



# EJÉRCITO DE CHILE ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR



# Boletín Científico Tecnológico

## Nº19

ULIN  
MHT  
HIICD  
  
13:11  
22/ MC

RCFT  
N 33°58'32  
E 44°18'38  
342 MHT



N 33°57'18  
E 44°26'27  
218  
4-10KM  
1-152M  
50M

SEL LINC





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

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

Nº 19 Año 2014

## Dirección de la Revista

Director de la Academia Politécnica Militar  
Coronel Eduardo Estrada Romero

## Editor Responsable

Teniente Coronel Gonzalo Sobarzo Véliz  
Jefe Departamento de Investigación y Desarrollo

## Consejo Editorial

Director de la Academia  
Coronel Eduardo Estrada Romero

Subdirector de la Academia  
Coronel Rafael Mesa Feres

Brigadier (R) Víctor Aguilera Acevedo

Coronel (R) OHiggins Bravo Sandoval

PAC Julio Fernández Bobadilla

## 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: 226683662  
Fax: 226683606  
[www.acapomil.cl](http://www.acapomil.cl)  
Santiago, Chile



## La especialidad primaria de Ingeniería Politécnica Militar. Pasado, presente y visión de futuro.



n pleno siglo XXI, el Ejército de Chile se encuentra desarrollando una ambiciosa planificación y ejecución de un proceso de modernización.

A partir de los avances en tecnología a nivel mundial, el mando institucional ha debido tomar importantes decisiones para concretar proyectos que le permitan al Ejército posicionarse y estar a la vanguardia con las instituciones de defensa del cono sur americano. Esto con el fin de seguir cumpliendo con eficiencia el rol fundamental dispuesto en la Constitución Política de la República, alineado con las tres áreas definidas para tal efecto: “Defensa”, “Seguridad y Cooperación Internacional” y “Ejército y sociedad”.

En este proceso de modernización, la especialidad primaria de Ingeniería Politécnica Militar se encuentra presente cumpliendo una función activa y trascendental, que vuelve imprescindible su accionar para el desarrollo de la Fuerza Terrestre, la preservación de la paz nacional e internacional y la cohesión social.

Estimado todo esto con una visión de futuro al año 2026, según lo proyectado en el plan estratégico liderado por el Comandante en Jefe, General de Ejército Humberto Oviedo Arriagada, y que coincide con la fecha en que la Academia Politécnica Militar cumplirá un siglo de existencia.

Para cumplir los objetivos planteados se vuelve esencial el poder transitar por la historia de la ingeniería militar, que a través del tiempo ha forjado su propia impronta que los distingue como asesores claves en el desarrollo tecnológico institucional.



ÓSCAR BUSTOS CARRASCO  
General de División  
Comandante de Industria Militar e Ingeniería

Todo se inicia entre los años 1920 y 1925, cuando al producirse la obsolescencia del material de guerra, la Institución inició un proceso de modernización con centro de gravedad en el material de artillería. Esto produjo un profundo impacto en el área de gestión del conocimiento técnico y en la administración del ciclo de vida de los nuevos sistemas de armas. Es decir, producto de la necesidad de modernización se origina una brecha de conocimiento tecnológico.

Como una medida clave para cerrar esta brecha, la Institución dispuso la creación, en el año 1926 de la Academia Técnica Militar. Este proceso fue dirigido principalmente por el entonces Mayor Marcial Urrutia Urrutia, oficial que le otorga el patronímico a nuestra Academia Politécnica Militar, quien luego de una brillante carrera fue designado como Comandante en Jefe del Ejército durante los años 1933 y 1934.





Posteriormente, veintiún años después de su creación, con las firmas del Presidente de la República don Gabriel González Videla y el Ministro de Defensa Nacional don Manuel Bulnes Sanfuentes, se promulga el Decreto Supremo (G) N° 331 del 4 de marzo de 1947, el cual crea la Academia Politécnica Militar. Este decreto surge como resultado de la fusión de las Academias Técnica y de Geografía y Geodesia, y tuvo como primer director al Coronel Abdón Parra Urzúa.

La principal misión de la Academia era *“seleccionar y preparar a los oficiales de armas destinados a abordar y dar solución a los problemas técnicos y científicos del Ejército”*.

Derivado del legado de nuestros antecesores, en la actualidad los Ingenieros Politécnicos Militares han sido probados en las diferentes áreas y niveles de la Institución, quedando demostrada su calidad y prestigio a través de una marcada presencia nacional. En ese sentido, estos profesionales se han desplegado en la Industria Militar y en las diferentes unidades asentadas desde el Norte Grande, hasta aquellas ubicadas en las lejanas tierras magallánicas de nuestro territorio nacional.

A diario, trabajan arduamente en misiones directivas y ejecutivas para contribuir a buscar una solución real y efectiva a los problemas tecnológicos, de gestión y de educación que se han detectado en la Institución. Todo lo anterior, en base a los lineamientos establecidos por el actual CJE en el Plan “Orca”, para el período 2015-2018, con el que se busca convertir a la Fuerza en una organización

multifuncional, interoperativa, racionalizada y flexible. Por ende, no debe resultar extraño que a la fecha seis distinguidos oficiales IPMs sean parte del Alto Mando Institucional.

En la línea de la formación integral del Ingeniero Politécnico Militar, la Academia Politécnica Militar, ha ajustado su proceso de formación a los requerimientos y necesidades que el desarrollo de la Fuerza Terrestre ha impuesto. Para esto se ha materializado un nuevo programa de estudios que consta de 3 especialidades, cada una con tres menciones y que comienza el proceso de medición de la primera promoción egresada, a partir de agosto del presente año. Por otra parte, la especialidad de Ingenieros Politécnicos Militares, a través de la Academia Politécnica Militar, se encuentra desarrollando el concepto de “Escuela Tecnológica”, bajo el que se capacita al personal de la Institución (oficiales, clases y empleados civiles) en diferentes niveles del conocimiento tecnológico y especialmente en aquellas materias definidas como críticas.

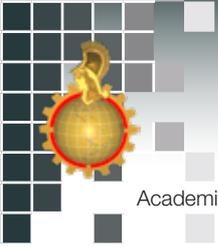
Ciertamente, el desafío está orientado a continuar observando y avanzando con paso firme y seguro hacia el futuro. No cabe duda que se aproximarán nuevos retos y desafíos que volverán fundamental el desarrollo de crecientes ingenios, habilidades y conocimientos. Y que al igual que ayer, la especialidad de la “palma y la espada” estará en línea con los requerimientos institucionales, constituyendo aportes concretos al progreso tecnológico de nuestro querido Ejército, y porque no decirlo de nuestro país, generando productos y servicios de calidad, que sean realmente útiles para la Institución.

# SUMARIO



|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Actividades Académicas</b>  | 5    |
| <b>Indicadores de Gestión 2014</b>   | 9    |
| <b>Nuevo Proyecto Educativo</b>  | 13   |
| <b>Artículos Científicos</b>   | 17   |
| Blindajes y sistemas de protección para vehículos militares y sistemas de armas.   | 17   |
| Energías renovables.   | 27   |
| Estudio de la respuesta a fatiga de la aleación de aluminio 2024 T3 sometida a impacto balístico y formulación de una reparación mediante fibra de vidrio. | 32   |
| Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).  | 40   |
| La importancia de la relación señal de ruido en la adquisición de un equipo de visión nocturna.  | 50   |
| Mando y control, tendencias y aplicación.  | 60   |
| Aplicaciones de programación dinámica en problemas de inventario: Un estudio de la literatura.   | 70   |
| Los Sistemas de Información Geográfica, una herramienta útil para la gestión y manejo de las emergencias y catástrofes.                                    | 83   |
| Operadores logísticos: una ventaja competitiva en la optimización de la cadena logística.  | 95   |
| Aplicación de herramientas de calidad en un laboratorio de ensayos balísticos.   | 103  |
| <b>Tesis de Magíster Promoción 2013-2014</b>   | 115  |
| Magíster en Ingeniería de Sistemas Logísticos  | 115  |
| <b>Memorias de Pregrado Promoción 2009-2013</b>  | 122  |
| Ingeniería en Sistemas de Armas mención Vehículos Militares  | 122  |
| Ingeniería en Sistemas Logísticos mención Abastecimiento   | 128  |
| Ingeniería en Sistemas Logísticos mención Mantenimiento  | 133  |
| Ingeniería en Sistemas de Tecnologías de Información y Comunicaciones mención Informática y Computación  | 145  |
| <b>Memorias de Pregrado Promoción 2010-2014</b>  | 149  |
| Ingeniería en Sistemas de Armas mención Armamento  | 149  |
| Ingeniería en Sistemas Logísticos mención Administración y Finanzas  | 152  |
| Ingeniería en Sistemas Logísticos mención Mantenimiento  | 159  |
| Ingeniería en Sistemas de Tecnologías de Información y Comunicaciones mención en Comunicaciones  | 175  |





|                                  | Pág. |
|----------------------------------|------|
| Seminarios                       | 183  |
| Resumen actividades CIG Acapomil | 187  |
| Noticiero – Acapomil             | 191  |



# Actividades Académicas



## Pregrado



Las actividades relevantes desarrolladas por pregrado durante el año 2014 fueron las siguientes:

En el mes de diciembre se titularon 28 nuevos Ingenieros Politécnicos Militares en las especialidades que a continuación se mencionan:

- 12 en Ingeniería en Sistemas Logísticos, mención Mantenimiento.
- 6 en Ingeniería en Sistemas Logísticos, mención Administración y Finanzas.
- 6 en Ingeniería en Sistemas Tecnológicos de la Información y Comunicaciones, mención Comunicaciones.
- 4 en Ingeniería en Sistemas de Armas, mención Armamento.

Durante el año 2014, se implementó en conjunto con la Academia de Guerra, el eje de “Ciencias Militares”, que consideró la realización de unidades de aprendizaje relacionadas con la función del IPM en el proceso de planificación militar, lo que culminó con la participación en un Juego de Guerra conjunto entre ambas Academias.

Otra actividad desarrollada por la Jefatura de Estudios, fue el diseño e implementación del Programa de Formación Integral (PFI), que tiene por finalidad apoyar, asesorar y coordinar las diversas acciones formativas, educativas y administrativas asociadas a cada uno de los CRIMs.

Entre las proyecciones para el año 2015, se encuentra la actualización del diseño de la estructura de carrera y sus efectos en el modelo educativo de los cursos.

Se efectuó el primer estado de avance de memorias que deberán desarrollar los alumnos del V CRIM durante el año 2015. Los nombres de los memoristas, títulos de las memorias y unidades patrocinantes se indican a continuación:

### Especialidad: Sistemas TICs Mención: Geografía

| Nº | GRADO   | NOMBRE MEMORISTA          | TÍTULO MEMORIA   | UNIDAD PATROCINANTE          |
|----|---------|---------------------------|--|------------------------------|
| 1  | MAYOR   | GUSTAVO PRADENAS CRUCES   | DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE MANDO Y CONTROL DEL SIMART, Y SU INTEGRACIÓN CON LOS MÓDULOS DE CONTROL DE TIRO Y OBSERVACIÓN.                          | ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR |
|    | MAYOR   | RODRIGO MONZÓN VALDÉS     |  |                              |
| 2  | CAPITÁN | ÁNGEL ZAPATA ARIAS        | DISEÑO METODOLÓGICO PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE PRECISIÓN APLICADAS A LA PRODUCCIÓN DE CARTOGRAFÍA.                                       | INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR |
| 3  | CAPITÁN | JUAN HARMS SILVA          | DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE TÉCNICAS DE COMBATE A NIVEL ESCUADRA Y SECCIÓN DE FUSILEROS PARA LA II DIVISIÓN DE EJÉRCITO.            | II DIVISIÓN EJÉRCITO         |
| 4  | CAPITÁN | RODRIGO URZÚA BARRROS     | DISEÑO DE METODOLOGÍA PARA EL PROCESO DE PUBLICACIÓN AUTOMATIZADA DE CARTOGRAFÍA A ESCALA 1:25 000, DESARROLLADA EN EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR.     | INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR |
| 5  | CAPITÁN | CRISTIAN VILLAGRA RAMÍREZ | DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA INGRESAR LOS NOMBRES GEOGRÁFICOS DE LA ESCALA 1:50 000, EN LA BASE DE DATOS GEOESPACIAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. | INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR |

### Especialidad: Sistemas Logísticos Mención: Abastecimiento

| Nº | GRADO            | NOMBRE MEMORISTA           | TÍTULO MEMORIA  | UNIDAD PATROCINANTE                 |
|----|------------------|----------------------------|---|-------------------------------------|
| 1  | TENIENTE CORONEL | MARCELA GONZÁLEZ GUTIÉRREZ | Diseño de un sistema de control de gestión para el proceso de adquisiciones de fármacos del Hospital Militar de Santiago. | HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO        |
| 2  | CAPITÁN          | DANILO DÍAZ PEÑA           | Modelo de aplicación del cuadro de mando integral para el proceso de abastecimiento de subsistencias.                     | JEFATURA DE ABASTECIMIENTO          |
| 3  | CAPITÁN          | JUAN CORTÉS ALBORNOZ       | Diseño conceptual del centro de distribución de insumos clínicos del Hospital Militar de Santiago.                        | HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO        |
| 4  | CAPITÁN          | ÁLVARO VÁSQUEZ MAHUIZIER   | Proposición de una metodología para la optimización del levantamiento de la demanda de munición.                          | DIRECCIÓN DE LOGÍSTICA DEL EJÉRCITO |
| 5  | CAPITÁN          | ALFREDO MATAMALA VERDUGO   | Modelo de mejora del proceso de formulación de requerimientos para un procedimiento quirúrgico.                           | HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO        |



## Especialidad: Sistemas Logísticos

### Mención: Mantenimiento

| N° | GRADO            | NOMBRE MEMORISTA           | TÍTULO MEMORIA  | UNIDAD PATROCINANTE                         |
|----|------------------|----------------------------|---|---|
| 1  | TENIENTE CORONEL | RODRIGO JOFRE VALDEBENITO  | Diseño conceptual de un sistema de mantenimiento orientado al equipamiento industrial empleado por el Regimiento Logístico N° 3 "Limache".                  | REGIMIENTO LOGÍSTICO N° 3 "LIMACHE"         |
| 2  | TENIENTE CORONEL | JAIME HERNÁNDEZ VALENZUELA | Metodología para determinar el reemplazo de equipos optrónicos de un sistema de armas del Ejército.   | FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO (FAMAE) |
| 3  | TENIENTE CORONEL | JUAN ABARCA PEÑA           | Mejora de procesos de mantenimiento para las aeronaves de asalto aéreo AS-532 de la Brigada de Aviación del Ejército.                                       | BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO            |
| 4  | MAYOR            | HUGO SOTO ACUÑA            | Diseño preliminar de una cancha de pruebas para el control dinámico del Carro M-113.  | FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO (FAMAE) |
| 5  | MAYOR            | MARCELO ANSIETA CALDERÓN   | Diseño preliminar de un modelo de auditoría del sistema de mantenimiento del Hospital Militar de Santiago.  | HOSPITAL MILITAR DE SANTIAGO                |
| 6  | CAPITÁN          | HUGO POBLETE VALDES        | Diseño conceptual de un sistema de mantenimiento para material optrónico de uso en el Ejército.   | FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO (FAMAE) |
| 7  | CAPITÁN          | MAURICIO ESCOBAR CARRASCO  | Diseño de una metodología para determinar perfiles de uso de vehículos acorazados del Ejército.   | DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO DEL EJÉRCITO      |
| 8  | CAPITÁN          | DIEGO NEUBER MUÑOZ         | Metodología para la determinación de vida útil remanente del material acorazado del CECOMBAC.   | DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO DEL EJÉRCITO      |
| 9  | CAPITÁN (CARAB.) | FELIPE BERNA ZAMBRANO      | Diseño conceptual de un modelo de mantenimiento para optimizar la disponibilidad de los helicópteros de la Prefectura Aeropolicial de Carabineros de Chile. | CARABINEROS DE CHILE                        |

