**L**a presente memoria obedece a una necesidad del Centro de Mantenimiento perteneciente a las Fábricas y Maestranzas del Ejército de Chile (FAMAE), en optimizar los parámetros exigidos al material, carros M-113, en pruebas de certificación en condición de vehículo usado, las cuales se efectúan al material después de ser sometido a mantenimiento recuperativo integral, en las cuales se realizan actividades de recuperación, cambio de piezas, líquidos y lubricantes, etc., dejando al vehículo en condiciones óptimas para ser entregado al Ejército.

En la actualidad este proceso se diseña bajo normas internacionales "MIL-C62310 A (AT)" para M-113, las cuales son especificaciones técnicas, en las que se describen las pruebas a realizar para controlar el estado funcional y operacional del material. Es importante aclarar que estas normas corresponden a especificaciones de vehículos nuevos, lo cual difiere de la condición del material que

adquiere la institución, por consiguiente, surge la necesidad de contar con una metodología que considere pruebas donde se exijan parámetros acorde al estado real del material.

Durante la búsqueda de solución al tema en estudio, se buscó conocer los procesos de certificación de entidades civiles y empresas autónomas del Estado, que permitiesen realizar comparaciones, con la finalidad de rescatar mejores prácticas que nos proporcione ideas y soluciones a este estudio de investigación, siempre y cuando fuese el caso.



Figura N° 1 Carros M-113.

## Diseño preliminar de un subcalibre para tanque Leopard 2A4.

Alumno Memorista: CAP. Gonzalo Bautista Gatica.  
Profesor Guía: GDB (IPM) Héctor Ureta Chinchón.

### Resumen

**E**n la presente memoria se diseña un Subcalibre para Tanque Leopard 2A4, que sirva como ayuda de instrucción, tanto

en los cursos regulares para tripulaciones realizados en el CECOMBAC, como en las BRIACOs en periodos de instrucción y entrenamiento.



Para dar cumplimiento al objetivo propuesto se realiza un estudio, el cual es dividido en cuatro capítulos de acuerdo a una planificación metodológica que permita en forma secuencial contar con los antecedentes necesarios para el diseño.

Se presentan conceptos del estado del arte y los antecedentes generales del material Leopard, su historia, sus características técnicas, los sistemas que lo componen, haciendo énfasis en los subsistemas, partes y componentes de la torre junto con los modos y tipos de funcionamiento.

Se realiza un estudio tanto de la munición de empleo regular en el material Leopard como aquellas municiones con disponibilidad y factibilidad técnica de ser empleadas en el diseño del subcalibre, se determinan los requerimientos técnicos y se establece una metodología de selección.

Con los antecedentes reunidos, se realiza el cálculo para la determinación de las curvas de presión, velocidad y tiempo versus desplazamiento del proyectil dentro del cañón, se calculan las presiones máximas, las dimensiones tanto del cañón como del cierre y la

composición química y propiedades mecánicas que debe poseer el acero utilizado en el diseño.

Se lleva a cabo la validación tanto de los modelos empleados para la determinación de los parámetros de diseño, los cálculos realizados, como también los resultados obtenidos.

Finalmente se desarrolla un modelo en 3D con el diseño propuesto, producto los requerimientos técnicos establecidos y del estudio realizado para dar cumplimiento a estos requerimientos.

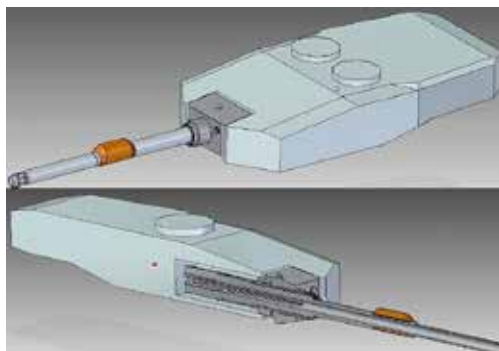


Figura N° 1 Desarrollo de un modelo digital de torre de tanque Leopard 2A4 y vista en corte.

## Sistema de control de munición para la fuerza terrestre del Ecuador.

### Resumen

La fuerza terrestre de Ecuador, como uno de los órganos operativos del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (CC.FF.AA.), es responsable de organizar, entrenar, equipar y

Alumno Memorista: TTE. (Ejército del Ecuador) Washington Rosero Camacho.

Profesor Guía: TCL. (IPM) Daniel Sandoval Bravo.

mantener el poder militar terrestre, así como participar en los procesos que garantizan la defensa nacional y su desarrollo institucional. Con el fin de dar cumplimiento a su misión debe contar con sistemas de armas. Para



ello se desprende la necesidad de contar con eficientes procesos de control de munición a lo largo de su ciclo de vida, que garanticen la seguridad del personal civil, militar, así como su respectivo almacenamiento.

Actualmente la fuerza terrestre del Ecuador, preocupada por la munición que posee, ha dedicado su mayor esfuerzo en asegurar las condiciones de confiabilidad, sin embargo entre los diferentes aspectos relacionados con la munición, no cuenta con un sistema de control por medio del cual asegure un seguimiento a lo largo de su ciclo de vida, es decir, desde el momento de la adquisición, pasando por el uso y almacenamiento, hasta su extensión de la vida útil o desecho.

En este contexto, el presente trabajo de memoria realiza un estudio para determinar cuáles son los procesos de control de munición con los que al momento cuenta la fuerza terrestre del Ecuador, además de los procesos de control durante el ciclo de vida

de la munición, utilizados en otras instituciones como son el Ejército y la Armada de Chile.

De este modo, basado en la experiencia de las otras instituciones militares, se procedería a formular de acuerdo a las condiciones geográficas y medioambientales del Ecuador, los diferentes procesos de control de munición a través de su ciclo de vida, con el fin de mejorar la seguridad del personal civil y militar, así como sus condiciones de almacenamiento.



Figura N° 1 Esquema general para el control de munición.



## Ingeniería en Sistemas de Armas Mención Electrónica

**Diseño conceptual de una estación repetidora transportable para la red norte del Sistema de Comunicaciones del Ejército.**

Alumno Memorista: MAY. Rodrigo Eló Rodríguez.  
Profesor Guía: TCL. (IPM) Juan Lopizic Balic.

### Resumen

**E**l objetivo de esta investigación es realizar el diseño conceptual de una estación repetidora de microondas transportable que permita reemplazar, ante la degradación total o parcial, una de las estaciones repetidoras de microondas de la red de comunicaciones permanente del Ejército.

Para lograr lo anterior se ha empleado una metodología analítica-descriptiva, con la finalidad de desarrollar el marco teórico que permite obtener los conceptos teóricos y técnicos necesarios que sirven para orientar y desarrollar la investigación. Posteriormente se desarrollan los requerimientos operacionales para lograr definir las necesidades del usuario, relacionado con la utilización del sistema y el cumplimiento de la misión.

Luego se realiza el análisis funcional el cual, con la ejecución de su secuencia de acciones, permite concluir en el diseño conceptual de la estación.

Cabe destacar que para el desarrollo de los requerimientos operacionales y análisis funcional se ha utilizado el modelo de ingeniería de sistemas que entrega una lógica secuencia de acciones, con las cuales se obtiene el diseño del sistema solución.

Una vez determinados los antecedentes indicados en el párrafo anterior, se ha validado el diseño conceptual del sistema repetidor de microondas transportable a través de la opinión de expertos.



Fig. 1 Estaciones repetidoras de la red norte.

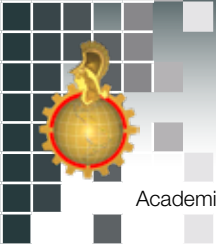
**Diseño preliminar de un sistema de eficiencia energética, controlado por domótica para la Academia Politécnica Militar.**

Alumno Memorista: CAP. Osvaldo Geisser Droguett.  
Profesor Guía: Sr. Marcelo Zavala Vergara.

### Resumen

**A** diario observamos como los desarrollos tecnológicos, específicamente en el área de la electrónica, ponen a nuestra disposición

nuevos sistemas y artefactos que apoyan el confort y la calidad de vida del ser humano, aunque con una evidente indiferencia social respecto al ahorro de energía. Esta situación



origina una preocupación a nivel mundial respecto al óptimo empleo del recurso energético, creando una lucha permanente de los gobiernos por lograr el desacople entre crecimiento país y demanda energética.

En Chile, también el tema energético está presente en todos los sectores, debido a esto el Estado Mayor Conjunto recibe la misión del gobierno de desarrollar un Plan de Ahorro Energético como una forma de hacerse parte de esta problemática. El Ejército de Chile con la intención de mantener este compromiso frente al ahorro energético, dicta políticas, con la finalidad de disminuir el consumo energético institucional.

A nivel institucional no se identifica la “domótica” como alternativa de solución viable respecto a este problema, producto del desconocimiento de las capacidades que esta posee.

El presente trabajo pretende ser una guía para el personal que requiera implementar un sistema domótico escalable, de bajo costo y con elementos disponibles en el mercado nacional, permitiendo un diseño e implementación viable, de fácil empleo a nivel usuario y que permita

alcanzar la eficiencia energética en apoyo a la eficiencia operativa de la unidad. Para lograrlo, se presenta información de carácter teórico-técnica, lo que servirá en el proceso de toma de dediciones, sea este para la adquisición de un sistema domótico, como un referente para la actualización de sistemas existentes.