## Especialidad: Sistemas de Armas

### Mención: Municiones, Propelentes y Explosivos

| N° | GRADO                | NOMBRE MEMORISTA                                  | TÍTULO MEMORIA   | UNIDAD PATROCINANTE                               |
|----|----------------------|---|--|---|
| 1  | MAYOR<br>CAPITÁN     | FRANCISCO ARCE DUCASSOU<br>MATÍAS SAGREDO URRUTIA | Diseño preliminar de un sistema de entrenamiento modular de tiro nocturno para armamento menor.  | ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR                      |
| 2  | CAPITÁN              | JOSÉ CASTILLO URIBE                               | Determinar la factibilidad técnica que permita la extensión de la vida útil remanente del propelente de la munición de Artillería de 155 mm.   | INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL DEL EJÉRCITO |
| 3  | CAPITÁN              | DIEGO HERNÁNDEZ COSTA                             | Diseño preliminar de una carga para la inutilización de munición de morteros.  | FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO               |
| 4  | CAPITÁN              | RODRIGO DÍAZ GONZÁLEZ                             | Diseño conceptual de un sistema de desmilitarizado para iniciadores de munición de calibre menor.  | FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO               |
| 5  | CAPITÁN              | CRISTIAN CABALLERO PÉREZ                          | Diseño preliminar de una planta de tratamiento de riles para el proceso de desmilitarizado de munición de calibre mayor de uso en el Ejército. | FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO               |
| 6  | CAPITÁN              | CARLOS BIOLLEY MENZEL                             | Diseño conceptual de la automatización del proceso de fabricación del éter.  | FÁBRICAS Y MAESTRANZAS DEL EJÉRCITO               |
| 7  | TENIENTE 2° (ARMADA) | HUGO FUENTEALBA QUIROZ                            | Predicción de la vida útil residual de propelentes tipo composita gomosa a través de pruebas químicas.   | ASMAR TALCAHUANO                                  |

## Posgrado

En el área de postgrado, las actividades relevantes durante el año 2014 fueron las siguientes:

Se encuentra en ejecución el Magíster en Ciencias de la Ingeniería, "Sistemas de Armas y vehículos Militares", que tendrá una duración de 2 años y en el cual participan 6 oficiales de Ejército.

Finalizó la 6ª Versión del Magíster "Ingeniería de Sistemas Logísticos", que tuvo doble titulación con la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Participaron oficiales del Ejército, Armada, México y civiles (17 alumnos en total).

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

## Diplomados

Diplomado en "Gestión y Administración de Recursos y Proyectos de Defensa", impartido a 45 alumnos del III CREM de la ACAGUE.

Diplomado en "Administración de Proyectos de Defensa", impartidos a 14 alumnos integrantes del Ejército, Armada y Fuerza Aérea.

Diplomado en "Gestión de Instalaciones de Salud", impartidos a 22 alumnos provenientes del Comando de Salud del Ejército (Jefes Centros Médicos).

Diplomado en "Gestión y Administración de Recursos y Proyectos de Defensa", impartido a 39 alumnos del II CREM de la Academia de Guerra del Ejército.



## Cursos técnicos

Segundo Curso Técnico Nivel Superior “Supervisor Administrativo de Mantenimiento”, dirigido a 19 suboficiales y clases del Ejército.

Curso de preparación para postulantes a la ACAPOMIL, dirigido a postulantes de la Academia.

Curso de preparación para postulantes a la ACAPOMIL, On-Line para oficiales de la Guarnición de Santiago.

Curso de capacitación en gestión pedagógica para 14 alumnos militares y civiles de la ACAPOMIL.

Curso de herramientas avanzadas de Excel, para 16 alumnos militares y civiles de la ACAPOMIL.

Curso de “Simulación para apoyar decisiones complejas”, dictado a 22 oficiales de Ejército en condición de retiro y en servicio activo.

Curso “Introducción a la ergonomía aplicada a sistemas”, impartido a 23 alumnos militares y civiles.

## Investigación y Desarrollo

En el área de investigación y desarrollo, las actividades relevantes durante el año 2014 fueron las siguientes:

### Área sistemas TICs de Aplicación Militar

Proyecto: Diseño de un Simulador de Artillería de Campaña (SIMART)

La investigación buscó desarrollar un sistema de simulación de Artillería de Campaña para

las unidades de combate del Ejército de Chile, este sistema se encuentra en su fase de desarrollo experimental y a la fecha se han desarrollado los módulos de observación, central de tiro de batería, grupo y módulo de mando y control, quedando pendiente el módulo de posición de fuego y la integración de estándares industriales para su desarrollo y producción.

Participan en su desarrollo: ACAPOMIL como investigador principal y Escuela de Artillería en su condición de usuario final.

Proyecto: FONDEF

Continuación del proyecto “Modelos Multifísicos Simulados en Tiempo Real Aplicado al Mantenimiento Predictivo Remoto basado en la condición y mantención predictiva”. El objetivo perseguido es obtener en tiempo real el estado de funcionamiento de un vehículo militar y de esta forma planificar de manera predictiva su mantención.

Participan en su desarrollo; FONDEF, Pontificia Universidad Católica de Chile y ACAPOMIL como Investigadores principales y secundario respectivamente, empresa AXYS (desarrollo de proyectos electrónicos) y KOMATSU (distribuidores de maquinaria para la minería) como colaboradores directos.

### Área de Innovación Tecnológica

Clubes Ateneo

La creación de los clubes de innovación tecnológica “Ateneo”, buscan promover una asociación multidisciplinaria de los alumnos en un ambiente científico tecnológico y humano, en la convicción de que cada club puede constituir un vivero de ideas, un motor



de innovación y un acelerador del cambio tecnológico para nuestra Institución.

Los clubes "Ateneo" funcionan en un entorno académico que proporciona apoyo, medios y respeta la iniciativa y libertades orientadas a cumplir el objetivo funcional del club.

Cada club Ateneo realiza sus actividades fuera de las horas de clases y los beneficios académicos que logran entre otros son: capacitación por parte de prestigiosas empresas en las áreas de competencia del respectivo club, asistencia a conferencias nacionales e integración a equipos con ingenieros de otras universidades.

En el área de las energías renovables se creó el "Club Ateneo Auto Solar", encargado de la construcción del Vehículo Solar Atenea III.

Su objetivo es desarrollar un vehículo solar, mediante la participación de un equipo multidisciplinario de alumnos de las diferentes menciones y CRIM, apoyados por profesores de planta, aplicando la metodología de "Ingeniería de Sistemas", e integrando los diferentes conocimientos de las distintas especialidades que se dictan en la Academia tales como: electrónica, mecánica, control automático, diseño mecánico, ciencia de los materiales, aerodinámica, con la finalidad de contar con un prototipo de vehículo 100% solar, que sea eficiente, autosustentable y con un alto grado de confiabilidad.

Deberá ser un vehículo de 4 ruedas para un ocupante y cuyo diseño apunta a la eficiencia, incluida algunas prestaciones que lo acercan a un vehículo convencional.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

|                    |  |
|--------------------|--|
| Chasis             | : Aluminio, fibra carbono.               |
| Motor              | : 48V / 1 a 3 kW                         |
| Paneles solares    | : Paneles de 84Wp/3Ah con 10% eficiencia |
| Tiempo de carga    | : 3 h                                    |
| Superficie paneles | : 10 m <sup>2</sup>                      |
| Baterías           | : Ion litio                              |
| Peso vehículo      | : 200 a 400 kg                           |
| Velocidad máxima   | : 120 km/h.                              |
| Costos estimados   | : \$ 140.000.000                         |

En el área vehículos no tripulados se creó el "Club Ateneo UGV".

Su objetivo es participar en el desarrollo de un vehículo terrestre no tripulado (UGV), que integre tecnología de punta en los sistemas de navegación autónoma, GPS, acelerómetro y giróscopo. Con una interfaz de control del vehículo en sus desplazamientos, mediante un sistema de transmisión inalámbrica digital. Con capacidad para incorporar a su plataforma física algún sistema de armas requerido o proporcionado por la Fuerza Terrestre.

En el área de la simulación se creó el "Club Ateneo Simulación".

Su objetivo fue instruir a oficiales alumnos e integrarlos a equipos de trabajo multidisciplinario en el Centro de Modelación y Simulación del Ejército (CEMSE), para trabajar en diferentes proyectos de simulación virtual constructivos, utilizando software de última generación adquiridos por la Institución tales como: VBS-2 y Qualnet.



## Introducción



a Academia Politécnica Militar requiere en su gestión, información confiable y expedita que permita una óptima toma de decisiones.

Consciente de esta necesidad, y teniendo siempre como principal horizonte un buen nivel de información, se hace necesario recopilar y analizar información relevante a nivel institucional, que permita la generación de reportes de gestión periódicos a las instancias que lo requieran, contribuyendo como fundamento esencial en la mejora de los procesos.

Para cumplir su finalidad, se utilizan indicadores de gestión concordados en distintos ámbitos de la docencia, extensión y gestión.

Lo anterior constituye un reto permanente en términos de revisión constante de los programas, medios, materiales a nivel interno y externo, realizando autoevaluaciones en forma sistemática y benchmarking con otros centros de estudios superiores, que son referentes en temas de educación a nivel nacional e internacional, en la búsqueda de una mejora continua.

Al término de cada período se realiza un trabajo de síntesis en el cual, a través de los indicadores de desempeño establecidos, se miden los logros de los objetivos de la programación en los distintos ámbitos de gestión, con el propósito de sistematizar los avances y evaluar los resultados alcanzados.

## Cursos impartidos

En el año 2014 el número de cursos que impartió la Academia fue de un total de 38

incluyendo pregrado, posgrado, diplomados y cursos de capacitación, constituyendo esto un incremento de un 19% respecto del año 2013, explicándose este incremento por los cursos de capacitación realizados (Figura N° 1).

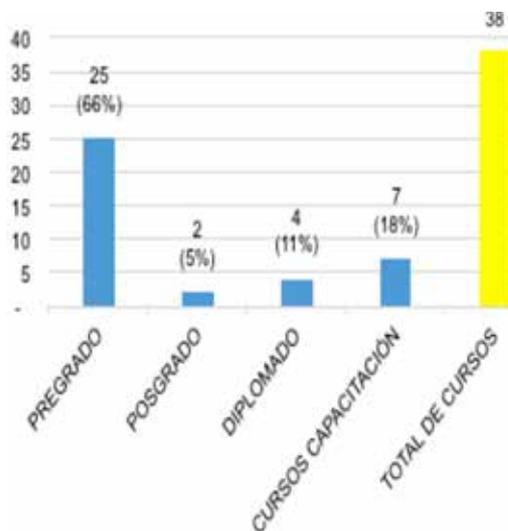


Figura N° 1: Cursos impartidos año 2014.

## Alumnos año 2014

En este período se formaron y/o capacitaron un total de 405 alumnos, repartidos en los distintos cursos impartidos, representando un 54% de incremento respecto del año 2013. De este modo tenemos que en pregrado hubo 129 alumnos, de los cuales egresaron 28 de la promoción 2010-2014; en posgrado hubo 23 alumnos en los dos magísteres dictados, de los cuales egresaron 17 del "Magíster en Ingeniería de Sistemas Logísticos (6ª versión)" impartido en conjunto con la Universidad Católica de Valparaíso; los cuatro diplomados impartidos sumaron 120 alumnos, mientras que en los cursos de capacitación hubo 133 alumnos (Figura N° 2).

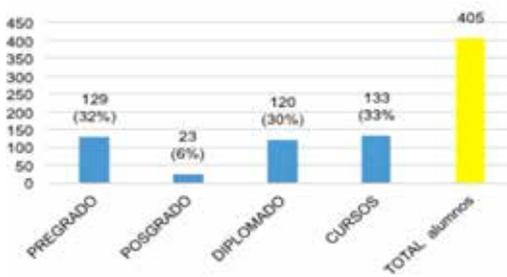
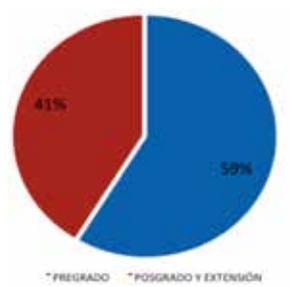


Figura N° 2: Número de alumnos formados y/o capacitados en el año 2014.

### Docentes 2014

En su constante preocupación por ofrecer una educación de calidad, la Academia pone especial énfasis en que sus profesores reúnan las condiciones necesarias, lo que supone una selección acuciosa y conforme a las disposiciones señaladas por los organismos superiores. Así, la dotación de docentes en el año 2014 llegó a un total de 264, de los cuales el 59% correspondió a los cursos de pregrado y un 41% a posgrado y extensión, como lo muestra la figura N° 3.

Figura N° 3: Distribución de docentes (%).



Del total de docentes con que contó la Academia en el año 2014, sobre el 70% de ellos poseen el grado superior de magíster y de doctor, tanto en pregrado como en los cursos de posgrado y extensión, esto con el fin de que nuestros alumnos cuenten con

académicos de primer nivel, preparados y actualizados en sus conocimientos en sus respectivas materias (Figuras N° 4, 5 y 6).

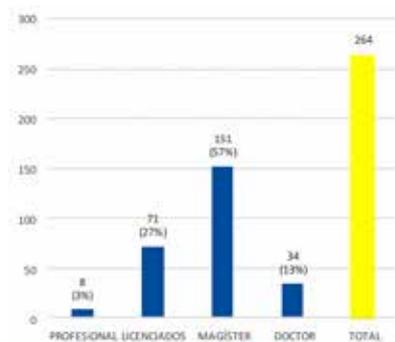


Figura N° 4: Dotación de docentes año 2014.

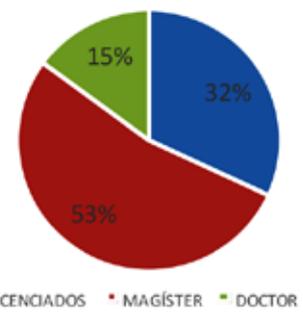


Figura N° 5: Docentes de pregrado.

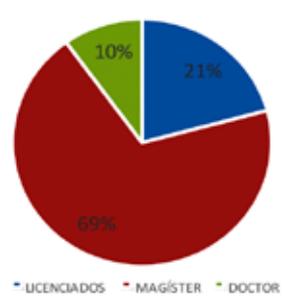


Figura N° 6: Docentes de posgrado y extensión.

Del total de nuestros docentes sobresalen los profesores civiles, los cuales representan un 56% considerándose además como civiles a los





oficiales en retiro y solo un 44% de la dotación se encuentran en servicio activo, estos últimos se concentran en su mayoría en las unidades de aprendizaje y/o asignaturas correspondientes a las áreas específicas del ámbito militar (Figura N° 7).

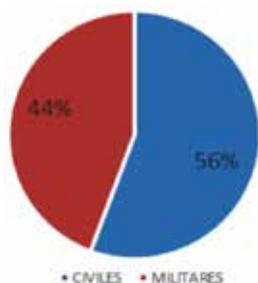


Figura N° 7: Tipos de docentes (%).

### Horas de clases programadas en el año 2014

El total de horas de clases programadas, para todos los cursos en la Academia durante el año 2014, fueron 11.763, prevaleciendo las horas de clases de pregrado de los cinco CRIMs, representando un 74% del total de horas de clases programadas (Figura N° 8).

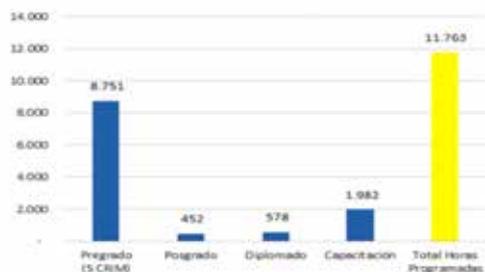


Figura N° 8: Horas de clases programadas año 2014.

### Contratos correspondientes al año 2014

La Academia por ser un Instituto de educación superior tiene la necesidad de contar con los

mejores docentes en las distintas disciplinas y para ello requiere diferentes modalidades de contratación lo cual le implica un esfuerzo adicional en términos administrativos, siendo este un factor importante para su gestión.

Actualmente la Academia cuenta con dos modalidades de contratación para nuestros docentes: “contratos nombramientos” y “contratos a honorarios”, alcanzando en el año 2014 un total de 321 contrataciones realizadas, repartidas en 50% por cada modalidad (Figura N° 9).

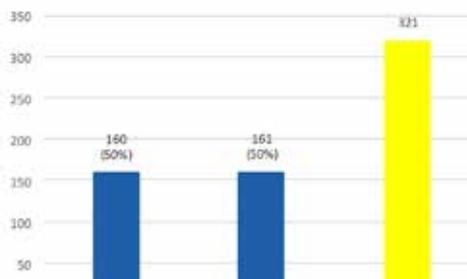


Figura N° 9: Docentes por tipo de contrato año 2014.

El 53% de los contratos de la modalidad a honorarios fueron cursados en pregrado y el 47% restante en los diferentes cursos de posgrado y extensión; el 73% de los contratos modalidad nombramientos efectuados en este período corresponde a los docentes de aula, siendo tan solo un 27% de apoyo docente.

### Actividades de extensión

Dentro de las actividades que la Academia considera de especial importancia se encuentran las labores de extensión que en forma continuada se concretan durante el año académico, conducentes a mostrar los aportes del Instituto y contribuir a los avances científicos y tecnológicos, como así también, recoger experiencias



de otros centros de estudios superiores que favorezcan el mejoramiento continuo.

Principalmente estas actividades se concentraron en conferencias efectuadas durante todo el año, lo cual representa el 34%, sin embargo especial importancia tuvieron la organización de seminarios y un simposio internacional, en los cuales la interacción de los distintos participantes contribuyó a enriquecer a las distintas áreas del quehacer de la Academia (Figura N° 10).

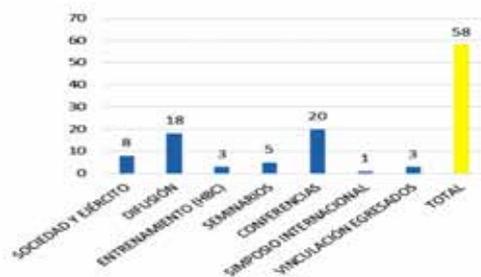


Figura N° 10: Actividades de extensión.

### Cursos impartidos al año 2014

La labor de formación y capacitación entregada a través de su misión a la Academia, ha hecho que a la fecha se hayan realizado 332 cursos, de los cuales existen 91 promociones de Ingenieros Politécnicos Militares, 30 promociones de diferentes magísteres, 74 diplomados impartidos desde sus inicios, 136 cursos de capacitación y 1 curso de postítulo (Figura N° 11).

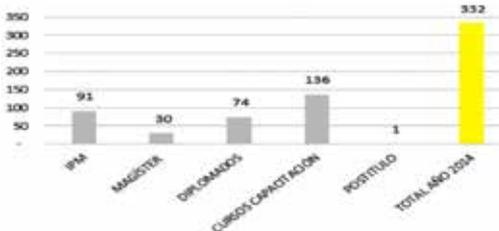


Figura N° 11: Cantidad de cursos impartidos al año 2014.

### Número de egresados al año 2014

Un total de 7.223 egresados han pasado por la Academia Politécnica Militar desde sus inicios en los distintos niveles formativos, de los cuales 1.284 corresponden a Ingenieros Politécnicos Militares; 200 de ellos se han perfeccionado a través de los distintos magísteres que ha ofrecido la Academia a lo largo de estos años, 1.995 egresados de diplomados, 3.692 de cursos de capacitación y 52 de postítulos (Figura N° 12).

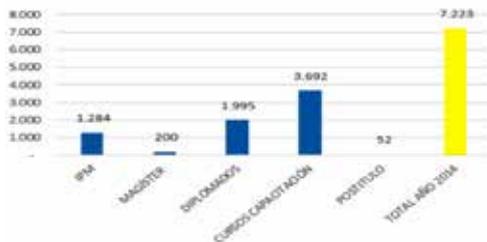


Figura N° 12: Total de egresados al año 2014.

### Retención de alumnos

En los últimos 20 años el ingreso promedio de alumnos para incorporarse a la carrera de Ingeniero Politécnico Militar ha sido de 30. La tasa de egreso en promedio es de un 82% lo cual implica que tan solo un 18% ha incurrido en algún tipo de baja docente (Figura N° 13).

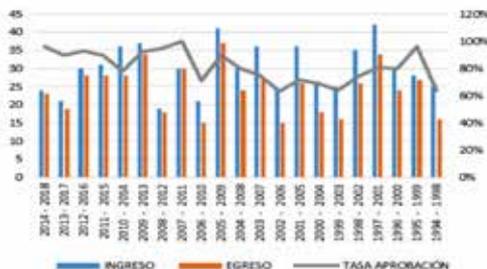


Figura N° 13: Tasa de retención.

# Nuevo Proyecto Educativo



En el año 2008, la División Educación dispuso la reformulación de los proyectos educativos que se impartían en sus institutos dependientes, pasando de un currículo por objetivos hacia uno por competencias profesionales. Dada esas directrices, la Academia desarrolló una serie de estudios asesorados por un equipo de expertos de diferentes disciplinas asociadas a la ingeniería que significaron el levantamiento del diseño curricular por competencias para la formación del futuro Ingeniero Politécnico Militar (IPM).

Entre los alcances del cambio se encuentran los siguientes:

- Modificación del perfil de egreso.
- Conformación de ejes de formación.
- Cambios de especialidades y menciones.

Uno de los inputs más importantes para desarrollar este cometido fue la aprobación el año 2008, por parte del CJE, de las líneas del conocimiento científico tecnológico, que constituyen la síntesis de la demanda de la Institución para la Ingeniería Politécnica Militar.

Lo anterior determinó utilizar las líneas del conocimiento definidas como base para reestructurar el proyecto educativo de la ACAPOMIL, en concordancia con los requerimientos del Ejército. En este orden de ideas, las líneas del conocimiento científico en el Ejército permitieron orientar otros estudios y requerimientos institucionales del ámbito científico tecnológico, utilizándolas para definir las competencias requeridas para el desempeño de los Oficiales IPM y a partir de las mismas, reestructurar el diseño curricular necesario para formarlos.

El estudio efectuado implementó el cambio de currículo a partir del año 2009. Esto significó reformular las bases curriculares, los procesos pedagógicos y los procedimientos de evaluación, que necesariamente debieron conceptualizarse y alinearse con los requerimientos formativos, tanto de la Fuerza Terrestre (FT) como del Ejército Institución.

El perfil de egreso genérico del IPM, está dado en un contexto de desarrollo de competencias científicas-tecnológicas del área de la ingeniería, con énfasis en el pensamiento sistémico, en la gestión, diseño y fabricación de materiales e insumos de aplicación militar. Por ello, su nivel de especialización requiere de una arquitectura sólida en las ciencias básicas, que permitan el andamiaje de estructuras superiores ingenieriles durante los cinco años de formación.

El diseño curricular elaborado a partir de la descripción del perfil de egreso que considera los desempeños de un egresado en una determinada función profesional, tales como; comandante de unidades de apoyo técnico especializado y logístico, director de organismos e instalaciones de la industria militar, asesor en la gestión y desarrollo de proyectos militares, asesor en temas referidos al pensamiento científico-tecnológico del Ejército, todo ello asociado a las “Tecnologías de interés militar”, establecidas por la Dirección de Proyectos e Investigación del Ejército (DIPRIDE) el año 2008.

En este sentido, la estructura curricular se construyó sobre la base de la integración de las competencias funcionales (tareas asociadas a las funciones de combate), institucionales (formación general y profesional) y conductuales (valores y conductas obser-





vables), que constituyen las competencias de umbral.

El Ejército de Chile, dentro de su doctrina educacional, define conceptualmente las “competencias” como un constructo que se deduce del desempeño y se obtiene a través de un proceso sistemático de educación formal, informal, experiencial y, de otro asistemático aportado por la cultura de contexto. Se derivan del dominio de un conjunto integrado de atributos como conocimientos, habilidades, destrezas, conductas y valores necesarios para el desempeño de un trabajo o tarea, según la doctrina, la reglamentación y la norma apropiada, siendo posible de evidenciar en un escenario afín (División Educación (DIVEDUC), 2011).

Las competencias se relacionan con la capacidad para desempeñar una actividad o un cargo y deben referirse a aspectos personales y aspectos profesionales, las que se desarrollan en forma integrada.

El modelo educativo de la Academia busca responder a los requerimientos asociados a las tecnologías de interés militar, que son las siguientes:

- 1 Automatización y robótica.
- 2 Cartografía y geoinformática.
- 3 Ciencia de los materiales.
- 4 Cohetes y misiles.
- 5 Construcciones de combate.
- 6 Ingeniería logística.
- 7 Tecnologías de mando y control.
- 8 Modelación y simulación.
- 9 Municiones inteligentes.
- 10 Provisión de energía en el campo de batalla.
- 11 Sistemas de armas.
- 12 Sistemas oprtrónicos y control de fuego.
- 13 Sensores, percepción y detección remota.

- 14 Tecnologías de aeronaves.
- 15 Vehículos militares.

La apuesta es formar a los futuros ingenieros incorporando fuertemente alguna metodología que les permita contextualizar, discriminar, integrar y sintetizar la información, de manera de resolver los problemas o asesorar en un entorno permanentemente en cambio. Este elemento central en la formación del ingeniero se ha denominado pensamiento sistémico, método que reúne las condiciones para obtener el ingeniero que se necesita.

Teniendo como marco referencial lo señalado anteriormente, el ciclo formativo de los Ingenieros Politécnicos Militares, se dividen en tres grandes dimensiones.

En primer término, la dimensión académica, que corresponde a la programación curricular, formal y sistematizada, de los seis ejes de formación (ciencias militares, ciencias básicas, ciencias de la ingeniería, ciencias de la ingeniería militar, ciencias de la administración y gestión militar; e instrumental complementario), los diversos módulos y las unidades de aprendizaje o actividades curriculares, tanto comunes como de las distintas menciones.

En segundo lugar, las actividades de apoyo al currículo, que tienen por objeto complementar la formación académica, desde una mirada transversal, instrumental y colaborativa, en función de los requerimientos propios o del ámbito Institucional.

En tercer término, se encuentran las funciones administrativas que son propias del funcionamiento de la Academia y responden al cronograma anual de actividades docentes.



Este nuevo modelo educativo permitió estructurar tres especialidades y nueve menciones que se dictan conforme a las necesidades institucionales, lo que se resume a continuación:

| Especialidades  | Menciones   |
|---|---|
| Sistemas de armas   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Armamento.</li><li>– Munición, propelentes y explosivos.</li><li>– Vehículos militares.</li></ul> |
| Sistemas tecnológicos de la información y comunicación (TICs) | <ul style="list-style-type: none"><li>– Comunicaciones.</li><li>– Informática y computación.</li><li>– Geografía.</li></ul>               |
| Sistemas logísticos   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Abastecimiento.</li><li>– Mantenimiento.</li><li>– Administración y finanzas.</li></ul>           |

Desde su implementación han egresado, bajo esta nueva modalidad educativa dos

promociones de Ingenieros Politécnicos Militares (2009-2013) y (2010-2014), que en la actualidad se encuentran desempeñando sus labores profesionales en las diversas unidades del Ejército a lo largo del país.

Finalmente, en lo relativo al proceso de evaluación del egresado y las acciones de mejora al modelo educativo, se encuentran en etapa de elaboración los indicadores y criterios que deben ser considerados en la medición de los resultados, como asimismo, los instrumentos de recolección de información.







## Blindajes y sistemas de protección para vehículos militares y sistemas de armas.

MAY. (IPM) Dino Passalacqua Masafierro, Ingeniero en Sistemas de Armas, mención Mecánica. Magister en Sistemas de Armas y Vehículos Militares.

### Resumen



El presente artículo tiene por objeto dar a conocer los diversos tipos de blindajes y sistemas de protección existentes tanto para vehículos militares como para sistemas de armas, con el objeto de entregar al lector un análisis del estado del arte de lo indicado.

lógica pérdida de capacidad de la fuerza que es afectada. Por lo anterior, el avance de la tecnología nos permite a diario progresar en innovaciones en cuanto a los diferentes tipos de materiales, y los distintos ingenios que brindan mayor supervivencia a los vehículos y a los sistemas de armas.

### Abstract

The object of the article is to present the different kinds of armours and protection systems for military vehicles and weapon systems, to provide an analysis of the "state of art" of the armour and protection systems.

### Desarrollo

El campo de batalla está muy expuesto a la tecnología, ya sea con sensores, sistemas de armas guiadas e inteligentes, vehículos no tripulados. Sin embargo, en el tiempo no han variado mucho los elementos fundamentales en la composición de un vehículo de combate, siendo muchas veces extrapolables a ciertos sistemas de armas emblemáticos como es un tanque principal de batalla, siendo estos la potencia de fuego, la movilidad, la protección y el mando y control.

### Palabras claves

Vehículos militares, sistemas de armas, blindajes pasivos, blindajes reactivos, blindajes activos, carga hueca, munición HESH, proyectiles de energía cinética.