Producto de la gran cantidad de información y la diversidad de las fuentes, se define un método basado en ingeniería de sistemas, con la finalidad de examinar los distintos procesos y obtener información real de sus funcionamientos.

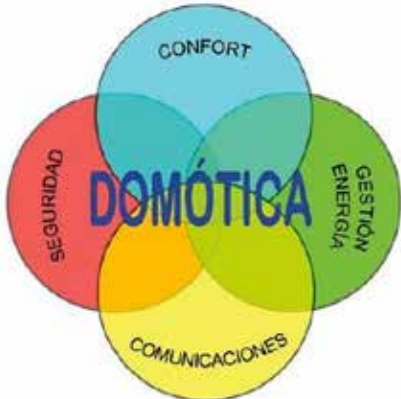


Fig. 1 Áreas de acción de la domótica.

### Diseño preliminar de un sistema de ahorro de energía eléctrica, mediante el empleo de energías renovables, para la Academia Politécnica Militar.

Alumno Memorista: CAP. Rodrigo Varela Weisser.  
Profesor Guía: CAP. (IPM) Juan La Rivera Rentería.

#### Resumen



La presente memoria busca aportar ideas para un sistema que contribuya a la disminución del consumo de energía eléctrica desde la red de distribución,

mediante el diseño técnico de una solución que emplea fuentes de energía renovable no convencionales (ERNC), para la producción de energía eléctrica, la cual podrá ser empleada para este propósito.







El aporte de esta memoria a la solución del problema, fue a través de la selección de la fuente de energía que presente las mejores características para su aprovechamiento en la producción de energía eléctrica. Para este análisis se consideró en su inicio todas las energías renovables presentes en la ubicación geográfica de la Academia Politécnica Militar, para compararlas y escoger de esta forma la que tuviera mejor disponibilidad.

Terminado el análisis de las fuentes de ERNC y además el estudio del marco regulatorio en materias de energías renovables, se procedió al diseño de una solución técnica para el empleo de la fuente de energía seleccionada,

de esta forma se propuso una solución de ahorro en el consumo de energía eléctrica en un 5%. Además como valor agregado se consideró el análisis de costos del proyecto.



Figura N° 1 Propuesta de ubicación para el generador fotovoltaico en el estacionamiento de la Acapomil.

## Factibilidad técnica y costos asociados para integrar la totalidad de la demanda de comunicaciones satelitales a la plataforma satelital existente en el Ejército.

Alumno Memorista: CAP. Boris Villegas Aros.

Profesor Guía: MAY. (IPM) Juan Poupin Swinburn.

## Resumen

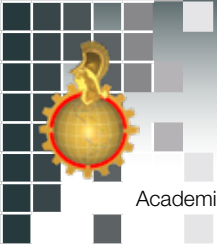
Actualmente en el Ejército está en ejecución la implementación del sistema STOMT-Baquedano, sistema de Mando y Control que permite observar a los comandantes el panorama operacional conjunto, apoyando la toma de decisiones en tiempo real. Este sistema posee una plataforma satelital que le entrega una alta disponibilidad y capacidad, otorgándole una ventaja al que lo posee.

Debido a que el tema satelital es nuevo en la institución, existen una serie de interrogantes sobre las reales capacidades del sistema; siendo una de estas la más recurrente, si el sistema puede soportar a través del uso del recurso

ancho de banda disponible, los sistemas satelitales anexos y que actualmente operan bajo el contrato comercial con empresas particulares.

Para dar respuesta a esa interrogante, se debe determinar la demanda que existe por ese recurso y compararlo con las capacidades del sistema. Para lo cual, en primer lugar, se analizó el Sistema de Comunicaciones del Ejército (SICOE), para identificar los equipos que demandan este recurso para su operación.

Posteriormente, en base al dimensionamiento del cargo existente de estos equipos se determinó el ancho de banda requerido para que operen en forma normal, aplicando un



método de cálculo que fue comparado y validado al obtenido por medio de un software. Del mismo modo, se determinaron e identificaron las variables mínimas que debe poseer el cálculo del ancho de banda requerido; explicando en un orden metódico, cada una de ellas.

Finalmente se analizó si la infraestructura con la que actualmente cuenta el sistema, puede soportar la demanda total, actual y futura del recurso, para integrarlo a una sola plataforma, estimando los costos involucrados en esta operación

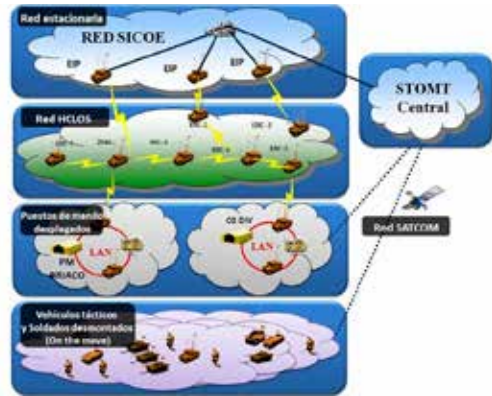


Figura N° 1 Arquitectura del sistema STOMT Baquedano.

### Diseño conceptual de un sistema de interrogación láser, para la identificación de vehículos militares terrestres en el campo de batalla terrestre.

Alumno Memorista: CAP. Felipe Mendoza Aravena.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Alexis Herrero Mena.

### Resumen



El fuego fratricida o también conocido como fuego amigo o fuego aliado, son los disparos provenientes del propio bando.

Este tipo de incidentes son producidos por errores, casi siempre humanos, debidos normalmente a fallos en la identificación del objetivo.

Considerando que en la actualidad los vehículos militares terrestres dependen del reconocimiento visual, es que se realizó un estudio del problema y cómo este afecta a las unidades que integran nuestro Ejército. Por ello es que en la presente memoria se propone presentar una solución al problema de identificación en el campo de batalla terrestre, en su parte de transmisión de una señal de

interrogación, comenzando con un diseño conceptual de un dispositivo de interrogación por láser. Este dispositivo transmite una señal de interrogación unidireccional la cual viaja en el láser por medio de pulsos de distintos periodos de duración y de separación.

Para realizar este trabajo fue necesario hacer un análisis y estudio de los principios y fundamentos que determinan la generación de la emisión del láser, que medios físicos y componentes se requieren para su implementación, los distintos tipos de láseres que existen, sus características y sus distintos usos en el ámbito militar.

También fue necesario determinar las necesidades siguiendo el proceso de obtención de





requerimientos establecido por Benjamín S. Blanchard en su libro “Ingeniería de sistemas” edición 1991.

Posteriormente, una vez validados los requerimientos se continuó con la etapa de definición funcional del sistema, la cual se encuentra en la última fase que se debe desarrollar en el diseño conceptual.

La presente memoria continúa con la definición general del sistema interrogador, estableciendo cuáles serán sus elementos constitutivos y desde el punto de vista funcional. También se exponen los procedimientos experimentales realizados en los laboratorios de física y óptica de la Universidad de Santiago de Chile, los cuales permitieron comprobar en forma empírica el producto del presente estudio.

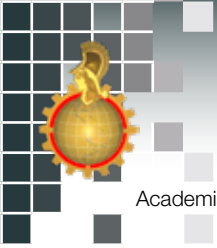
Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de esta memoria de título, dejando en evidencia la

importancia del rol que juega contar con un dispositivo interrogador de campo de batalla terrestre, junto con lo cual se plantea la necesidad de seguir con este estudio para que en otra etapa se busque desarrollar el dispositivo receptor y el trasponder con lo que se obtendrá un sistema completo de identificación amigo-enemigo para los vehículos militares terrestres.



Figura N° 1 Esquema de interacción interrogador-interrogado para identificación del vehículo.





# Ingeniería en Sistemas Mención Geoinformática

## Metodología para el funcionamiento de un Centro de Procesamiento y Análisis de Datos para un Sistema Global de Navegación por Satélite.

Alumno Memorista: MAY. Cristian Carrasco Mujica.  
Profesor Guía: TCL. (IPM) Mario Molina Escalona.

### Resumen



IRGAS es el Sistema de Referencia Geocéntrico para América que permitió, en el momento de su concepción, unificar diferentes datum existentes en la región mejorando los distintos productos geodésicos que utilizan esta referencia para su elaboración.

En este sentido, SIRGAS, como organización, promovió en los países de la región la creación de Centros de Procesamiento de Datos GNSS, los que aportan con información obtenida a través del procesamiento de datos para la generación del poliedro global del IGS (IGS, International GNSS Service).

El Instituto Geográfico Militar ha incorporado y utilizado dicho sistema de referencia, principalmente para el mantenimiento de la Red Geodésica Nacional, lo que ha permitido mejorar la precisión de los productos y posicionarse a la vanguardia de la comunidad científica internacional.

El presente trabajo de investigación propone una metodología para materializar el procesamiento de datos en un Centro de Procesamiento de Datos para un Sistema Global de Navegación por Satélite para el Instituto Geográfico Militar, determinando inicialmente los diferentes factores que afectan las mediciones de los satélites, e incorporando las medidas que minimizan sus efectos con un software específico.