### Potencia de fuego:

Está definida por la capacidad de efectuar daño sobre el adversario por medio del armamento principal y secundario que posee el sistema. En este punto es preponderante el calibre, el cañón, el sistema de control de fuego, el tipo de cabeza de guerra y el sistema de obtención de objetivos, entre otros.

### Introducción

Existen distintas razones para brindar protección a los sistemas de armas y vehículos militares, dentro de las cuales no se pueden concebir hoy en día una operación militar regular que no contemple la utilización de los blindajes en los medios a emplear en sus operaciones.

### Movilidad:

Además de la importancia de lo antes señalado, se debe considerar el alto valor de perder vidas humanas, sistemas de armas y vehículos militares de alto costo, con la

Se define su categoría (alta, media o baja movilidad), de acuerdo a la potencia del





grupo moto-propulsor, al peso del vehículo y el sistema de rodadura que lo compone, permitiéndole así, desplazarse a velocidades adecuadas en un terreno determinado, siendo menos vulnerable a los efectos de los sistemas de armas adversarios.

### Protección:

Está definida como la capacidad de protección que posee el vehículo o sistema de sobrevivir dado el impacto de un proyectil adversario o fratricida, manteniendo principalmente a la tripulación con vida y de ser posible, al sistema o vehículo bajo condición de operación, pudiendo incluso mantenerse en combate con ciertas restricciones. Dicha capacidad de protección está dada por los diferentes tipos de blindaje (pasivo, reactivo o sistema de protección activo) y por las diferentes medidas de encubrimiento que le permiten ocultarse de la observación del adversario a fin de no ser alcanzados por el fuego enemigo, tales como gases multiespectrales, entre otros.

### Mando y control:



Figura N° 1: Elementos fundamentales en la composición de un vehículo de combate.

Está dado por los sistemas de comunicaciones, mando y control, que le permiten al sistema o vehículo mantenerse enlazado, recibiendo órdenes de fuego, de apoyo e instrucciones respecto a la función específica que debe cumplir dentro del órgano de maniobras, además de ser capaz de procesar información del campo de batalla donde se desempeña.

### Protección Pasiva:

Este tipo de protección está dado por la barrera física entregada por un material definido, buscando evitar la penetración y efectos del impacto de un proyectil o esquirlas adversarias o fratricidas.

Clasificación de blindajes pasivos de acuerdo al material empleado:

### Blindajes metálicos:

Existen tres categorías de blindajes metálicos: de acero, de aluminio y de titanio; todos ellos convenientemente aleados, después de tratamientos térmicos y de otros procesos técnicos sirven de material de blindaje contra determinadas amenazas.

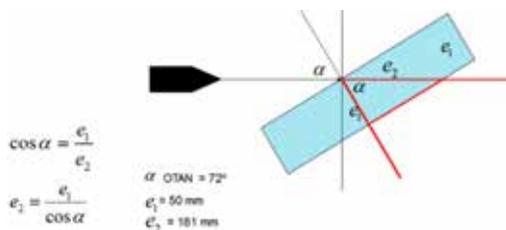


Figura N° 2: Clasificación de los blindajes metálicos.

La penetración del blindaje no solo depende del material que lo compone, sino que ade-



más depende del ángulo de incidencia con respecto del impacto del proyectil.



- = Ángulo OTAN definido en 72°.
- e<sub>1</sub> = Espesor original del blindaje.
- e<sub>2</sub> = Espesor resultante con ángulo "□" de incidencia.

Figura Nº 3: Importancia del ángulo de incidencia entre el proyectil y la carcasa del vehículo o sistema de armas.

El continuo avance tecnológico en la investigación, el diseño y la producción de las cabezas de guerra, obligan a aumentar los espesores de los blindajes de los vehículos de combate, disminuyendo los espacios y degradando las características de movilidad de los sistemas. Por lo anterior, la tendencia es cada vez mayor al empleo de materiales compuestos en forma de láminas alternas de materiales metálicos y cerámicos junto con espacios vacíos, además de protecciones activas y reactivas delante del blindaje pasivo del vehículo.

Los blindajes metálicos se fabrican mediante laminación, forja o fundición. La laminación y forja se utilizan para obtener planchas y la fundición para obtener piezas con formas especiales.

En muchos casos el blindaje después de forjado o laminado se trata de distintas formas para obtener propiedades balísticas adicionales como los blindajes con superficie endurecida. Las planchas de acero homogéneo se emplean solas o bien

varias planchas en capas superpuestas espaciadas.

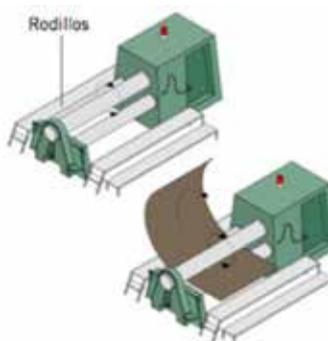


Figura Nº 4: Proceso de manufactura del blindaje RHA (Rolled Homogeneous Armour).

Una plancha de blindaje homogénea se puede fijar a una superficie a proteger mediante pernos, remaches o soldadura lateral, soldadura por puntos o de relleno.

Dada la gran variedad de amenazas a las que se tiene que enfrentar un diseñador, es difícil que un solo tipo de blindaje metálico pueda superarlas todas ellas de forma eficaz.

### Blindajes de Acero:

Lo más apropiado cuando se empieza a tratar con blindajes metálicos, es estudiar el acero de blindaje homogéneo laminado, comúnmente denominado por sus siglas RHA (Rolled Homogeneous Armour). Este material se introdujo hacia 1920 como plancha de blindaje para los primeros carros de combate desarrollados por Estados Unidos.

Durante la Segunda Guerra Mundial se produjo un cambio importante en el acero de blindaje homogéneo laminado, debido principalmente a la necesidad impuesta por el conflicto de ahorrar elementos de aleación.





La norma actual MIL-A-12560 (H) describe tres clases de blindajes: clase 1, clase 2 y clase 3. El clase 1, tiene un tratamiento térmico adecuado para obtener la máxima resistencia a la penetración; el clase 2 posee la máxima resistencia a las ondas de choque y el clase 3, es para las pruebas.

El acero de blindaje homogéneo laminado de la MIL-A clase 3, se ha convertido en el material de blindaje de referencia, es decir, que se emplea para comparar las mejoras en las prestaciones de nuevos materiales candidatos. De igual forma, se utiliza como material de referencia para la evaluación de municiones perforantes. El RHA es un acero de resistencia de baja aleación susceptible de temple en aceite y con razonable tenacidad y soldabilidad.

### **Blindajes de Aluminio:**

El aluminio es un metal muy utilizado en blindajes, para ello se han desarrollado aleaciones que mejoran sus propiedades mecánicas. Este es utilizado principalmente en sistemas que requieren bajo peso, tales como aeronaves y vehículos de combate livianos, logísticos y de transporte de tropas. Posee buenas prestaciones para la manufactura, a la soldabilidad, al agrietamiento y la corrosión. Las aleaciones mayormente utilizadas en blindajes contienen cobre, manganeso, titanio, vanadio, circonio y magnesio.

### **Blindajes de Titanio:**

El titanio es un metal más liviano y resistente que el acero, sin embargo, su manufactura y tratamiento es más complejo, lo cual limita su empleo.

Presenta muy buenas prestaciones a la corrosión y aleado con materiales convenientes

presenta muy buenas características en chapas de protección. Por lo anterior, es ampliamente utilizado en blindajes de aeronaves, vehículos y sistemas de armas.

### **Blindajes de fibras y materiales compuestos o poliméricos:**

El primer empleo fue el nylon en 1930, con este material, se hicieron al principio de la II G.M. chalecos y cortinas anti fragmentos para aviones. Otra fibra que se desarrolló (1950), fue el polipropileno, con peores resultados que el nylon. Ya en 1965 se desarrolla el Kevlar, existiendo el k-29 para refuerzo de chalecos antibala y el k-49 en materiales compuestos, cascos, aeronáutica, etc.

Las características que deben poseer estos materiales son la alta resistencia a la tracción (1,3-2 GPa), poseer gran tenacidad, lo que implica un número de Young elevado, ductilidad y deformación a la rotura (4%-8%), baja densidad, resistente al calor, con puntos de fusión mayores a los 225 °C.

### **Blindajes flexibles y laminados de aramida:**

La fibra de aramida para aplicaciones protectoras se puede utilizar en forma de paquetes flexibles formados por varias capas de tela o bien como laminados rígidos dentro de una matriz de resina.

Los paquetes flexibles de telas son más efectivos en la detención de proyectiles que los laminados rígidos, sobre todo para proyectiles de núcleo blando.

Estas fibras se fabrican por un proceso de extrusión e hilado. La fibra obtenida se enrolla en un instrumento adecuado y luego



se somete a un tratamiento de estirado y treflado que incrementa las propiedades de resistencia y rigidez.

Las fibras no se pueden teñir y se degradan por la acción de los rayos UV. El mayor inconveniente es la disminución de la resistencia mecánica y por consiguiente la resistencia balística con la humedad, hasta un 40% puede disminuir la resistencia balística frente a un proyectil 5,56 mm con punta ojival, suponiéndose que el agua actúa como lubricante que ayuda al paso del proyectil entre el hilo y los tejidos.

La mayoría de los anteriores inconvenientes se solucionan embutiendo la fibra en una matriz de resina que lo aisle de la luz, humedad y agentes químicos.

### Blindajes compuestos con materiales cerámicos:

Los primeros trabajos sobre blindajes cerámicos se publicaron en 1978. El concepto de material cerámico se refiere a material inorgánico, no metal, frágil, duro, rígido y con una resistencia a la compresión mucho mayor que a la tracción.

Se sabe que las cerámicas son muy eficaces como primer componente de los blindajes ligeros compuestos. Consiguen una reducción en la capacidad de perforación de los proyectiles de núcleo duro a velocidades normales de impacto, de tal modo que los componentes sucesivos de blindaje puedan detener el proyectil con espesores mucho menores que los necesarios en caso de no existir la cerámica anterior.

Para que este tipo de blindajes sean efectivos deben pegarse muy firmemente al blindaje

posterior, el que de igual forma debe ser un material muy rígido.

Los materiales cerámicos se dañan gravemente cuando se someten a cargas de compresión muy concentradas. Se sabe que en la zona impactada el material fracturado tiene una disposición cónica que se prolonga hacia la intercara entre la cerámica y la placa de blindaje principal.

En esta zona la cerámica se rompe por las cargas de tracción resultantes de la reflexión en la intercara cerámica de ondas de compresión generadas por el impacto.

Posteriormente se desarrolla delante del proyectil una zona cónica de material pulverizado y como consecuencia de la interacción de ambos, se crea un proceso de erosión del proyectil.

Aunque la energía consumida para fracturar la placa cerámica constituye una pequeña parte de energía del impacto, el desarrollo de una zona de material fracturado delante del proyectil parece tener una gran importancia en su detención.

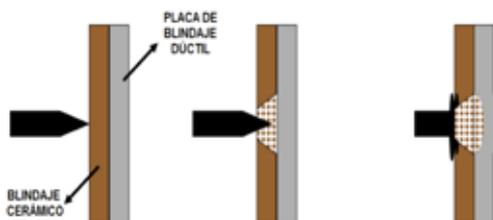


Figura N° 5: Funcionamiento del blindaje cerámico.

Si bien las cerámicas tienen buenas características en trabajos de resistencia al impacto, tienen en su contra la fragilidad y su difícil mecanización. Lo anterior, obliga a utilizarlas con un soporte metálico, al cual deben estar



íntimamente ligados para que el mecanismo de erosión pueda funcionar.

### Blindajes transparentes:

En términos de propiedades de protección, la energía que absorben los elementos de plástico, es en general, mayor que la absorbida por el vidrio. De igual forma, los fragmentos de vidrio que se forman en el impacto, son peligrosos.

Por esta razón, en los laminados transparentes de vidrio, las láminas de vidrio son las primeras con las que incide el proyectil o fragmento, y la lámina de plástico se coloca detrás del vidrio y nunca al revés.

En el mercado existen laminados de vidrio-policarbonato con densidades superficiales que van de 2,4 kg/m<sup>2</sup> hasta 68,4 kg/m<sup>2</sup> y que se emplean como protección de armas ligeras de hasta 7,62 mm.

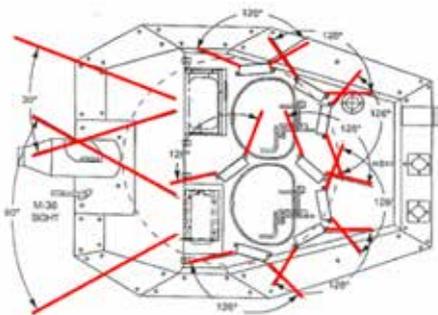


Figura N° 6: Disposición de los elementos de observación (blindajes transparentes) en la torre de un MBT.

### Blindajes tipo Slat:

Estos blindajes se han introducido al campo de batalla en los últimos años, como una

forma de destruir, inutilizar y reducir el efecto de las cargas huecas y específicamente de los RPGs que son proyectiles que impactan sobre los vehículos a relativa baja velocidad. En caso de impactar la reja, se destruyen inutilizándolos o se activan anticipadamente, logrando una mayor distancia stand off o de formación del jet de la carga hueca, no logrando el efecto deseado sobre la carcasa del vehículo, evitando así la penetración y las bajas correspondientes de personal, equipo y el vehículo en sí.



Figura N° 7: Tanque Leopard 2A4 con sistema de protección slat.

### Protección Reactiva:

Este tipo de blindajes están concebidos para anular los efectos perforantes de la carga hueca.

Antes de avanzar en este tema, es preciso definir qué es la carga hueca o explosivo formado.

Básicamente, está formada por un cono o liner, generalmente de cobre, que contiene una masa cilíndrica de explosivo. Al impactar sobre un blanco, el sistema de espoleta hace detonar el explosivo generando una onda de detonación de elevadísima presión, fundiendo el cono, transformándolo en un proyectil de gran velocidad denominado jet.

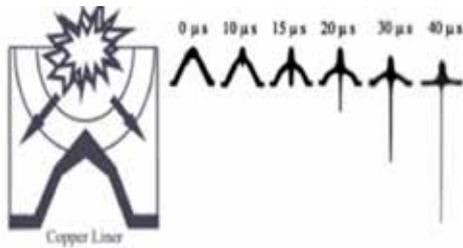


Figura Nº 8: Deformación progresiva del jet.

Una vez formado el jet, se caracteriza por tener en su cabeza una velocidad muy superior a la de la cola (de 2 a 8 veces mayor), lo que ocasiona el continuo alargamiento, hasta que la ductilidad del material y los defectos de este lo permiten, y en este momento surgen estricciones y posteriores roturas que fragmentan el jet.

Para conseguir un alto nivel de perforación, la relación longitud/diámetro debe ser lo mayor posible, y no debe presentar ningún tipo de desalineaciones, ni defectos (dispersión, volteo y curvatura) provenientes del proceso de conformado del material del cono.

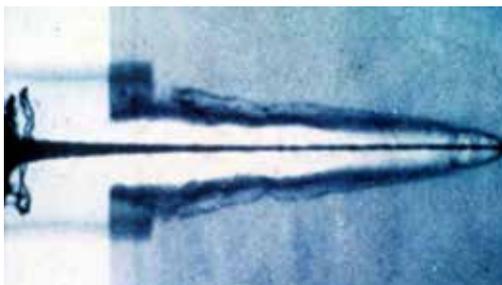


Figura Nº 9: Efecto del jet sobre acero RHA.

El poder de penetración de una carga hueca depende en forma directa del stand off, diámetro de cono y de la masa del explosivo, así como del material y la geometría de la cabeza de guerra.

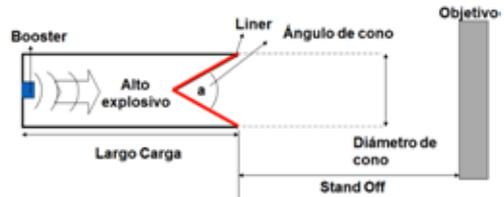


Figura Nº 10: Elementos fundamentales de un proyectil de carga hueca.

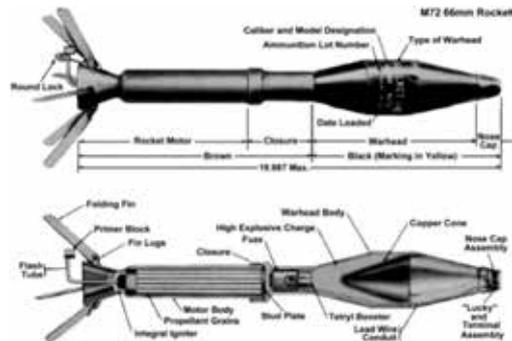


Figura Nº 11: Esquematación proyectil RPG.

La perforación de un jet en acero homogéneo, puede estimarse por medio de las siguientes aproximaciones:

La longitud de perforación es 4 a 6 veces el calibre de la carga que produjo el jet.

El diseño de la ojiva de la carga hueca no permite distanciar el punto de la base del cono (distancia stand off) hasta su valor óptimo. Normalmente el óptimo se sitúa de 3 a 5 calibres, permitiendo el diseño un stand off de 2-3 calibres.

Hoy en día, los diseños y tecnologías asociados al proceso de producción de este tipo de cabezas de guerra, permiten penetración en blindajes de grosores de hasta 10 veces el diámetro de cono del proyectil.



La formación estándar del jet, está basada en consideraciones hidrodinámicas, la resistencia mecánica del material que compone el liner es superada producto de la presión de detonación (aprox. 35 GPa), convirtiendo al metal (liner) en un líquido.

Cabe señalar que la velocidad que logra el liner en estado líquido, es del orden de los 10.000 m/s.

El blindaje reactivo propiamente tal:

Su aparición ha sido ampliamente conocida a partir de los trabajos desarrollados por Israel, sin embargo, el fundamento del mismo, es conocido hacia 1972, por investigaciones desarrolladas en Alemania.

En dicha fecha se publicó el mecanismo de actuación de los blindajes reactivos, basados en un "sándwich de explosivo", tal como se muestra en la figura N° 12.

Consiste en dos placas de blindaje entre las cuales se haya confinado un explosivo, busca una posición lo más oblicua posible respecto a la posición del jet de la carga hueca.



Figura N° 12: Funcionamiento del blindaje reactivo bajo el efecto de la carga hueca.



Figura N° 13: Pruebas de blindaje reactivo efectuadas por alumnos de la ACAPOMIL.

Con mayor precisión, se puede decir que la suma de los siguientes tres efectos son lo que logra detener la penetración de la carga hueca:

1. Las altísimas presiones alcanzadas durante el estado de detonación del explosivo, mientras es atravesado el jet, provocando perturbaciones y velocidades normales a la dirección del movimiento.
2. El movimiento oblicuo de las planchas del sándwich interceptando el jet de forma continua con material no perforado.
3. La propia cantidad de movimiento de dichas planchas que actúa durante el choque contra las sucesivas porciones del jet.

Suponiendo un stand-off óptimo, las velocidades máximas del jet suelen oscilar entre 6.000 y 10.000 m/s, con un valor típico de 8.000 m/s para municiones de armas portátiles contra carros y de 10.000 m/s para cabezas de guerra de misiles contra carros.



Figura N° 14: Características del jet formado por el liner de cobre.

El explosivo que forma parte del sándwich de blindaje reactivo, debe cumplir una serie de condiciones que posibiliten su buen funcionamiento y su insensibilidad frente a otros ataques que no sean de carga hueca que han de anular, siendo estas las siguientes:



- Insensibilidad ante fuego exterior.
- Insensibilidad a la detonación y al calor que puede producir un impacto de energía cinética.
- Insensibilidad a la detonación por simpatía de paneles. Efectos secundarios producidos por la detonación de un blindaje reactivo.



Figura N° 15: Tanque T-80 ruso, con placas de blindaje reactivo instaladas en la torre y el chasis.

También existen efectos secundarios producidos por la detonación de un blindaje reactivo:

- Efectos en las inmediaciones del vehículo.
- Efectos en el exterior del vehículo.
- Efectos en el interior del vehículo.

Otras alternativas de empleo de proyectiles de carga hueca es mediante el uso de misiles denominados tipo TANDEM, los que consideran una cabeza de guerra con doble carga hueca en su configuración, como se aprecia en la siguiente figura.



Figura N° 16: Misil con cabeza de guerra en tandem.

La primera carga hueca (precursora) es pequeña, se encuentra ubicada en la parte delantera del misil y tiene la finalidad de activar

la medida de protección que pudiera tener el MBT. Inmediatamente con diferencia de milisegundos, se activa la carga hueca principal, que se encuentra en la parte posterior del misil, la cual produce el máximo daño sobre el blindaje, ya que se encuentra sin protección adicional y probablemente con parte de su blindaje principal dañado.

### Sistema de protección activo:

Los sistemas de protección activos son los sistemas de protección más modernos existentes. Básicamente son sistemas que identifican la dirección, velocidad y tipo de amenaza, mediante un radar, con el fin de activar una contramedida que es capaz de interceptar al proyectil (amenaza) destruyéndolo o variando su trayectoria evitando así su impacto y consiguiente destrucción del sistema.

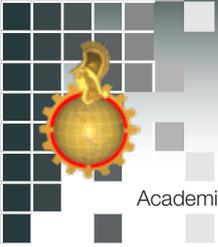
Los sistemas de protección activa se dividen en dos grandes grupos, los Hard Kill y los Soft Kill.

### Hard Kill:

Este tipo de sistemas se caracteriza por destruir a la amenaza antes de impactar al vehículo o sistema de armas, a una distancia de seguridad que asegura la supervivencia del sistema, permitiéndole seguir operando en combate.



Figura N° 17: Sistema de protección activa del tipo Hard Kill.



## Soft Kill:

Este tipo de sistemas se caracteriza por desviar a la amenaza antes de impactar al vehículo o sistema de armas, ya sea por medio de intersección del sistema de guiado láser del misil o por medio del empleo de una cortina de gases multiespectrales que afectan al sistema de guiado del misil. Cabe señalar que estos sistemas Soft Kill no son efectivos para todos los sistemas de guiado tales como los de hilo guiado o CLOS (Command Line Of Sight).

Figura N° 18: Sistema de protección activa del tipo



Soft Kill.

## Conclusiones

Como se puede apreciar en el presente artículo, existen tres grandes sistemas de protección de vehículos militares y sistemas de armas; sistemas pasivos, reactivos y activos.

Cada uno de los tres tipos de blindajes o sistemas de protección, son eficientes sobre diferentes tipos de amenazas, por lo que es fundamental antes de adquirir un sistema de protección o un tipo de blindaje, conocer la amenaza que se debe enfrentar.

No se deben confundir los sistemas de protección o blindaje, con las medidas de encubrimiento, que evitan efectuar una puntería efectiva sobre el vehículo o sistema.

Los sistemas de protección activos son sistemas que no tienen un 100% de efectividad, por lo que en caso de efectuar un proyecto para adquirir uno de estos sistemas, se debe estudiar muy a fondo el desarrollo del sistema y efectuar todas las pruebas necesarias que aseguren la confiabilidad real del sistema.

## Bibliografía

- CRANFIELD UNIVERSITY, (1996). Ammunition Technology, volumen 1, The ammunition systems & explosives technology unit.
- CRANFIELD UNIVERSITY, (2005). Ammunition Technology, volumen 2, Warheads.
- CRANFIELD UNIVERSITY, (1996). Ammunition Technology, volumen 3, Delivery systems.





## Energías renovables.

BGR. (R) Víctor Aguilera Acevedo, Ingeniero Químico Militar.

### Introducción



El presente artículo tiene por objetivo realizar un somero análisis de la utilización de las diferentes fuentes de energía renovables.

Es sabido que, a medida que progresan los países necesitan una cantidad creciente de energía, la que a veces tiene un impacto negativo en la salud de los habitantes y en el medioambiente que nos rodea.

El consumo de los recursos energéticos no renovables, especialmente de los fósiles (carbón, gas, petróleo) ha actualizado la problemática de su futuro agotamiento, de las externalidades negativas que generan y de la necesidad de su reemplazo paulatino por energías renovables.

Actualmente, no existe un conocimiento elemental por parte de la mayoría de los ciudadanos, de los aspectos técnicos de las distintas clases energías renovables y de sus respectivas fortalezas y debilidades.

Este trabajo se orienta a solucionar esta falencia.

### Abstract

This article aims to make a brief analysis of the different sources of renewable energy. It is known that, when the countries progress needs increasing amounts of energy, which sometimes has a negative impact on the health of people and the environment around us.

The consumption of non-renewable energy resources, especially fossil fuels (coal, gas, and oil) has updated the issue of their future exhaustion, of the negative externalities that they generate and the need for its gradual replacement by renewable energy.

Currently, there is not an elementary knowledge on the part of most citizens, the technical aspects of the different types of renewable energy and their respective strengths and weaknesses.

This work aims to address this shortcoming.

### Palabras claves

Cambio climático, energía solar, energía eólica, energía hidráulica, biomasa, biocombustibles, energía geotérmica, mareomotriz, olamotriz, gradiente térmico oceánico.

### El cambio climático

*“Nuestro planeta Tierra funciona como un sistema único y autorregulado, formado por componentes físicos, químicos, biológicos y humanos”.<sup>1</sup>*

*“El mes de febrero de 2007 marca un punto de inflexión por dos temas fundamentales: primero, a partir del informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, nadie puede dudar que el hombre es responsable de las modificaciones que se están produciendo en el planeta particularmente en el clima, por lo realizado en los últimos 250 años.*



*El segundo elemento fundamental es abordar de una manera viable el costo de acordar las tareas que tenemos. No es algo imposible. Todos sabemos que la concentración global de los tres mayores gases –el dióxido de carbono, el metano y el dióxido de nitrógeno– ha aumentado de una manera que no tiene parangón en la historia de nuestro planeta en los últimos 250 años”.<sup>2</sup>*

*“El hombre ha modificado mucho más el medioambiente del planeta en los últimos 50 años que durante toda la historia de la humanidad. El ecosistema Tierra se deteriora y pone de manifiesto sus límites por todas partes: agua dulce, océanos, bosques, clima, tierras cultivables”.<sup>3</sup>*

El gas que más contribuye al calentamiento global es el CO<sub>2</sub> generado fundamentalmente por la combustión del carbón y del petróleo.

Se estima que anualmente se arroja a la atmósfera, a nivel mundial, la cantidad de 40.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Una opción para disminuir la generación de CO<sub>2</sub> es incrementado la producción y utilización de las energía renovables.

Nuestro país ha liderado las iniciativas tendientes a mitigar y adaptarse al cambio climático a nivel latinoamericano en el pasado y quiere seguir haciéndolo.<sup>4</sup>

## Energías renovables

A nivel planetario existe una predisposición creciente de la sociedad por generar electricidad a partir de energías renovables.

Se denominan renovables ya que una vez utilizadas se pueden volver a reponer, tal es

el caso de la luz y el calor del Sol, la fuerza del viento, el agua acumulada en embalses, la fuerza de las olas y de las mareas, el calor procedente del interior de la Tierra, la biomasa.

Chile está impulsando la utilización de energías renovables ya que en la actualidad el 23% de las importaciones (enero a agosto de 2014) que se han realizado corresponden al rubro combustibles fósiles y el gasto que ello implica asciende a US\$ 9.934 millones.<sup>5</sup>

Cada una de las fuentes de energías renovables de tiene orígenes diferentes y distintas aplicaciones, las que se enumeran a continuación.

### a. Energía solar fotovoltaica.

El efecto fotovoltaico es la conversión de la energía luminosa en energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas que están incorporadas en paneles.

La fuente de esta energía es el Sol, a través de los fotones (luz) que llegan a nuestro planeta.

Esta clase de energía tiene variadas aplicaciones, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

- Electrificación rural.
- Telecomunicaciones.
- Desalinización.
- Radiofaros.
- Iluminación y control de invernaderos.
- Iluminación de viviendas.
- Satélites.
- Equipos de campaña.
- Radioteléfonos.
- Bombeo de agua.
- Riego por goteo.



Figura N° 1: Parque Solar Fotovoltaico. Pozo Almonte. Región de Tarapacá.

### b. Energía solar térmica.

La energía solar térmica desempeña un rol clave para la vida en nuestro planeta.

Esta clase de energía es abundante y llega a todos los rincones de la Tierra pero de manera irregular.

Esta energía es recibida en forma gratuita y la vida del sol, que es la fuente de suministro, se estima en 5.000 millones de años más.

Su principal característica es: disminuir el gasto para calentar agua. Los sistemas utilizados son silenciosos y no contaminantes.

Instalaciones que utilizan energía solar térmica:

- Instalaciones para generar agua caliente sanitaria.
- Instalaciones para calefacción de edificios y casas.
- Instalaciones para calefacción de piscinas.



Figura N° 2: Instalación solar térmica en el techo de una vivienda.

### c. Energía eólica.

La energía eólica tiene su origen en la fuerza del viento. El incremento de esta clase de energía es creciente ya que no produce contaminación ambiental ni efecto invernadero.

Su mayor dificultad radica en el hecho que el viento es intermitente y por lo tanto se necesitan sistemas adicionales de apoyo energético.

Normalmente para aprovechar la fuerza del viento se instalan varios aerogeneradores en los que se han denominado parques eólicos.



Figura N° 3: Parque Eólico Canela. Región de Coquimbo.

### d. Energía hidroeléctrica.

Es una energía renovable. Es limpia y no contaminante. Utiliza la fuerza del agua para impulsar las turbinas y generar electricidad.



Sin embargo, la generación de esta clase de electricidad está sujeta a los ciclos de lluvia de los países y es afectada en forma crítica cuando se producen varios años consecutivos de sequía.



Figura N° 4: Central Hidroeléctrica Colbún - Machicura, Región del Maule.

### e. Energía de la biomasa.

Biomasa es cualquier materia orgánica obtenida a partir de vegetales y/o residuos animales.

La biomasa puede ser natural cuando se genera de forma espontánea por la naturaleza.

Otra fuente de biomasa son los aceites vegetales, cultivos oleaginosos, residuos sólidos urbanos (viviendas, hoteles, restaurantes, etc.), residuos ganaderos, cultivos agrícolas.