El logro de esta precisión se debe principalmente al uso de la tecnología satelital, específicamente al Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS, Global Navigation Satellite System), que permite con exactitud de milímetros determinar posiciones en la superficie terrestre.

Para obtener la máxima precisión, sin embargo se debe, realizar una serie de procesos posteriores, que permitan minimizar los distintos errores que se producen en el cálculo de las coordenadas por parte de los satélites, utilizando software de posprocesamiento y una metodología determinada que defina cada proceso.

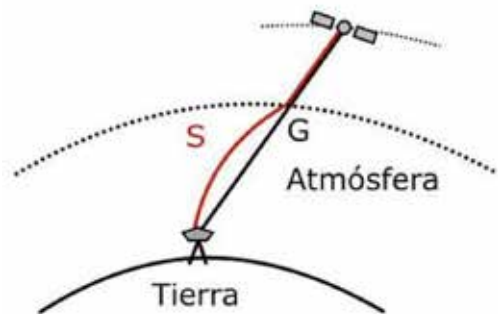


Figura N° 1 Propagación de una onda en la troposfera.





## Desarrollo de una metodología para el análisis del desplazamiento de unidades en el nivel de planificación táctica de combate, basado en un Sistema de Información Geográfico y un software de simulación.

Alumno Memorista: CAP. Emilio Aleuy Schwerter.  
Profesor Guía: CRL. (IPM) Sergio Quijada Figueroa.

### Resumen



En la actualidad, el Ejército de Chile posee a las Brigadas Acorazadas como principal órgano de maniobra, producto de sus múltiples capacidades como son la movilidad, protección, supervivencia, alcance y potencia de fuego. Estas capacidades hacen que cualquier situación que las involucre tenga que ser altamente planificada, siendo aquí donde el análisis militar del terreno se presenta como factor crítico, debido a que es primordial identificar los accidentes geográficos que oponen movimiento o favorecen el desplazamiento a estas unidades.

En la presente memoria se trabaja con dos herramientas digitales modernas, siendo estas un sistema de información geográfico y otro de simulación, con la finalidad de utilizarlas en apoyo al proceso de planificación en lo que concierne al análisis militar del terreno. Para lograr lo anteriormente expuesto, se trabaja en primer lugar con el software GvSIG calculándose una ruta óptima de marcha entre dos puntos distantes geográficamente, ruta que debe cumplir con ciertas características siendo afectada por diferentes variables del terreno.

Con la ruta de marcha obtenida se procede a crear un modelo de simulación en el software Arena, consiguiendo de esta forma los tiempos de desplazamiento para entidades que

representan tanques y unidades de infantería andina que marchan sobre estas rutas. Con esta simulación se pretende además representar la aleatoriedad propia del campo de batalla, aplicando distribuciones estadísticas a la variable velocidad.

La validación de las rutas óptimas de marcha entregadas por GvSIG es realizada a través de juicio de expertos, mientras que la de los tiempos de marcha es efectuada por medio del software de simulación constructiva Vr-Forces.

Por último, junto con las conclusiones se propone una metodología que asocia ambas herramientas digitales (GvSIG y Vr-Forces) para ser incorporadas como medio de apoyo dentro del análisis militar del terreno.



Figura N° 1 Diferentes tramos de una ruta de marcha para una brigada considerando la geografía.



# Diseño conceptual de un Sistema de Información Geográfico Militar para una Brigada Acorazada.

Alumno Memorista: CAP. Juan Pablo Palacios Cergna.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Eduardo Cayul Aristondo.

## Resumen

Producto del proceso de modernización, en el cual está inmerso el Ejército de Chile, se realizó una transformación de un ejército territorial a un ejército operacional. Esto significó cambiar la estructura de un ejército con unidades incompletas y poco operacionales, a lo largo de todo el territorio, a un ejército polivalente e integrado, con lo que se obtiene una mayor operacionalidad, otorgando potencia, poder de choque y flexibilidad a la fuerza, lo que permite enfrentar misiones derivadas de la función defensa, cooperación internacional y responsabilidad social.

Lo anterior llevó a que se conformaran cuatro brigadas acorazadas, unidades de armas combinadas donde la mayor parte de sus medios cuentan con protección blindada, gran potencia de fuego y alta movilidad en sus desplazamientos.

Con el propósito de que el comandante de la brigada acorazada pueda anticipar sucesos, procesar y seleccionar la información, tomar una decisión y actuar con más precisión y rapidez que el adversario, se propone como alternativa un Sistema de Información Geográfico Militar, con la finalidad de apoyar al cuartel general en la toma de decisiones tanto para la crisis como para catástrofes.

Conforme a lo anterior y como objetivo del presente trabajo, se hizo necesario realizar (como primera fase del ciclo de

vida) el Diseño Conceptual de un Sistema de Información Geográfico Militar para una Brigada Acorazada, con el cual se dio inicio al ciclo de vida del sistema, permitiendo su continuidad hasta alcanzar la utilización y posterior retirada.

Para la realización del presente trabajo, se utilizó una modificación de la “Metodología de planificación de SIG en diez etapas”, publicada por Roger Tomlinson en su libro Pensando en el SIG, la cual permitió identificar requerimientos, diseñar los productos informativos, determinar los datos de entrada y un modelo lógico, para dar sustento y permitir el funcionamiento del sistema.



Figura N° 1 Componentes de un Sistema de Información Geográfico (SIG).



## Incorporación de un modelo matemático de área inundación por efectos de tsunamis en el Sistema Integrado de Información para Emergencias (SIIE).

Alumno Memorista: CAP. Ignacio Vallés Ajraz.  
Profesor Guía: CRL. (IPM) Rony Jara Lecanda.

### Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo incorporar un modelo numérico para determinar áreas de inundación por efectos de tsunamis al Sistema Integrado de Información para Emergencias mediante la implementación computacional de un método numérico.

El método numérico del que se hace uso después de un estudio de los modelos existente en la actualidad, es el COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model). Con él se pueden resolver las ecuaciones de onda largas y de agua somera, que son las que modelan este tipo de fenómenos naturales que se producen en las costas de Chile.

Para la implementación computacional de este modelo matemático se tienen que identificar los requerimientos del modelo y, posteriormente, con el uso de diferentes softwares,

se debe visualizar, editar e integrar el área de inundación en el SIIE.

Se utilizaron los parámetros sísmicos del 27-F, puntualmente en la bahía de Talcahuano, para ser ingresados en el modelo numérico y posteriormente analizar los resultados obtenidos en comparación con la inundación real del 27-F.

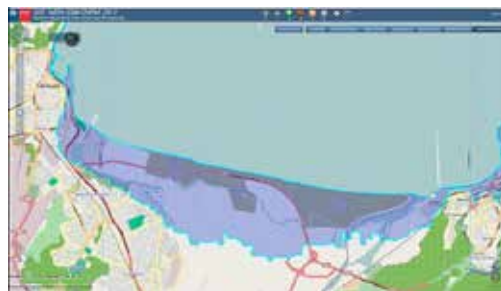


Figura N° 1 Integración del área de inundación COMCOT en el SIIE.

## Diseño preliminar del módulo de observación del sistema de simulación de artillería de campaña.

Alumno Memorista: CAP. Juan Pablo Hellman Glasinovic.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Alejandro Gómez Abutridy.

### Resumen

Producto de las dificultades con las que cuenta el arma de Artillería para entrenar a sus unidades, debido a los elevados costos de entrenamiento, reducción de campos de

tiro, aproximación de los núcleos urbanos, reducción de personal, entre otros, es que el desarrollo de un sistema de simulación para la artillería de campaña, se presenta como la gran solución al problema. Otorgando



ventajas como un ahorro importante en munición y combustible, mayor flexibilidad en los programas de instrucción, reducción de riesgos asociados al tiro real y un entrenamiento continuo.

La presente memoria comienza entregando los conceptos fundamentales de modelación, simulación, y los que involucran al arma de Artillería del Ejército. También se dan a conocer los simuladores que están actualmente en uso en el Ejército de Chile, y en otros lugares del mundo, para dimensionar el desarrollo actual sobre el tema.

En la primera fase de diseño conceptual, se obtiene una idea general de lo que el sistema DEBE TENER y DEBE HACER, entregando como producto final las especificaciones técnicas del sistema.

En la segunda fase, se obtienen las especificaciones de detalle que permiten iniciar

la construcción del prototipo, reuniendo los medios, creando interfaces; para finalmente, ser validado.

El prototipo, siendo una muestra de funciones limitadas, representa lo que será el producto una vez terminado. Con él se podrá conocer la opinión de los usuarios, y así, rectificar algunos aspectos antes de construir el producto final.

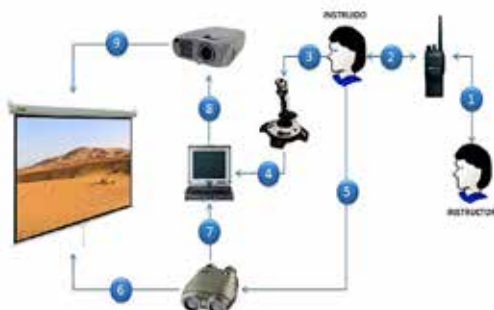


Figura N° 1 Arquitectura funcional del módulo de observación del sistema de simulación de artillería de campaña.