Figura N° 5: Ciclo de la biomasa.

### f. Biocombustibles.

Son combustibles que se generan a partir de biomasa y cuya principal fortaleza es la de reemplazar a combustibles fósiles como la gasolina y el petróleo.

Los biocombustibles principales son el bioetanol (bioalcohol) y el biodiésel.



Figura N° 6: Semillas de Jatropha para la fabricación de biodiésel en Chile.

### g. Energía geotérmica.

La energía geotérmica es la que es generada al interior de la Tierra, que presenta mucho calor en su núcleo.

A medida que se desciende al interior de la Tierra la temperatura aumenta en aproximadamente 1 °C por cada 33 metros.

Para utilizar esta energía geotérmica deben evaluarse las zonas adecuadas para estudiar la factibilidad económica para su aprovechamiento rentable.

Islandia, que tiene condiciones especiales, genera el 60% de electricidad procedente de la geotermia.



Figura N° 7: Corte esquemático de la generación de calor interno de la tierra.

### h. Energía mareomotriz.

Esta forma de energía se genera por la utilización de las mareas.

Las mareas se producen en las costas y sus desniveles son diferentes, dependiendo de los mares y océanos.

Se requiere una inversión inicial elevada.

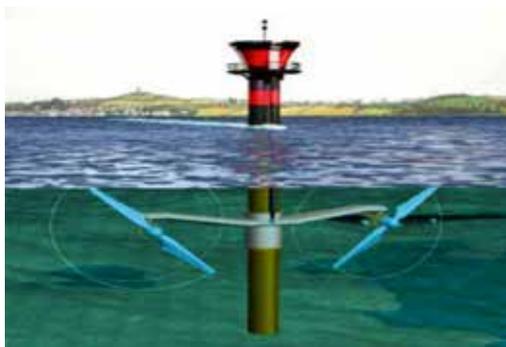


Figura N° 8: Central de energía mareomotriz.

### i. Energía olamotriz (Undimotriz).

Es la energía producida por el movimiento y la fuerza de las olas.

Muchos países que tienen costas podrían aprovechar las olas para generar electricidad.

El gran inconveniente para el incremento de la energía olamotriz son los costos de fabricación de la central, que sea fácil de instalar y eficiente en generación de energía.



Figura N° 9: Generación de energía olamotriz.

### j. Energía del gradiente térmico oceánico.

Se basa el funcionamiento de una instalación en la recuperación térmica del océano (gradiente térmico).

También se podría aprovechar el agua a gran temperatura que emerge de las fuentes hidrotermales de los fondos marinos. En algunos casos estas temperaturas alcanzan los 400 °C.

Esta tecnología todavía no es rentable.

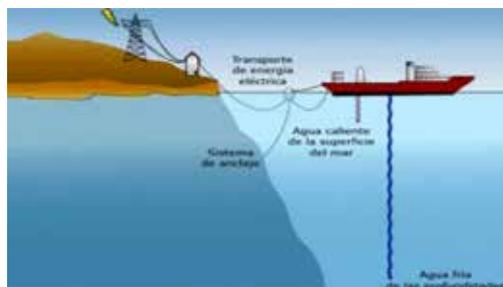
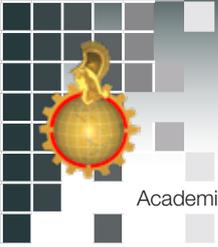


Figura N° 10: Esquema del funcionamiento de la generación de electricidad procedente del gradiente térmico de los océanos.



## Conclusiones

Muchos países no cuentan en su territorio con suficientes fuentes de energía fósiles como el petróleo, carbón y gas.

Los combustibles importados son de alto costo y a veces presentan problemas de un suministro inseguro.

Por tal razón debería instaurarse una política de Estado para impulsar el crecimiento en la utilización de las energías renovables, las que tienen la ventaja de estar situadas en el propio país.

## Bibliografía

1. Lovelock, James. Página 14.
2. Lagos, Ricardo. Discurso inaugural pronunciado en su calidad de Enviado Especial de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Seminario realizado en Santiago de Chile en junio de 2007.
3. Yan Arthus-Bertrand. Discurso pronunciado en su calidad de Director de la Organización Good Planet en el Seminario realizado en Santiago de Chile en junio de 2007.
4. Diario "El Mercurio". Página A-9 de 23 de septiembre de 2014.
5. Diario "El Mercurio". Página B-1 de 23 de septiembre de 2014.

## Estudio de la respuesta a fatiga de la aleación de aluminio 2024 T3 sometida a impacto balístico y formulación de una reparación mediante fibra de vidrio.

MAY. (IPM) Mauricio Cereceda Truan, Ingeniero Aeronáutico.

Dr. Ing. Alberto Monsalve González, Jefe Área Ingeniería de Materiales, Dpto. Metalurgia, Facultad de Ingeniería, USACH.

Dr. Ing. Alfredo Artigas Abuin, Jefe Laboratorio SIMET, USACH.

## Resumen



Las aleaciones de aluminio 2024 T3 se emplean en la construcción de fuselaje de aeronaves. En situaciones de combate, los helicópteros que transportan tropas se ven expuestos a impactos de munición de calibres ligeros como el empleado por la infantería. Se estudió en el presente trabajo el comportamiento a fatiga de

placas de aluminio 2024 T3 sometidas a impacto de munición 7,62x51 mm. Para ello se sometieron una serie de probetas a impacto balístico con esta munición, estudiándose posteriormente las condiciones de propagación de grietas de fatiga, utilizando fatiga axial a una frecuencia de 100 Hz. Se midió el número de ciclos necesarios para producir un avance de





grieta a una carga determinada, repitiéndose la experiencia a distintas cargas. Se formuló además una reparación de rápida aplicación sobre la base de parches de fibra de vidrio. Los resultados obtenidos muestran que a partir de curvas del tipo S-N, es posible asegurar un incremento razonable de la vida útil a fatiga en este tipo de situaciones, vislumbrándose la reparación propuesta como una alternativa razonable en situaciones de contingencia. Se realizó además un estudio de los aspectos microestructurales asociados a la reparación, mediante microscopía electrónica de barrido, encontrándose que la propagación de grietas por fatiga presenta una morfología preferencialmente frágil sin estriaciones. A su vez, la reparación mediante parches de fibra de vidrio, muestra una fractura asociada al colapso de la resina y a la cortadura de las fibras.

## Abstract

Aluminum alloy type 2024-T3 is used for the construction of airplanes fuselages. In combat situations, helicopters that carry troops to ground are exposed to ballistic impacts from low calibre weapons such as those used by infantry.

The fatigue behavior of 2024-T3 aluminum sheets subjected to ballistic impact of 7,62x51 mm munitions was studied. For this purpose, a number of aluminum sheets were exposed to ballistic impacts with this type of munitions; the conditions for fatigue crack propagation by axial load at a frequency of 100 Hz was studied, measuring the number of cycles needed for crack to propagate with different loads. Repair by application of glass fiber was proposed.

The results obtained from S-N curves show that it is possible to increase the fatigue life of sample subjected to ballistic impact and then repaired.

This is an important result that validates repairs as reasonable alternative in emergency situations. A microstructural study based in scanning electron microscopy was carried out; it was found that fracture surfaces are related to brittle behavior without striations. Study of fracture surfaces of patches shows the collapse of resin and brittle fracture of fibers.

## Introducción

La aleación de aluminio 2024 con el tratamiento térmico T3 es una de las aleaciones más utilizadas en el mundo aeronáutico, en la fabricación de fuselajes. Con esta aleación se construyen fuselajes de aviones y de helicópteros, aprovechando su alta resistencia y baja densidad, casi siempre en espesores delgados que no exceden los 2 mm. En la aviación militar, esta aleación también es muy utilizada en todo tipo de aeronaves, particularmente en helicópteros y en aviones diseñados para vuelos a baja altura (aviones antiguerrilla). Durante operaciones de transporte de tropas, ayuda aeromédica o salvataje, las aeronaves están frecuentemente sometidas a fuego de armas ligeras, tales como el fusil de asalto AK-47 u otros. El daño que generan estas armas ligeras es menor, aun cuando en ciertas circunstancias pueden llegar a comprometer la integridad de la aeronave. En el caso de recibir impactos, el fuselaje se perfora, dejando un orificio de un tamaño aproximado igual al calibre empleado, lo que actúa como un concentrador de tensiones, durante el servicio. A su vez, este concentrador de tensiones sumado a los esfuerzos cíclicos propios del vuelo, es capaz

de generar agrietamiento por fatiga en la placa de aluminio. Debido a las condiciones propias de las operaciones militares, no siempre es posible proceder con rapidez suficiente con el reemplazo de la pieza dañada, razón por la cual se hace necesario contar con un procedimiento rápido para reparar este tipo de daños. La propuesta del presente trabajo es la de evaluar una reparación hecha empleando fibra de vidrio, aplicada con la ayuda de un adhesivo estructural. La evaluación se lleva a cabo a través de la medición del número de ciclos necesarios para la propagación de grietas por fatiga, comparando probetas reparadas con muestras impactadas y no reparadas.

Si bien es cierto los manuales de reparación estructural especifican claramente los tipos de daños que puede sufrir una determinada pieza y la forma de reparación, el estudio busca proponer una solución eficiente y confiable para una situación de combate donde el tiempo, horas hombre y de vuelo juegan un papel fundamental<sup>[1-3]</sup>. Esta solución se plantea sobre la base de utilizar materiales compuestos en el diseño de una reparación rápida y eficaz, capaz de ser empleada en forma sencilla y sin la necesidad de grandes recursos de infraestructura.

### Procedimiento experimental

Se realizaron ensayos de impacto balístico sobre un número apropiado de placas de aluminio 2024 T3, con munición 7,62x51 mm, empleando la norma UL752<sup>[4]</sup>. Las probetas empleadas se muestran en la figura 2 y han sido diseñadas bajo criterios extraídos de la norma ASTM E647. En la figura N° 1 se muestra un plano de la probeta empleada, mostrándose el orificio de 8 mm de diámetro causado por el proyectil.

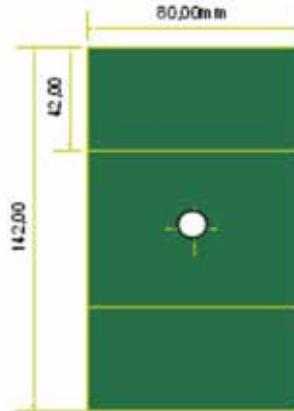


Figura N° 1: Probeta utilizada. En el centro se aprecia la perforación generada por el proyectil.

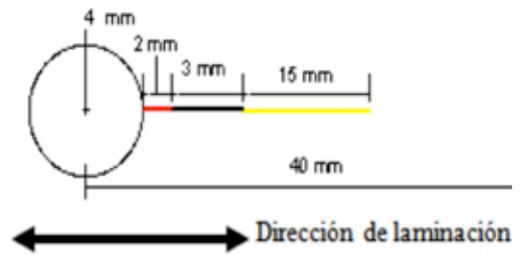


Figura N° 2: Esquema de la perforación, la entalla de 2 mm, la pregrieta de 3 mm y la grieta final de 15 mm.

Se generó una entalla de 2 mm, después de lo cual se sometió el material a fatiga en una máquina de fatiga resonante Rumul a una frecuencia aproximada de 100 Hz. Se generó en las probetas un preagrietamiento de 3 mm, luego de lo cual se contabilizaron los ciclos necesarios para generar un crecimiento de grieta de 15 mm, lo que se resume en la figura N° 2.

Con el fin de trazar la curva S-N para cada tipo de reparación, se aplicaron cinco niveles de cargas, con razón de carga  $R=0,5$ , las que se resumen en la tabla N° 1.





| Nivel de carga | Carga Máxima<br>[kN] | Carga Mínima<br>[kN] |
|----------------|----------------------|----------------------|
| 1              | 10                   | 5                    |
| 2              | 8,75                 | 4,25                 |
| 3              | 8                    | 4                    |
| 4              | 7                    | 3,5                  |
| 5              | 6                    | 3                    |

Tabla N° 1: Cargas utilizadas para el crecimiento de grieta.

## Caracterización del Material y Tratamientos Superficiales

La aleación de aluminio seleccionada en esta investigación es la aleación 2024-T3, ampliamente utilizada en la industria aeronáutica en la fabricación de componentes estructurales por su elevada tenacidad y resistencia a la corrosión bajo tensión.

La composición química de esta aleación se determinó por espectrometría de emisión óptica y coincide con las descritas en la literatura. Las propiedades mecánicas se determinaron mediante el ensayo de tracción. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla N° 2.

El tratamiento térmico T3 corresponde a un tratamiento de solubilización cercano a 490°C, seguido de temple, trabajo en frío y envejecimiento natural<sup>[5]</sup>.

| Aleación | E<br>(GPa) | $\sigma_{YS}$<br>(MPa) | $\sigma_{UTS}$<br>(MPa) | Elong.<br>% |
|----------|------------|------------------------|-------------------------|-------------|
| 2024 T3  | 72         | 345                    | 485                     | 18          |

Tabla N° 2: Propiedades mecánicas de la aleación 2024 T3 [5].

La aleación base se obtiene a partir del proceso de laminación del aluminio. Las probetas son extraídas de las chapas con orientación T-L con respecto a la dirección del laminado, según se muestra en la figura N° 2. Con esta orientación

se garantiza que las condiciones con las que va a fatigar sean las más críticas, favoreciendo la etapa de crecimiento subcrítico de las fisuras. En esta figura se observa además que la orientación de los granos en el corte transversal coincide con la dirección de laminación y, por tanto, se puede asegurar que los resultados que se obtengan de los ensayos de fatiga corresponderán a la situación en servicio más desfavorable para el componente.

La reparación consistió en parches de fibra de vidrio de 40x47 mm, aplicados mediante un adhesivo estructural, cubriendo completamente el orificio abierto por el proyectil, como se muestra en la figura N° 4.

Se utilizó la fibra de vidrio de alta resistencia denominada S-2 4533, con un tejido del tipo tafetán roving, bidireccional. Se utilizó la resina Me pox 324 PC debido a sus buenas características térmicas, mecánicas y de curado. El adhesivo estructural utilizado fue Hyson 9320, con un tiempo de curado de 60 min a 82 °C.

Tabla 3.-Composición química: aleación 2024 T3 [6].

| %Cu     | %Mg     | %Fe     | %Si     | %Mn     | %Zn      | %Ti      | %Cr      |
|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 3,8-4,9 | 1,2-1,8 | 0,5 máx | 0,5 máx | 0,3-0,9 | 0,25 máx | 0,15 máx | 0,10 máx |

En la figura N° 3 se muestra una de las probetas que ha sido impactada por un proyectil.

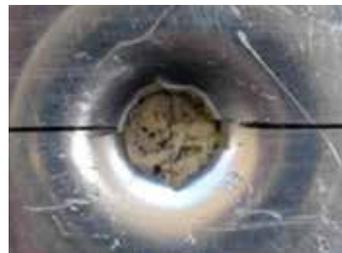


Figura N° 3: Probeta de aluminio sometida a impacto balístico.