## Recepción del I Curso Regular de Ingeniería 2013



El miércoles 2 de enero del presente, la Academia Politécnica Militar dio la bienvenida al I Curso Regular de Ingeniería Militar año 2013, el cual se integrará al proceso formativo como Ingenieros Politécnicos Militares para la Fuerza Terrestre, en las áreas de Sistemas de Armas, Sistemas Tecnológicos de la Información y Comunicaciones y Sistemas Logísticos.

El I CRIM esta integrado por 20 oficiales de Ejército y un oficial de la Fuerza Aérea de Chile.

En la actualidad, cuando los sistemas de armas que operan en la Fuerza Terrestre son cada día más complejos y tecnologizados, el aporte de los Ingenieros Politécnicos Militares cobra una mayor importancia, por lo que en respuesta a una necesidad institucional, la Academia Politécnica Militar se ha orientado a la optimización de su proyecto educativo, al entregar a sus alumnos las competencias necesarias para liderar equipos técnicos fuertes en innovación y tecnología con enfoque en el desarrollo de la capacidad militar, consiguiendo soluciones tecnológicas simples a problemas complejos en las áreas de soporte y mantenimiento de sistemas de armas, proyectos, adquisiciones, administración, infraestructura, tecnología, asesoría e industria militar entre otras.



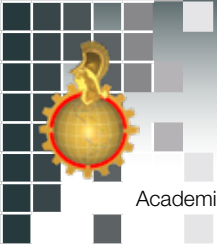
## Visita del I CRIM de la Academia Politécnica Militar al reactor nuclear de La Reina



Como una forma de comprobar in situ la aplicación de los conocimientos teóricos de física adquiridos durante el período de introducción a las ciencias del I CRIM 2013,

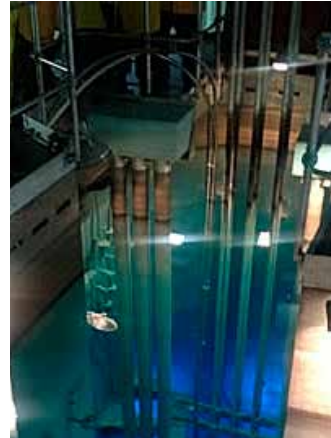
los oficiales alumnos finalizaron la asignatura con una visita profesional al reactor nuclear de La Reina, siendo recibidos y guiados por el profesor de la cátedra de Introducción a la Física Sr. Carlos Henríquez Acosta.





En el mencionado centro de energía nuclear, los alumnos asistieron a una charla de seguridad y de los trabajos que se realizan en dicho lugar, el efecto de las labores que allí se efectúan y el lay-out de planta. De igual forma, visitaron la sala de control y la bóveda donde se encuentra el núcleo del Reactor.

Lo anterior representa una de las tantas actividades de conocimiento profesional que realiza la Acapomil, con el objeto de entregar una educación integral en el ámbito de la Ingeniería para su aplicación en apoyo a la fuerza terrestre.



## Diplomado en Gestión y Administración de Recursos y Proyectos de Defensa para el III CREM de la ACAGUE



El 11 de febrero, en el auditorium de la Academia Politécnica Militar, se dio inicio a la novena versión del Diplomado en Gestión y Administración de Recursos y Proyectos de Defensa, modalidad presencial, dirigido al III año del Curso Regular de Estado Mayor de la Academia de Guerra, contando con la participación de 43 alumnos, entre los que se encuentran 38 oficiales de

Ejército, 1 oficial de la Armada, 1 oficial de la Fuerza Aérea y 3 oficiales extranjeros de los siguientes países: Argentina, Brasil y México.

En la ocasión, el Director de la Acapomil, coronel Osvaldo Magna Quezada, dio la bienvenida a los alumnos, incentivándolos a tener una participación proactiva durante el desarrollo de las clases, complementando los contenidos





del diseño curricular con la experiencia profesional de cada uno. Finalmente, se refirió a la importancia del curso, destacando su utilidad en las diferentes responsabilidades que los alumnos asumirán en su trabajo profesional de oficiales de Estado Mayor.

El objetivo del programa, que cuenta con 130 horas docentes y que finaliza el 1 de marzo de 2013, es lograr que el alumno incorpore a su desarrollo profesional los conceptos, principios, herramientas, metodologías y procedimientos de la gestión de recursos y de la formulación y administración de proyectos de defensa, elementos en que se sustenta la trazabilidad y el control de la eficiencia de

los recursos considerados en el desarrollo y mantenimiento de la fuerza.



## Curso técnico de nivel superior para personal del cuadro permanente



El 15 de febrero, en la Academia Politécnica Militar, se dio inicio al Curso Técnico de Nivel Superior de “Supervisor Administrativo de Mantenimiento”, dirigido al personal del cuadro permanente del Ejército, en el que participan 15 clases del Servicio de Material de Guerra.

En la ocasión, el Director de la Acapomil, coronel Osvaldo Magna Quezada, dio la bienvenida a los alumnos se refirió a la importancia que representa para el Ejército la permanente capacitación de su personal e incentivó a los participantes a aprovechar esta oportunidad, la que los dotará de las competencias necesarias para desempeñarse como supervisores administrativos, complementando su formación con la propia experiencia profesional.

El curso, que cuenta con 1.600 horas, de las cuales 600 serán destinadas a prácticas de

laboratorios y taller, finaliza el 13 de diciembre de 2013, fecha en la que los egresados estarán capacitados para asesorar al jefe de mantenimiento de brigadas acorazadas y/o RLE, en la programación y gestión de mantenimiento y en la gestión de recursos humanos y material, en el nivel conservatorio programado y preventivo.

La ejecución de este curso tiene una alta importancia institucional, dado que permitirá contar con personal calificado para enfrentar parte de los desafíos derivado de la implementación de nuevas tecnologías y del desarrollo de la fuerza.





## Equipo de vela del Ejército de Chile obtiene 2° lugar en la regata “Copa Hotel Marina Punta Verde”

**E**ste pasado sábado 23 de febrero, se realizó una nueva versión de la regata “Copa Hotel Marina Punta Verde” en el lago Rapel, la cual fue organizada por el Ejército de Chile y contó con la participación de más de 35 embarcaciones de todo el país.

Las categorías participantes en el certamen fueron; Láser, Melgues 24 y Trailereables (racers y cruceros), contando con más de 120 tripulantes.

El equipo de Vela del Ejército, integrado por el mayor Carlos Olate, capitán Juan La Rivera y el capitán Marcelo Grandón, de dotación de la Academia Politécnica Militar, realizaron una excelente presentación al obtener el segundo lugar en el yate clase J24 “Mufasa”, siendo solo superado por el yate “Quique” de la Escuela Naval de la Armada de Chile.

La ceremonia de premiación contó con la presencia del Comandante en Jefe de la Armada, almirante Edmundo González Robles, el Comandante del Comando de Bienestar, general de brigada Felipe Arancibia Clavel y del Director de Educación de la Armada, contraalmirante Víctor Zanelli. Oportunidad en que el mayor Carlos Olate recibió el premio “Al Espíritu Marinero”, entregado por el Comandante en Jefe de la Armada.



## Aniversario de la Academia Politécnica Militar

**E**n el patio de honor de la Academia Politécnica Militar se efectuó la ceremonia principal de la conmemoración del Octogésimo Séptimo Aniversario de esta Academia, acto que fue presidido por el Director General de Movilización Nacional, general de brigada Roberto Ziegele Kerber.

En este contexto hizo uso de la palabra el Director de la Academia Politécnica Militar, coronel Osvaldo Magna Quezada, quien

realizó un breve recorrido por sus 87 años de historia, destacando como a través del tiempo se fueron potenciando los cimientos en que se encuentra hoy, principalmente, en la formación de oficiales, que para ello “fue necesario adaptar una propuesta educativa para cumplir con las exigencias de la sociedad, el impacto y desarrollo tecnológico y fundamentalmente, el proceso de transformación del Ejército en cuanto a su doctrina, estructura y organización e implementación de nuevos sistemas de armas en la fuerza terrestre”.



Además, mencionó el desarrollo de nuevos proyectos, la ejecución de actividades sociales, culturales y deportivos que complementan la formación integral de los alumnos.

Posteriormente se entregaron los premios de estímulos a los funcionarios destacados por categorías: Mejor Suboficial, Mejor Clase, Mejor Empleada Civil Administrativa, Mejor Profesor de Pregrado y Posgrado. Igualmente fueron condecorados con medallas por años de servicios por 10 y 20 a personal de planta y oficiales.

Acto seguido, el Comandante de la División Escuela y Educación, general de brigada Claudio Cubillos Larenas, condecoró con la medalla de las FAs, en el grado de "Al Gran Mérito Militar" por 30 años de servicios en la institución al suboficial mayor José Cerda Vera.

Finalmente, en el Hall Diosa Atenea, el Comandante de la División Escuela y Educación, saludó a la Academia en sus 87 años de existencia y los instó a continuar por la misma senda de excelencia académica y calidad educativa



## Visita de delegación del Ejército ecuatoriano

**A**na visita a las instalaciones de la Academia Politécnica Militar, realizaron una delegación de oficiales de la República del Ecuador, integrada por el coronel EMC Luis Auz, Subcomandante del Comando de Educación y Doctrina del Ejército, teniente coronel Javier Andrade, Jefe de Investigación de Doctrina y por el teniente EM Octavio Rosales, Jefe de Planificación de Doctrina. En la ocasión fueron recibidos por el Subdirector de la Academia, coronel Carlos Catalán, acompañado por el mayor Jaime Arcas.

Esta visita se enmarca en las actividades de cooperación internacional, basada en el intercambio de conocimientos, experiencias

y principalmente, conocer el quehacer académico de esta casa matriz como formador de Ingenieros Politécnicos Militares.





## Acapomil dio inicio a su año académico con clase magistral



Con una Clase Magistral denominada “Construyendo un País de emprendedores”, dictada por el Vicepresidente Ejecutivo de CORFO, señor Hernán Cheyre Valenzuela, se dio inicio el año académico 2013 en la Academia Politécnica Militar, el miércoles 27 de marzo del presente año.

La actividad fue presidida por el Director de las Fábricas y Maestranzas del Ejército, general de brigada Juan Vidal García-Huidobro y otras autoridades civiles, militares, académicas, profesores y alumnos e invitados especiales.

Durante la presentación, el Vicepresidente Ejecutivo de CORFO se refirió a la situación de desarrollo nacional y las acciones que realiza el gobierno para fortalecer un entorno y una cultura que promueva el emprendimiento, la innovación y la competitividad. Además, se refirió a las misiones que cumple CORFO en beneficio de este desarrollo, contribuyendo a hacer de Chile un polo regional del emprendimiento y la innovación, potenciando iniciativas emprendedoras con una mirada global e impulsando en el país una cultura de emprendimiento.

Además, mencionó el rol de las Fuerzas Armadas en estos nuevos cambios tecnológicos y de innovación, expresando que en países más tecnificados son un importante polo de desarrollo, instando a la audiencia a participar con ingenios y emprendimientos en el ámbito de la Defensa Nacional, ya que “la innovación es la mejor fuente de desarrollo sustentable”.

Finalmente, el Director de la Academia, coronel Osvaldo Magna Quezada, agradeció al conferencista por su detallada y completa presentación y le hizo entrega de un obsequio recordatorio.





## Acapomil dio inicio a magíster en Ciencias de la Ingeniería con mención en Sistemas de Armas y Vehículos Militares

**E**n la Acapomil se dio inicio al Magíster en Ciencias de la Ingeniería, con mención en Sistemas de Armas y Vehículos Militares para oficiales Ingenieros Politécnicos Militares cuya duración es del 3 de abril de 2013 y hasta agosto de 2014.

En la oportunidad, el Director de la Acapomil, coronel Osvaldo Magna Quezada, dio la bienvenida a los 6 oficiales alumnos, y se refirió a la importancia que representa para el Ejército la permanente capacitación de su personal, instándolos a aprovechar este curso, que permitirá que los oficiales continúen acrecentando y actualizado sus conocimientos en el sistemas de armas y vehículos militares y que los dotará, además, de las competencias necesarias para asesorar al mando en la toma de decisiones en la adquisición, incorporación, despliegue,

operación y actualización de las tecnologías asociadas de esos sistemas.

Este magíster cuenta con un total de 902 horas y abarcará las áreas de armamento, vehículos, municiones, gestión, integración de sistemas y proyecto de grado. Además, dentro del programa está prevista una pasantía de un mes, a materializarse el año 2014 en la Universidad de Cranfield, Inglaterra.



## Oficial de la Armada de Chile dicta charla profesional sobre el "Sistema OTAN de Catalogación"

**E**n el marco de las actividades de desarrollo profesional y de formación académica de los futuros oficiales Ingenieros Politécnicos Militares (IPM) para el presente año, el viernes 3 de mayo en el salón auditorium se realizó una charla profesional sobre el "Sistema OTAN de Catalogación" dictada por el capitán de fragata Benjamín

Riquelme Oyarzún, Jefe de la Oficina de Catalogación de la Defensa.

El objetivo de este evento fue dar a conocer a los futuros oficiales IPM, sobre el uso, procedimientos y utilidad de la catalogación OTAN para las Fuerzas Armadas, especialmente para Chile como país miembro. En este sentido, el expositor destacó que este



procedimiento internacional busca uniformar la denominación, clasificación, descripción y numeración de los artículos que entran a los sistemas de abastecimiento de las Fuerzas Armadas, mencionando además, la importancia y beneficios que entrega el que un mismo artículo sea conocido por una misma y única denominación y un mismo y único Número OTAN de Catálogo. A la fecha, son 65 países los que están suscritos al Sistema OTAN de Catalogación, siendo sudamericanos: Argentina, Brasil, Chile, Perú, y próximamente Colombia.

Este evento contó con la asistencia de la totalidad de los oficiales alumnos de la Acapomil, oficiales de planta, asesores y profesores del instituto.



## Charla sobre la gestión de activos y mantenimiento



En el marco de las actividades de desarrollo profesional, de formación académica de los futuros oficiales Ingenieros Politécnicos Militares y el centésimo trigésimo cuarto aniversario del Servicio de Material de Guerra del Ejército, el viernes 17 de mayo en el salón auditorium se realizó una charla profesional sobre la “Gestión de Activos y Mantenimiento”, dictada por el señor Marcelo Marambio Díaz, ingeniero mecánico de la Universidad Católica de Valparaíso y actualmente asesor de proyectos de mejoras en la industria de la minería y de empresas privadas.

El expositor desarrolló un completo resumen sobre conceptos como generación de valor en el mantenimiento, sus procesos, ciclo de mejora de activos, planificación programación,

etc., todo apoyado en ejemplos reales de la empresa actual.

Esta charla contó con la asistencia de la totalidad de los oficiales alumnos y personal de planta de la Acapomil.







## Curso técnico de nivel superior “supervisor administrativo de mantenimiento” realiza capacitación práctica



El curso técnico de nivel superior “Supervisor Administrativo de Mantenimiento”, el cual se desarrolla en la Academia Politécnica Militar durante el presente año, se encuentra realizando un periodo práctico correspondiente al primer eje del curso de perfeccionamiento. En la oportunidad los alumnos han tenido la oportunidad de visitar distintas unidades como FAMAE y el RLE N° 3 “Limache”, donde han recibido un importante apoyo técnico y profesional, pudiendo llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en aula.

El curso que se ejecuta bajo la modalidad “por competencias” tiene una fuerte orientación práctica y apunta a que los alumnos internalicen sus conocimientos en base a experiencias, motivo por el cual estos laboratorios cobran una real importancia desarrollándose en distintas áreas tales como: motores, armamento mayor y menor, sistemas hidráulicos e instrumentos ópticos y optrónica.

Este curso tiene por objetivo capacitar a personal del cuadro permanente de la institución en las actividades administrativas del Servicio de Material de Guerra y de mantenimiento de

nivel conservativo programado y preventivo en el escalón básico de la Brigada Acorazada y/o RLE, siendo el responsable de asesorar en el control de la correcta ejecución de la planificación del mantenimiento a este nivel. El curso tiene una duración de 10 meses, conteniendo 1.600 horas académicas, lo cual permitirá al término del período de estudios obtener el Título de Nivel Superior como “Supervisor Administrativo de Mantenimiento”. Además, el presente perfeccionamiento sirve para estimular la capacitación profesional, en el nivel Técnico Superior del Cuadro Permanente de la institución, como parte del proceso de perfeccionamiento que ha diseñado el Ejército a consecuencia del proceso de adquisición de los nuevos sistemas de armas y sus apoyos logísticos correspondientes.



## Inicio programa de magíster en la Academia Politécnica Militar



El pasado 17 de mayo se dio inicio a la sexta versión del Magíster en Ingeniería de Sistemas Logísticos que la Academia Politécnica Militar realiza en conjunto con la Pontificia

Universidad Católica de Valparaíso y cuyo objetivo es incrementar la capacidad de gestión logística de los profesionales, tanto del sector público como de defensa, el que se encuentra integrado por civiles y militares,



lo que le otorga una característica especial ya que combina visiones diferentes para enfrentar la problemática logística de alto nivel.

Este programa tendrá una duración de 5 trimestres, finalizando en noviembre de 2014, con clases presenciales los días viernes y sábados cada quince días y al cabo de los cuales los alumnos obtienen una doble titulación, tanto por la Acapomil, como por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

En la oportunidad, el Director de la Acapomil, coronel Osvaldo Magna Quezada, dio la bienvenida al curso el cual se encuentra conformado por 7 alumnos institucionales, dos

de la Armada de Chile y 5 civiles provenientes de organismos y empresas como: EMCO, COLUN S.A., DIMAK Ltda. y otras.



### Director de DIPRIDE realiza charla profesional



En el marco de las actividades de desarrollo profesional y de formación académica de los futuros oficiales Ingenieros Politécnicos Militares (IPM) para el presente año, el viernes 24 de mayo en el salón auditorium se realizó una charla profesional referida al tema: "Desarrollo de Capacidades Militares: Un desafío permanente", dictada por el Director de Proyectos e Investigación (DIPRIDE), general de brigada Jorge Peña Leiva.

El propósito principal de esta actividad, estuvo centrado en dar a conocer las actividades que realiza esta Alta Repartición, como organismo asesor del Estado Mayor General del Ejército y, la responsabilidad ejecutiva que tiene en el ámbito de los proyectos de inversión en defensa de la institución, con el objetivo fundamental que los alumnos de los cursos regulares tengan un conocimiento más

detallado respecto a esta relevante misión para el Ejército.



Entre otros aspectos que destacó, fue dar a conocer la forma de trabajo de la DIPRIDE, su relación directa con los jefes de proyectos de la institución, y de los distintos proyectos que se están desarrollando para integrar nuevas capacidades, como asimismo los procesos



que se han establecido para este propósito, en el marco de la metodología establecida por el Ministerio de Defensa Nacional.

Finalmente el Director de la Academia Politécnica Militar, coronel Osvaldo Magna Quezada, agradeció al Director de Proyectos e Investigación del Ejército, la oportunidad de dar a conocer antecedentes sobre la misión y el rol fundamental que desarrolla

la DIPRIDE, en función de potenciar el desarrollo de nuevas capacidades militares para la Institución, habiendo aportado a los futuros Ingenieros Politécnicos Militares de la institución, nueva información, la que sin duda constituye un valioso aporte, para su futuro desempeño profesional en las distintas unidades especializadas y como asesores en los diferentes sistemas de armas que posee el Ejército.

## Acapomil inició diplomado en Proyectos de Defensa



on fecha 28 de mayo de 2013, se dio inicio en la Academia Politécnica Militar, al Diplomado en Proyectos de Defensa para la DIPRIDE, el que se efectuó entre el 28 de mayo al 24 de octubre de 2013, con 144 horas docentes, en modalidad vespertina, dirigido a oficiales que se desempeñan como Jefes de Proyectos, tanto en esta Alta Repartición como en otros organismos de la institución y extrainstitucionales.

En esta oportunidad, el Director de Proyectos e Investigación del Ejército, general de brigada Jorge Peña Leiva, presidió la bienvenida de los alumnos, acompañado por el Director de la Academia Politécnica Militar, coronel Osvaldo Magna Quezada, quien los instó a obtener el máximo de rendimiento en este proceso educativo destinado a asesorar adecuadamente a los diferentes mandos en sus respectivos organismos.

Por otra parte, el objetivo de este diplomado en lo específico, es que el alumno sea capaz de aplicar la metodología y herramientas informáticas para la adecuada preparación,

formulación, evaluación, presentación y administración de proyectos de inversiones en defensa, acordes a las necesidades institucionales, en conformidad a lo establecido por el Ministerio de Defensa Nacional en el Decreto Supremo Conjunto N° 134 y de acuerdo a los diferentes requerimientos de capacidades militares del Ejército.

Finalmente, en esta oportunidad, este Diplomado fue desarrollado para 12 oficiales de Ejército y 2 oficiales invitados de la Fuerza Aérea de Chile.





## Oficial de la Armada de Chile dicta charla profesional sobre la situación actual de la Armada



En el marco de las actividades de desarrollo profesional y de formación académica de los futuros oficiales Ingenieros Politécnicos Militares, en el salón auditorium de esta academia, se realizó el 31 de mayo, una charla profesional dictada por el teniente 2do. Hugo Fuentealba Quiroz, oficial de la Armada de Chile y alumno del III CRIM de la Acapomil.

En este contexto, el citado oficial destacó la celebración del 21 de mayo, fecha en que se conmemora un nuevo aniversario del Combate Naval de Iquique y las Glorias Navales, resaltando tan memorable y glorioso acontecimiento de la historia de Chile.

También realizó una acabada presentación sobre el contexto actual de la Armada de Chile, y su importancia en el crecimiento del país, ya que más del 90% de las exportaciones son transportadas vía marítima, por lo que la seguridad de la navegación y de la vida en el mar es fundamental.

Por otra parte, el expositor destacó “que teniendo en cuenta nuestra misión y visión, la Armada ha definido distintas metas, como controlar actos ilegales vigentes en la actualidad, a nivel nacional apoyar el desarrollo del país y en el ámbito internacional abrirnos a un mundo globalizado”.

Mencionó además, que en defensa entre las tareas más relevantes está: el control del mar, proyección del poder militar del país, defensa de nuestras costas y transporte

estratégico, en el aspecto marítimo, resaltó la búsqueda y rescate, la vigilancia, control y fiscalización marítima, apoyo a zonas aisladas e insulares, ayuda humanitaria y mitigación de desastres, apoyo a otros organismos del Estado y presencia en la Antártica. En el plano internacional la Armada participa activamente en Operaciones de Paz (Haití, Chipre y Medio Oriente).

Finalmente, dio a conocer la organización operativa, el despliegue geográfico y los recursos humanos y técnicos con que cuenta la Armada de Chile, para continuar siendo un organismo garante de la seguridad y soberanía en el mar.

Este evento contó con la asistencia de la totalidad de los alumnos de la Acapomil y con la participación de asesores y profesores del Instituto.





## Visita de delegación del Ejército argentino

**A**na visita a las instalaciones de la Academia Politécnica Militar, realizó una delegación de oficiales de la República Argentina, integrada por el coronel Alejandro Gabriel Oliva y el mayor José Carlos Taffarel, del Departamento de Doctrina del Ejército Argentino. En la ocasión fueron recibidos por el Subdirector de la Academia, coronel Carlos Catalán Schulz, acompañado por el Jefe del Departamento de Postgrado y Extensión, Mayor Jaime Arcas S.

Esta visita se enmarca en las actividades de cooperación internacional, basado en el intercambio de conocimientos, experiencias y principalmente, conocer el quehacer académico de esta casa matriz como formador de Ingenieros Politécnicos Militares.



## Acapomil realiza charla informativa sobre el Sistema de Comunicaciones del Ejército

**E**n conformidad al ciclo de charlas impartidas por la Acapomil, a través de su Departamento de Posgrado y Extensión, el día 14 de junio se realizó una conferencia titulada "Sistema de Telecomunicaciones del Ejército", la cual fue dictada por el teniente coronel Juan Lopizic Balic, quien se desempeña como Subjefe de Comunicaciones de la Jefatura de Comunicaciones del Ejército.

En la oportunidad el teniente coronel Lopizic, dio a conocer la organización del Sistema de Comunicaciones del Ejército y la conformación

de la red permanente de comunicaciones, la cual incluyó temas relacionados como son el sistema de telecomunicaciones de campaña, subsistema de microondas, subsistema de conmutación y satelital.

Finalmente, se abordaron temas relacionados con los nuevos desafíos del Ejército hacia el futuro y su cooperación al país en materias de catástrofes naturales asumiendo compromisos en conjunto con la ONEMI.

Este tipo de charlas tiene vital importancia para los futuros Ingenieros Politécnicos Militares, las cuales les permiten cono-



cer el funcionamiento del Sistema de Telecomunicaciones del Ejército, como parte de los cambios y evolución que ha tenido la institución.

Este evento contó con la asistencia de la totalidad de los alumnos de la Acapomil y con participación de asesores y profesores del Instituto.



## Participación de oficiales alumnos del V CRIM de la Acapomil en pruebas y diseños de blindaje



En el marco del actual Proyecto Educativo de la Academia Politécnica Militar, el 14 de junio en el Polígono de explosivos de la Brigada de Operaciones Especiales (BOE), los oficiales alumnos del V CRIM de la mención de Vehículos Militares, participaron en el diseño y fabricación de 10 cargas huecas, aplicando la teoría analizada en las aulas y considerando parámetros como: la cantidad y tipo de explosivo, diámetro de cono, material y espesor del liner y distancia stand off hasta el objetivo. Posteriormente, los alumnos prepararon las cargas y las activaron en dirección a blindajes de acero laminado (RHA), obteniendo óptimos resultados, los que fueron reflejados en el informe final.

En este contexto además, diseñaron y utilizaron dos blindajes reactivos, cuyo resultado fue muy satisfactorio, tanto para los alumnos

como el profesor de la cátedra, mayor Dino Passalacqua Masafiero.

Lo anterior demostró el alto nivel de conocimientos y competencias adquiridas durante el semestre en una actividad práctica, que dada sus características presentaba altos niveles de complejidad.





## Acapomil realiza charla informativa sobre la energía nuclear en Chile

**E**n conformidad al ciclo de charlas impartidas por la Acapomil, a través de su Departamento de Posgrado y Extensión, el día 21 de junio se realizó una conferencia titulada “Energía Nuclear, Estado y Desafíos” la cual fue dictada por el coronel (R) Dr. Jaime Salas Kurte, el cual se desempeña como Director Ejecutivo de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

En la oportunidad el Director Ejecutivo realizó una introducción dando a conocer los principios básicos de la energía nuclear y sus principales aplicaciones en las áreas de la medicina, agricultura, industria, medio ambiente y minería, además dio a conocer temas relacionados con el estado actual del área nuclear en Chile y el mundo.

Finalmente, se abordaron temas relacionados con los nuevos enfoques de la energía nuclear a nivel mundial, especialmente después del desastre de la central nuclear de Fukushima, producto del terremoto y maremoto ocurrido en Japón.

## DINE realiza charla informativa sobre seguridad informática

**E**n conformidad a lo dispuesto por el escalón superior, la Acapomil a través de su Departamento de Posgrado y Extensión, realizó el día 28 de junio una charla de seguridad informática, la que fue dictada por el teniente coronel Ignacio Vizcaya Gubbins, el cual se desempeña como Jefe de la Sección

Es tipo de charlas tiene vital importancia para los futuros Ingenieros Politécnicos Militares, las cuales les permiten conocer en mayor profundidad las nuevas tendencias y tecnologías que serán aplicadas a futuro en la energía nuclear tanto en el área de producción eléctrica como también en otras áreas de aplicación.

Este evento contó con la asistencia de la totalidad de los alumnos de la Acapomil y con participación de asesores y profesores del instituto



Ciberseguridad de la Dirección de Inteligencia del Ejército.

En la oportunidad el teniente coronel Vizcaya dio a conocer cuáles son hoy en día las amenazas internas y externas para la institución en lo referido a seguridad informática, la importancia de darle un uso adecuado a



las redes sociales y cuáles son los controles de seguridad que se realizan a estas redes.

Finalmente, se dieron a conocer algunas recomendaciones de carácter técnico, pero principalmente desde el punto de vista personal, en el sentido de crear conciencia y autodisciplina en el manejo de nuestra información para no ser vulnerada.

Este evento contó con la asistencia de la totalidad de los alumnos de la Acapomil y con participación de asesores y profesores del instituto.



## Visita de delegación del Ejército del Ecuador

Una visita a las instalaciones de la Academia Politécnica Militar, realizó una delegación del Comando Conjunto de las FAs de la República del Ecuador compuesta por 2 oficiales y 3 integrantes del cuadro permanente. En la ocasión fueron recibidos por el Director de la Academia, coronel Osvaldo Magna Quezada, acompañado por el Jefe del Departamento de Posgrado y Extensión, mayor Jaime Arcas S.

Esta visita se enmarca en las actividades de cooperación internacional, basado en el intercambio de conocimientos, experien-

cias y principalmente, conocer el quehacer académico de este instituto docente como formador de Ingenieros Politécnicos Militares



## Práctica profesional de alumnos de la Acapomil



onforme al proyecto educativo de la Academia Politécnica Militar, los distintos CRIM del Instituto, desarrollaron

sus prácticas profesionales para dar respuesta a los requerimientos de la fuerza terrestre, las cuales se materializaron entre el 22 al 26 de julio





en la zonas norte, centro y sur del país, respectivamente.

En este contexto, el II CRIM visitó algunas unidades de la guarnición de Iquique, con el objeto de conocer en terreno, el funcionamiento, operación, entrenamiento y soporte de los diferentes sistemas de armas y comunicaciones que operan en el CCN.

Por otra parte, el III CRIM visitó unidades de la V DE (Punta Arenas), para conocer la realidad austral en terreno, principalmente, su armamento, equipos y soporte logístico, como también las dificultades propias que reviste dicho escenario geográfico. En el ámbito científico visitó la empresa Methanex, una de las productoras de etanol más grande

de Sudamérica, destacando su trabajo con energías renovables.

Finalmente, el IV CRIM realizó su práctica profesional en las especialidades de Armamento y Mantenimiento en FAMA E (Arica) y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en la Jefatura de Comunicaciones y Finanzas en el Banco Estado (Santiago), para aplicar en terreno las competencias adquiridas en la ejecución de actividades asociadas a su futuro desempeño profesional.

Todas estas visitas permitieron a los alumnos relacionar los conocimientos entregados en las distintas cátedras para complementarlas con las necesidades en ciencia y tecnología, que demandan las distintas unidades del Ejército.



## Acapomil da inicio a curso de método jerárquico analítico



En la Acapomil se dio inicio al Curso de Método Jerárquico Analítico (AHP), el que se desarrolló entre el 6 de agosto al 5 de septiembre de 2013, con una duración de 40 horas docentes. Este curso estuvo dirigido a oficiales y personal del cuadro permanente de la División de Mantenimiento del Ejército (DIVMAN).

El contenido del curso se centró en el Modelo Juicio de Experto, Método Jerárquico Analítico, Análisis Técnico Multicriterio y Casos Aplicados. Lo anterior, permitió que los 15 alumnos que lo integraron adquirieran las competencias necesarias que les permitan aplicar con habilidad esta metodología, para la selección de alternativas de solución de un proyecto de inversión, optimizando con



ello, el trabajo que despliega esta División, en beneficio de la institución.

En la ocasión fueron recibidos por el Jefe del Departamento de Posgrado y Extensión, mayor Jaime Arcas Suárez, acompañado por profesores, quien les dio la bienvenida y los instó a obtener el máximo de rendimiento del curso y así aprovechar estos conocimientos para asesorar adecuadamente al mando.



## Visita de experto canadiense a la Acapomil

Una visita a las instalaciones de la Academia Politécnica Militar, realizó el Dr. Nazir Kherani de la Universidad de Toronto, Canadá.

En la ocasión fue recibido por el Director de la Academia, coronel Osvaldo Magna Quezada, acompañado por el Subdirector y Jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo.

La visita tuvo por finalidad asesorar científica y técnicamente a profesionales del Departamento de Investigación y Desarrollo de esta academia, investigadores de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, respecto al proyecto CORFO: “Baterías Betavoltaicas”, actividad que tiene la responsabilidad de liderar la Academia Politécnica Militar.

El proyecto tiene por objetivo fabricar un dispositivo experimental que contenga material nuclear que emita radiación beta y convertir estas emisiones en electricidad que pueda alimentar baterías durante un prolongado periodo, que se estima podría alcanzar hasta 10 años.



## Presentación del libro “Guerra Electrónica” en la Acapomil

En el Salón Auditorium de la Academia Politécnica Militar, se llevó a cabo el jueves 5 de septiembre, la presentación del libro

“Guerra Electrónica, el dominio del espectro electromagnético y las vulnerabilidades de las tecnologías de la información en el campo de batalla digital”, del señor Pedro Jarpa Martínez,



ceremonia presidida por el Comandante de Telecomunicaciones del Ejército, general de brigada René Leiva Villagra.

En la oportunidad, el general de brigada René Leiva Villagra describió la importancia de esta obra que se convertirá en un valioso aporte para la ingeniería politécnica militar, destacando en ella “que es un tema complejo, difícil de presentar y donde el autor, con genialidad y precisión, lo estructura en cinco capítulos, siendo uno de ellos el “Campo de Batalla Digital”, el cual sostiene que “la revolución tecnológica más significativa en la guerra y en la vida actual, está en el rol de la información y el conocimiento, y en particular en el grado de la alerta situacional que se le presenta a los comandantes”.

Este libro que presenta sus alcances y usos de la guerra electrónica y las vulnerabilidades de la información en el campo de batalla digital, servirá como material de consulta para los alumnos, docentes de la Academia, personal del Ejército de Chile, comunidad académica y público en general, siendo significativo aporte en temas de ciencia y tecnología de aplicación militar.

Finalmente, el Director de la Academia, coronel Osvaldo Magna Quezada, se refirió a

que esta obra forma parte del fondo editorial del Institutos enmarcado en el cumplimiento de objetivos estratégico que busca efectuar una difusión de materias y áreas de ciencia y tecnología propias de la defensa. A continuación hizo entrega del premio y un diploma de honor al señor Pedro Jarpa Martínez y posteriormente hace entrega de un ejemplar autografiado por el autor del libro al general de brigada René Leiva Villagra.

Al finalizar la ceremonia, las autoridades e invitados especiales pudieron obtener un ejemplar del libro “Guerra Electrónica, firmado por el señor Jarpa, actividad que se realizó en el Hall Diosa Atenea de la Acapomil.



## Acapomil realiza charla informativa sobre funciones que cumple la ONEMI



En el marco de las actividades de desarrollo profesional y de formación académica de los futuros Oficiales Ingenieros Politécnicos Militares, el 6 de septiembre de 2013, el coronel (R) Rodrigo Ortiz Jara, Subdirector de Gestión del Riesgo de la ONEMI, realizó una charla

profesional, denominada “Rol de la ONEMI ante emergencias, desastres y catástrofes, desarrollo actual y futuros desafíos”.

En la oportunidad el Subdirector de Gestión del Riesgo de la ONEMI dio a conocer la misión fundamental de este organismo del



Estado, el cual es, planificar, impulsar, articular y ejecutar acciones de prevención, respuesta y rehabilitación frente a situaciones de riesgo colectivo, emergencias, desastres y catástrofes de origen natural o provocados por la acción humana, a través de la coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil, para la protección de las personas, los bienes y el ambiente.

Finalmente, expone que la ONEMI, sigue avanzando para hacer de la gestión del riesgo un tema permanente y transversal en nuestra sociedad, toda vez que mientras más esté informada la población, mejor será su comportamiento ante emergencias, desastres y catástrofes.

## V CRIM de la Acapomil realiza viaje de estudios a bordo del buque AP-41 "Águiles"



Entre el 30 de octubre y el 4 de noviembre del presente, el V CRIM de la Academia Politécnica Militar (Acapomil), realizó el viaje de estudios a la zona sur austral del país. En dicha actividad, los alumnos conocieron la realidad nacional del extremo sur, navegando desde la ciudad de Punta Arenas hasta Puerto Chacabuco a bordo del buque AP-41 "Águiles" de la Armada de Chile.

Dentro de las variadas actividades que se desarrollaron a bordo, se dictaron conferencias por parte de cada una de las instituciones que participaron de la gira, la Academia Politécnica Militar, Academia de Estudios Políticos y Estratégicos (ANEPE) y la Academia Diplomática de Chile "Andrés Bello (ACADE), en cuya ocasión los alumnos pudieron adquirir nuevos conocimientos e intercambiar

Este evento contó con la asistencia de la totalidad de los alumnos de la Acapomil y con participación de asesores y profesores del Instituto.



enriquecedoras experiencias en el ámbito científico y tecnológico.

La importancia de esta actividad, se basa en conocer en funcionamiento un sistema de armas integral, como es el buque "Águiles", en que se reúnen procesos de mantenimiento y abastecimiento, sistemas de armas y sistemas de mando y control, todos trabajando de manera sincronizada. También, es importante destacar la interacción con los oficiales ingenieros de la Armada, a cargo de los diferentes procesos y sistemas, quienes compartieron su valiosa experiencia con los alumnos, explicando y exponiendo sus respectivos ámbitos de acción y conocimientos.

Al término del viaje se llevó a cabo una ceremonia de despedida, donde el Director de la



Acapomil, coronel Osvaldo Magna Quezada junto al personal de la academia, agradecieron la buena acogida y disponibilidad de los oficiales y gente de mar, haciendo entrega de

un obsequio recordatorio al comandante del buque. Finalmente, la Armada entregó a los invitados un diploma que certifica la travesía por los canales australes de Chile.



## Graduación de cursos de posgrado y extensión de la Acapomil



En la Academia Politécnica Militar se efectuó, el 10 de diciembre de 2013, la ceremonia de graduación de diversas instancias de capacitación y perfeccionamiento efectuadas por ese instituto docente, actividad que contó con la presencia de autoridades Institucionales, académicas y familiares de alumnos.

En esa ocasión se entregaron los certificados que acreditan la aprobación del Diplomado de "Proyectos de Defensa", a 12 oficiales del Ejército de Chile y a 2 oficiales de la Fuerza Aérea de Chile, quienes, a requerimiento de DIPRIDE, fueron especializados por 5 meses en este importante ámbito del conocimiento.

De igual forma, se graduaron 2 oficiales jefes quienes aprobaron satisfactoriamente el Magister en Ingeniería de Sistemas Logísticos

(5ª versión 2012-2013), programa desarrollado en conjunto con la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Asimismo se entregaron los diplomas a 1 suboficial y 14 clases, que acredita la aprobación del Curso Técnico de Nivel Superior denominado "Supervisor administrativo de mantenimiento". Esta capacitación que corresponde a su primera versión, es totalmente inédita, en el sentido de que es la primera oportunidad en que personal del Cuadro Permanente llega destinado por un año a este instituto docente, con dedicación exclusiva, para capacitarse en un área del conocimiento crítica para el Ejército de Chile, como lo es el ámbito del mantenimiento.

En la oportunidad, el Jefe del Departamento de Posgrado y Extensión, teniente coronel



Jaime Arcas Suárez, se refirió al significado de la ceremonia, que representa el término de una importante instancia de capacitación y perfeccionamiento.

Posteriormente, diversas autoridades Institucionales hicieron entrega de estímulos al personal que durante sus estudios en la Acapomil se destacó por su rendimiento académico y por sus condiciones profesionales y personales.



## Licenciatura de oficiales IPM y entrega de títulos a profesores militares de academia año 2013.



n una ceremonia realizada el jueves 12 de diciembre y presidida por el Director de Finanzas del Ejército, general de brigada Jozo Santic Palomino, se realizó la Licenciatura y Premiación del Curso Regular de Ingeniería Militar, Promoción 2009-2013 y la Titulación de los Profesores Militares de Academia en el Salón Auditorium de la Acapomil.

En la oportunidad, el Director, coronel Osvaldo Magna Quezada, se refirió al significado de esta ceremonia y al rol que debe cumplir el Ingeniero Politécnico Militar en el proceso de modernización en que el Ejército se encuentra abocado, destacando que la Academia Politécnica Militar, como parte fundamental del proceso educativo institucional, ha debido enfrentar nuevos desafíos, con decisión y optimismo, a fin de poder entregar a la institución oficiales especialistas primarios con una acrecentada vocación militar y de sólidos conocimientos profesionales de ingeniería militar, que

les permitan desempeñarse en un Ejército moderno, tecnológico y eficiente.

En la presente ceremonia se licenciaron especialistas en Sistema de Armas, en las menciones de: Mantenimiento, Abastecimiento, Vehículos Militares e Informática y Computación e Ingeniería Aeronáutica.



Al término de su alocución, el Director del Instituto impuso la medalla Diosa Minerva a los 13 oficiales IPM que obtuvieron el título



de Profesor Militar de Academia en distintas asignaturas. Posteriormente, se dio inicio a la entrega de las medallas Minerva y diplomas que acreditan el grado académico de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería a los 34 Oficiales de la Promoción 2009-2013 que vieron coronados sus esfuerzos después de cinco años de estudios.

Finalmente se realizó la premiación a los alumnos más destacados por su rendimiento académico, por sus condiciones profesionales y personales, obteniendo el Primer Puesto de la Promoción, el capitán Luis Parra Rojas.



## Ceremonia de graduación de oficiales de Estado Mayor e Ingenieros Politécnicos Militares.



El martes 18 de diciembre en el Aula Magna de la Escuela Militar, se llevó a cabo la Ceremonia de Graduación de las Academias

de Guerra y Academia Politécnica Militar, la cual fue presidida por el Ministro de Defensa, Rodrigo Hinzpeter Kirberg y con la presencia del Comandante en Jefe del Ejército, general de ejército Juan Miguel Fuente-Alba Poblete.

En su discurso, el Comandante de Educación y Doctrina, general de división Humberto Oviedo Arriagada, efectuó un especial reconocimiento a los recién graduados por el estudio, esfuerzo y sacrificio realizado, proceso en el cual este grupo de oficiales, con tenacidad, esfuerzo, dedicación y mucho estudio, alcanzaron el buen éxito que hoy les permite presentarse con sus profesores, autoridades y familiares, con la satisfacción de haber cumplido el deber

y presto para iniciar un recorrido lleno de desafíos y oportunidades, herramienta fundamental en la institución.

La ceremonia se desarrolló con la condecoración de la medalla "Cruz de Malta" impuesta por el Comandante en Jefe del Ejército y el Ministro de Defensa Nacional entregó el premio "Ministerio de Defensa Nacional" al capitán Luis Parra Rojas, Primer Puesto de la Promoción de la Academia Politécnica Militar.

Al término de la ceremonia, el titular de Defensa hizo un reconocimiento a sus familias por el apoyo brindado, resaltando la importancia de las personas que integran las instituciones, pues ellas son las que enriquecen y reflejan la tradición, encarnan los valores y son capaces de agregar valor a la ciencia, innovación y tecnología.



## Cambio de mando de la Acapomil



n una ceremonia efectuada en el Patio de Honor de la Academia Politécnica Militar, el lunes 23 de diciembre del presente, se realizó el traspaso de mando, presidido por el general de brigada Óscar Bustos Carrasco, Comandante de Salud del Ejército.

El acto se inició con la firma de las actas correspondientes, posteriormente el oficial interventor de la entrega, coronel Esteban Guarda Barros, dio lectura al Decreto Supremo que dispuso la entrega del coronel Osvaldo Magna Q. al coronel Eduardo Estrada R. quien asumió al mando de la dirección de la Academia.

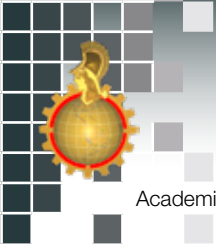




A continuación el Subdirector, teniente coronel Osvaldo Larraín G., hizo entrega del gallardete de mando al coronel Osvaldo Magna Q., que lo acompañó durante su mando, y le manifestó

su agradecimiento a nombre de todos los integrantes de la Academia, por su gestión y deseos de éxito profesional y personal en el nuevo desafío que le encomendó el Alto Mando.





# ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR



## DIRECCIÓN ACADÉMICA

### DIRECTOR:

Coronel Osvaldo Magna Quezada

### SUBDIRECTOR

Coronel Carlos Catalán Schulz

### JEFE DE ESTUDIOS

Mayor Osvaldo Larraín Gallegos

## JEFE DEPARTAMENTO DE POSGRADO Y EXTENSIÓN

Mayor Jaime Arcas Suárez

## JEFE DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Mayor Alejandro Gómez Abutridy