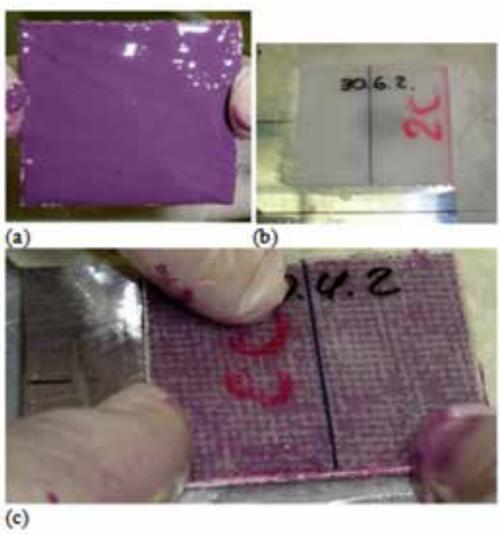


Figura N° 4: (a) Reparación de fibra de vidrio impregnada de adhesivo estructural; (b) Reparación terminada; (c) Aplicación del parche de fibra de vidrio.

En la figura N° 4 se muestran distintos aspectos del proceso de reparación. En primer lugar, en (a) se muestra un parche de fibra de vidrio impregnado de adhesivo estructural, listo para ser aplicado. En (b) se muestra la reparación ya terminada y en (c) el momento en que se adhiere el parche a la lámina de aluminio.

### Modelo empleado

Se han ajustado las curvas S-N a través de un modelo hiperbólico al que se ha supuesto con una asíntota en el eje vertical que corresponde al límite de fatiga, de la siguiente forma:

$$(S - a)N^m = B \tag{1}$$

En que S es el esfuerzo aplicado, N es el número de ciclos para generar un crecimiento de grieta desde 3 hasta 18 mm (15 mm de crecimiento), a es el valor asíntótico hacia el cual tiende el esfuerzo cuando el número de

ciclos tiende a infinito, B y m son constantes que dependen del material, de la razón de cargar y de la geometría de la probeta. Si R y la geometría se mantienen fijas, dichas constantes solo dependerán del material. A su vez, los valores de m y B se obtienen ajustando por el método de los mínimos cuadrados la recta obtenida a partir de ln(S-a) versus lnN. La letra B corresponde a la ordenada al origen en tanto que m corresponde a la pendiente, representando de esta manera una especie de límite de fatiga, que en este trabajo se llamará esfuerzo asíntótico.

Se trazó  $\log(S - a)$  en función de  $\log N$  y dado que el valor de a no se conocía de antemano. Se encontró el valor que minimizara el coeficiente de correlación entre ambos valores, utilizando la herramienta de optimización "solver" de Excel.

### Resultados

#### Ensayos de fatiga

A través del procedimiento descrito en la sección precedente se ha efectuado el ajuste de los datos experimentales obtenidos, calculándose en cada caso los valores de los esfuerzos asíntóticos (a en la ecuación 1), con el fin de realizar una comparación entre las distintas formas de reparación: una, dos y tres capas.

En la figura N° 5 se muestran los resultados de las curvas S-N (esfuerzo-número de ciclos) para la probeta impactada y no reparada. El valor de esfuerzo asíntótico obtenido para este caso es de 56,5 MPa, encontrándose experimentalmente que a un esfuerzo de 76 MPa, se requieren de 383.400 ciclos para producir un avance de 15 mm en la grieta.





Para el caso de una reparación hecha con una capa de fibra, el valor del esfuerzo asintótico fue de 56,5 MPa, análogo al encontrado en el caso de sin reparación, lo que demuestra que en el rango de alto número de ciclos, el efecto de la reparación en el mejoramiento a la respuesta a fatiga es pequeño. Sin embargo, en el rango de esfuerzos moderados, la contribución a la mejora en la respuesta a fatiga es significativa, lo cual queda de manifiesto por el corrimiento hacia la derecha y hacia arriba de la curva, en relación con la obtenida sin reparación, ver figura N° 6. En el rango de bajos esfuerzos se requiere de 2.127.000 ciclos para producir un incremento de 15 mm en la longitud de la grieta.

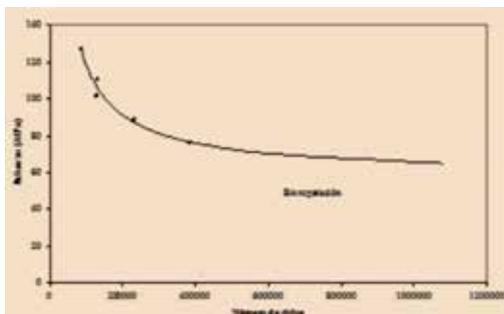


Figura N° 5: Curva S-N para la probeta impactada y no reparada.

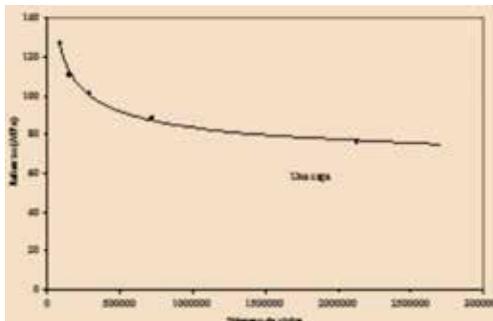


Figura N° 6: Curva S-N para el caso de una reparación hecha con una capa de fibra de vidrio.

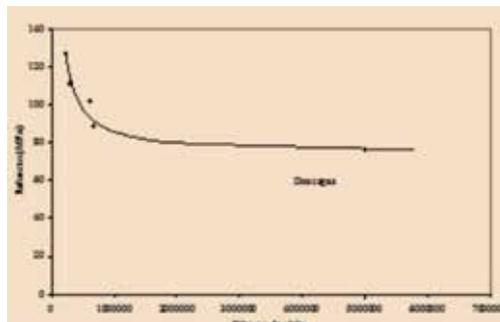


Figura N° 7: Curva S-N para el caso de una reparación hecha con dos capas de fibra de vidrio.

En la figura N° 7 se muestran los resultados correspondientes a la reparación con dos capas de fibra, obteniéndose para este caso un valor de 74 MPa para el esfuerzo asintótico. Con esto se demuestra la utilidad de esta reparación en mejorar la respuesta a fatiga de las probetas reparadas de esta manera. En el rango de bajos esfuerzos se requieren 5.798.000 ciclos para producir un incremento de 15 mm en la longitud de la grieta.

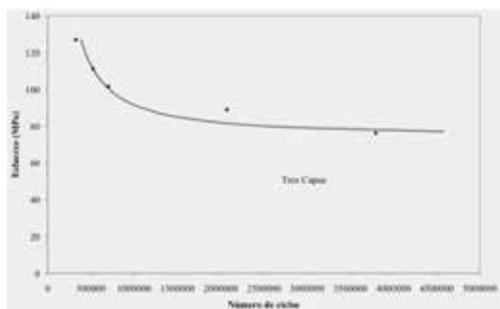


Figura N° 8: Curva S-N para el caso de una reparación hecha con tres capas de fibra de vidrio.

En la figura N° 8 se muestran los resultados obtenidos para una reparación hecha de tres capas de fibra, observándose solo una leve mejora respecto del caso de dos capas. El valor del esfuerzo asintótico fue coincidente con el del caso de dos capas, es decir, 74



MPa y el número de ciclos necesario para generar un crecimiento de grieta de 15 mm a bajo esfuerzo fue de 3.795.000, menor al obtenido en el caso de dos capas. Sin embargo, el efecto global sigue siendo una leve mejora en la respuesta a fatiga, tal como puede apreciarse en la figura N° 9, en la que se resumen los resultados correspondientes a las tres reparaciones.

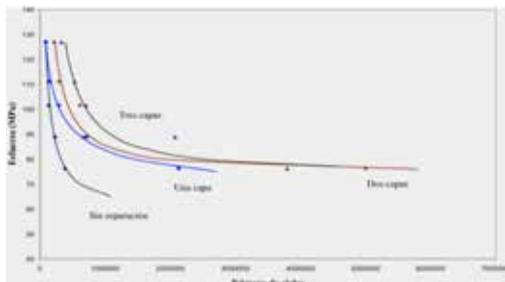


Figura N° 9: Curva S-N para los cuatro casos estudiados.

### Microscopía electrónica de barrido

Se realizó un estudio de las superficies de fractura de las probetas tanto sin reparar como reparadas.

En la figura N° 10 se muestra un aspecto de la superficie de fractura correspondiente a la zona de preagrietamiento. Se puede observar muchas microfisuras de carácter secundarias (óvalo) que crecen en forma paralela a las cargas de tracción de la probeta, además contiene una gran cantidad de zonas de clivaje, lo que indica que la fractura fue principalmente frágil. Por otra parte se aprecia la presencia de partículas de  $CuMgAl_2$  (círculo).

En la figura N° 11 se muestra la superficie de fractura asociada al inicio de grieta, pudiéndose observar que existen zonas porosas, micro-cavidades (óvalo), lo que da

cuenta de una microdeformación de carácter dúctil. Se aprecia descohesión de partículas (círculo) de la matriz debido a las cargas aplicadas y a la baja fuerza de cohesión de dichas partículas con la matriz. Además se observa la existencia de dimples (B) lo que indica que una parte de la fractura ocurrió por la coalescencia de microcavidades. Sin embargo, mayoritariamente se aprecian zonas de clivaje (A), lo que sugiere que la fractura ocurrió principalmente por descohesión de partículas, siendo la fractura de tipo dúctil-frágil desde el punto de vista microscópico y frágil desde el punto de vista macroscópico.

Figura N° 10: Zona de pre-agrietamiento, a 1500X.

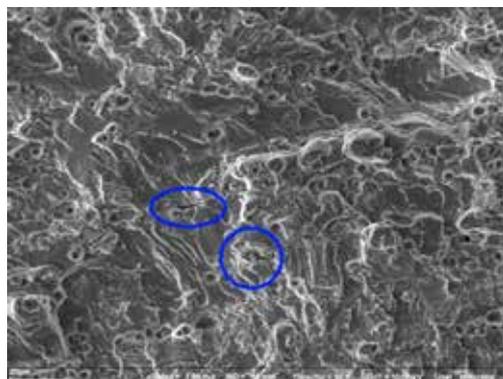
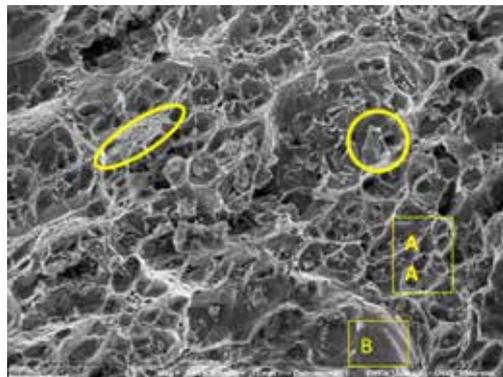


Figura N° 11: Zona de inicio de grieta, a 1500X.





En la figura N° 12 se aprecia una superficie irregular y la presencia de cavidades alargadas en el sentido de la deformación, lo que está de acuerdo con el estado de cargas aplicado, ya que esta zona corresponde a la fracturada por el impacto del proyectil y específicamente a la zona en que el proyectil desgarró el material. Esta zona resistió los esfuerzos de corte que generó el proyectil debido a su paso por el material y a la posterior salida, provocando el desgarro observado.

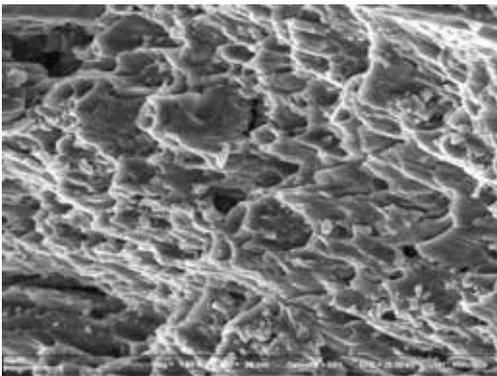


Figura N° 12: Zona de corte por impacto de proyectil, a 1500X.

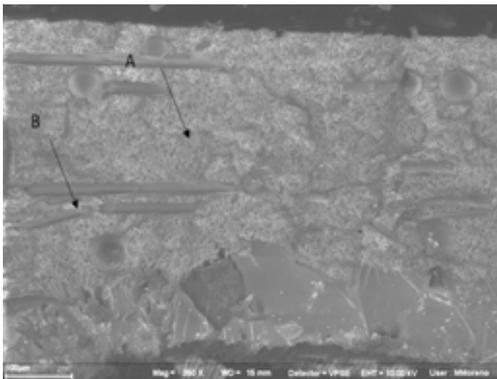


Figura N° 13: Zona de la reparación agrietada, a 350X.

La zona de la reparación agrietada se muestra en la figura N° 13, pudiéndose observar el rompi-

miento de la matriz y corte de las fibras de vidrio a través de un micromecanismo frágil (en A y B). Además se aprecian fracturas secundarias de la matriz en distintas zonas, producto de la degradación por tensión y fatiga.<sup>[7-9]</sup>

## Conclusiones

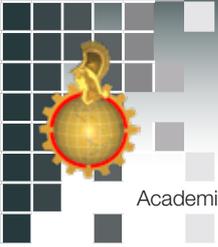
Se ha realizado un estudio de la resistencia a la fatiga de la aleación de aluminio 2024 T3, sometida a impacto balístico, estudiándose el efecto de reparaciones hechas a través del empleo de parches de fibra de vidrio.

Se encuentra que la respuesta a fatiga presenta una mejora en todos los casos estudiados, aunque el empleo de una reparación de doble capa es la que mejor resultado presenta.

En general se observa el desplazamiento de las curvas S- hacia arriba y hacia la derecha al incrementar el número de capas de cada reparación.

El empleo de reparaciones de impacto balístico mediante la utilización de reparaciones basadas en parches de fibra de vidrio se revela como una alternativa útil de reparación, debido a su sencillez de aplicación y a sus resultados positivos en términos de mejorar la respuesta a fatiga de la estructura.

El análisis por microscopía electrónica de barrido revela la presencia de un micromecanismo esencialmente frágil durante las etapas de pre agrietado por fatiga y durante el crecimiento de grieta estable. La superficie de fractura correspondiente a la zona de impacto revela la existencia de desgarro cortante, con un micromecanismo dúctil en algunas zonas y frágil en otras, apreciándose la presencia de numerosas cavidades (voids) orientados en el sentido de la deformación.



## Bibliografía

1. Castillo, L. Reparación de la aleación de aluminio 2024-T3 mediante parches de material compuesto. (Memoria Profesional). Santiago, Chile, APA. 2003.
2. Ojeda, A. Reparación de placas de aluminio agrietadas mediante parches de material compuesto y adhesivo (Memoria Profesional). Santiago, Chile. APA 2000.
3. Ojeda, J. y Mora L. Reparación de placas de aluminio 7075-T7351 agrietadas mediante parches de fibra de carbono. (Memoria Profesional). Santiago, Chile, APA. 2002.
4. Underwriters Laboratorios Inc., UL 752, "Equipo Resistente a Balas".
5. Parra R., "Influencia de los tratamientos superficiales en la vida útil a fatiga de aleaciones de aluminio aeronáutico", Tesis de Ingeniería, Chile, 2004.
6. ASM Speciality Handbook, Aluminium and Aluminium Alloys, 1998.
7. Gay, Daniel. Matériaux composites, 4ª Edición. Paris, Hermes, 1997.
8. Gibson, Ronald F. Principles of Composite Material Mechanics. Detroit, McGraw-Hill, 1994.
9. Jones, Robert M. Mechanics of Composite Materials. Dallas, McGraw-Hill, 1975.

## Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

CRL. (IPM) Jorge Kunstmann Casas, Ingeniero Politécnico Militar, mención Armamento.

MAY. (IPM) Álvaro Jofré Elorza, Ingeniero en Sistemas de Armas, mención Mecánica.

## Resumen



En el contexto del mantenimiento centrado en confiabilidad este artículo expone brevemente los conceptos de confiabilidad y los elementos de distribución de probabilidades a que está asociado. Además se trata sobre la definición de tiempo medio de fallas o entre fallas (MTTF o MTBF).

Se analiza conceptualmente los procedimientos de mantenimiento aplicados bajo el concepto de RCM en la aviación, que van desde las inspecciones de "tránsito" hasta el mantenimiento denominado "Gran Parada",

para luego contrastarlos mediante un análisis del contexto institucional, describiendo los niveles de mantenimiento definidos por nuestra reglamentación y lo que hoy se realiza respecto al sostenimiento del material acorazado (Leopard 2A4).

Para el caso de estudio de los motores generadores de la planta de procesos de Codelco, se presenta la secuencia en que se recolectan datos de operación, antecedentes del fabricante de los motores y que combinados con el nivel de disponibilidad deseada por la gerencia de la empresa, permitirán tomar





las decisiones de mantenimiento adecuadas para sostener una producción rentable y minimizar los costos por concepto de fallas en los sistemas y subsistemas componentes de dicha planta.

Finalmente, bajo la mirada de RCM, este artículo presenta una serie de interrogantes que cualquier organización debiera plantearse en forma obligatoria si su propósito es implementar un sistema de mantenimiento bajo esta metodología.

## Abstract

In the context of reliability centred maintenance (RCM), this paper outlines the concepts of reliability and elements of a probability distribution that is associated with this maintenance system.

Additionally it is on the definition of failure time or between failures (MTBF or MTTF).

Maintenance procedures applied under the concept of RCM in aviation, ranging from inspections "transit" to maintenance called "Great Parade" and then compare them by analysing the institutional context, describing maintenance levels are conceptually analysed defined by our regulations and what today is made as to the maintenance of armoured equipment (Leopard 2A4).

For the case study of the engines for the Codelco process plant, the sequence in which operating, data and background engine manufacturer, and which combined with the desired level of availability by management of the company are collected is presented they allow you to make maintenance decisions appropriate to sustain profitable production and minimize costs

for failures in systems and subsystems of the plant components.

Finally, under the gaze of RCM, this article presents a series of questions that arise in any organization should be mandatory if your goal is to implement a system of maintenance under this methodology.

## Introducción

En la actualidad, el mantenimiento centrado en confiabilidad es aplicado exitosamente en la aviación y ha sido implementada ampliamente en sectores industriales y de servicios, asegurando con ello maximizar las utilidades reduciendo considerablemente los costos asociados a la presencia de fallas en sus procesos. La presente investigación tiene por objetivo analizar el método de RCM mediante el estudio aplicado de un proceso productivo y rescatar esta experiencia para, luego de analizar el estado del arte al interior de la Institución, poder identificar las bases para la implementación de este tipo de mantenimiento y lograr con esto optimizar el estado operacional y de disponibilidad de los sistemas de armas para las operaciones militares.

## Descripción de la investigación

El objetivo principal es un análisis del método del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) basado en un ejemplo de la industria aeronáutica, enfocado principalmente en la identificación de los requerimientos, respecto de la operación segura y las condiciones que permitan desarrollar operaciones de vuelo, con el propósito de poder individualizar aquellos elementos, conceptos e ideas de interés que permitan ser utilizados e implementados en



el entorno institucional específicamente en el proceso de mantenimiento del material acorazado del Ejército.

Para lo anterior los autores se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- 1) Comprender las metodologías de análisis y determinación de confiabilidad, con la finalidad de establecer el marco de referencia para homologarlo a algún proceso de mantenimiento de la Institución.
- 2) Analizar un proceso RCM dentro de la industria (ejemplo de Codelco y caso de aeronáutica), para determinar aspectos de interés de aplicación en la realidad institucional, específicamente para el material acorazado.
- 3) Mediante el análisis de los datos disponibles de los procesos de mantenimiento institucionales realizar un diagnóstico actual del mantenimiento de los sistemas acorazados y confrontación respecto de la metodología de RCM.

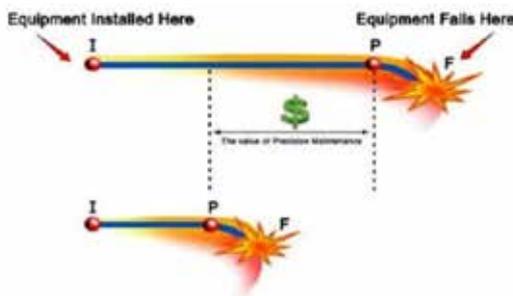


Figura N° 1: Desplazamiento de la falla con RCM.

### Análisis

En el contexto de las definiciones discutidas en los textos analizados, "Confiabilidad" es

hablar que una determinada "Distribución de Probabilidades" de algún evento de falla pueda ocurrir en el tiempo y dado cierto estado de funcionamiento, para un componente, sistema o subsistema de un ítem mayor o elemento constructivo (avión, carro blindado, cañón, etc.), la cual evidentemente es indeseable, dado el propósito para el cual este sistema diseñado y/o adquirido para una determinada función.

En este orden de ideas, analizar las definiciones y metodologías estudiadas para la determinación de la "Confiabilidad" la cual en términos prácticos intenta garantizar que el elemento permanecerá en buenas condiciones durante un período razonable de tiempo y que en consecuencia, parece ser un factor de análisis fundamental para el propósito del presente trabajo. Por lo tanto y tal como se define en los objetivos de la investigación, se realiza el análisis de las metodologías partiendo por las definiciones conceptuales de ellas y cuales proporcionan mayor cantidad de antecedentes para adoptar en una etapa posterior, acciones consecuentes de mantenimiento.

### La función de confiabilidad

La confiabilidad de un sistema o subsistema de un ítem mayor o elemento constructivo, es la probabilidad que este sobreviva un tiempo "t", dado que este no ha fallado en el tiempo cero cuando se ha utilizado bajo condiciones especificadas. Esta probabilidad está dada por la siguiente ecuación de confiabilidad.

$$R(t) = P(T \geq t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

Ecuación (1.1)

$$R(t) = 1 - F(t)$$



Expresada en términos de su tasa de fallas en un tiempo “t”, luego se deduce que la temporalidad del análisis respecto de las fallas producidas, se caracteriza como un elemento esencial de esta expresión matemática. La ecuación que representa la confiabilidad en función de la tasa de fallas es la siguiente:

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t h(y) dy\right)$$

Ecuación  
(1.2)

Para el empleo de estas ecuaciones y en general para el análisis de “Probabilidades”, es necesario contar con colecciones de datos, intervalos de tiempo de funcionamiento del ítem y como consecuencia, cantidad de fallas, aspecto relevante para la aplicación de esta teoría.

Lo anterior aunque pareciera ser una afirmación irrelevante, sin embargo, forma parte de las condiciones de análisis del presente estudio, la cual se verá más adelante, en el contexto de estudio del entorno institucional.

### Mean Time to Failure (MTTF) o Between Failures (MTBF)

Parámetro que entrega un valor efectivo para una operación esperada denominada “libre de fallas” y también entrega la base para estimar el número de fallas en un período dado de tiempo. A pesar que un ítem pueda ser desechado después de la falla y su vida media, caracterizada por MTTF, puede ser significativo indicar la confiabilidad del sistema en términos de MTBF si el sistema se recupera después de la falla del ítem. Esta también es una definición básica que en el entorno institucional se maneja conceptualmente pero en la práctica no se encuentra suficientemente arraigada.

### Análisis de contexto en la industria aeronáutica

El mantenimiento en la aviación debe ser siempre programado. Este se divide en tres categorías distintas que cubren inspecciones determinadas, cuyos intervalos y tareas son progresivamente más extensos. Primero, se desarrolla un mantenimiento en línea dividido en tres inspecciones, tránsito, diaria y revisión S.

La inspección de “Tránsito” es un chequeo rápido que se realiza siempre antes de cada vuelo y lo más cerca posible de la salida del avión para comprobar el estado general del mismo, daños estructurales, servicio a la aeronave, entre otras.

La inspección “Diaria” es una revisión que se debe realizar antes del primer vuelo del día, sin exceder en ningún caso las cuarenta y ocho horas entre chequeos. En ella se comprueba el estado general del avión, pero se considera un tiempo adicional para diseñar una acción correctiva si fuera necesario.

La “Revisión S”, se realiza cada cien horas de vuelo. Durante la misma se comprueban todos los aspectos relacionados con la seguridad del avión y su entorno, se desarrollan instrucciones específicas, se corrigen posibles anomalías y se realiza un servicio de mantenimiento al avión, con comprobación de los niveles de fluidos necesarios para el vuelo.

Las aeronaves se someten luego al llamado “Mantenimiento mayor”, con el que se cubre completamente el programa de inspección estructural, el cual considera inspecciones interiores y exteriores de todos los elementos estructurales.



Finalmente, está el mantenimiento comúnmente denominado “Gran parada” que implica en ocasiones realizar trabajos en el avión tales como quitar por completo la pintura exterior del aparato (para detectar posibles fisuras y posibles fuentes de corrosión en el fuselaje), el cambio de motores (cuando estos han cumplido con el ciclo de vida), cambiar trenes de aterrizaje cuando están desgastados y cambiar los mandos de vuelos cuando se considera necesario. Además se incluyen pruebas funcionales dentro de las cuales se encuentra un vuelo de pruebas.<sup>1</sup>

El objetivo de la “Gran Parada” es inspeccionar al detalle todos los elementos o herramientas que conforman la estructura del avión y comprobar el cumplimiento de las exigencias requeridas para la confirmación del buen estado de todos los aparatos. El buen estado técnico del avión garantiza en gran medida la seguridad del vuelo.<sup>2</sup>

La descripción de los procedimientos anteriores en gran medida permiten un monitoreo de las condiciones, las que se pueden verificar tanto como en un “mantenimiento correctivo” como en uno “predictivo”, y se aplican para las piezas que muestran deterioro con el tiempo. En el mantenimiento correctivo se considera, por ejemplo, la falla en ampolletas del interior del avión (que se cambia solo cuando deja de funcionar), pero no se puede usar cuando se habla de los discos de las turbinas, pues una falla de ellos compromete la seguridad del avión y además su reparación conlleva costos muy elevados.

El RCM está regido internacionalmente por normas que definen como debe ser aplicado y desarrollado. Las normas que se pueden aplicar al ámbito aeronáutico fueron desarrolladas por “United Airlines” y la Fuerza Aérea

Norteamericana (USAF). A continuación se presenta una tabla en la que están las normas más importantes al momento de desarrollar una metodología RCM.

| Norma   |
|---|
| Handbook Military Standard 2173-Enero 1986      |
| Manual de Stanley Nowlan y Howard Heap RCM-1978 |
| MoSG2 y MSG3-1980                               |
| Manuales de John Moubray-ALADON                 |
| Norma Británica Terotecnología (TPM-RCM)-BS3811 |
| SAE JA 102                                      |

Tabla N° 1 Principales normas RCM en aviación.

## Análisis del contexto institucional

Mediante el empleo integrado de técnicas de gestión de mantenimiento que permiten efectuar revisiones, prever las averías, reparaciones y fijar normas de buen funcionamiento a los usuarios de los cargos, con el propósito de mantener la vida útil prevista para el material y administrar su proceso de degradación hasta el retiro de los Sistemas de Armas, incorporando, además, el concepto de calidad se constituye en el Ejército de Chile un sistema de técnicas y estrategias de mantenimiento, las cuales están definidas por niveles que son los que a continuación se describen:

### Nivel preventivo

Consiste en la realización sistemática de una inspección, detección y prevención de fallas; es un mantenimiento ejecutado por los operadores y supervisado por personal calificado en los diferentes tipos de materiales, típicamente las listas de operación e inspección de mantenimiento (LOMs y LIMs). Definido como estrategia general, para diferentes líneas de sistemas de Armas.



## Nivel conservativo programado

Este nivel busca impedir la ocurrencia de fallas mediante inspecciones y servicios periódicos que dispone el fabricante, que permiten la determinación y corrección de fallas menores, antes de que estas causen daños mayores. Este nivel incluye los defectos que permanecen no detectados y, por ende, sin tratamiento, a pesar de la ejecución del mantenimiento preventivo. Incluye en su ejecución dos actividades: listas de inspección de mantenimiento LIM 2 y LIM 3, que difieren respecto de su aplicación en el tiempo y haciendo un símil con industria aeronáutica se establece bajo un criterio de ciclos de utilización. En este caso se aplica por temporalidad. Este proceso se materializa con aquellos sistemas de armas recientemente incorporados como asimismo, para los antiguos.

## Recuperativo básico

Corresponde a las tareas de mantenimiento que busca corregir la(s) falla(s) del material y sistemas de armas, es decir, se reacciona ante el desperfecto mediante el intercambio directo. Obedece a un mantenimiento no programado, orientado a recuperar el material y sistemas de armas que ha perdido su condición de operabilidad. Este nivel es ejecutado por los técnicos (mecánicos), ya sea de la unidad de mantenimiento regimentaria o externalizado. Este proceso es fuertemente dependiente de las condiciones de utilización y/o eventos no planificados de mal funcionamiento o deterioro como consecuencia de la ejecución de las tareas de instrucción y entrenamiento.

## Recuperativo integral

Comprende las tareas de mantenimiento correctivo del material y sistemas de armas

que demandan la solución de una falla técnica que requiere de destrezas y equipamiento industrial específico. Se programa con la intención de: 1) Mejorar tecnológicamente el material o sistema de armas (*up grade*) y reducir averías. 2) Identificar los “puntos débiles” del material y hacer mejoras tecnológicas en el diseño para eliminarlas (administración de la configuración, metodología ampliamente utilizada en aeronáutica). 3) Realizar una revisión integral (*over-haul*) y restaurar el material o sistema de armas hasta llevarlo a una condición denominada “Cero fallas”.

En el caso específico de algunos sistemas acorazados, dentro de los cuales se encuentra el MBT Leopard 2A4, estos han sido mantenidos desde su incorporación a la institución (2008) por FAMA, mediante contratos de “disponibilidad” que exigen un determinado porcentaje de condición de operabilidad durante períodos anuales, que además incluye la ejecución de mantenimientos conservativos programados (nivel definido anteriormente), conforme a los requerimientos de la Institución y otro contrato de “No Disponibilidad”, que se hace cargo de las fallas de funcionamiento y/o pérdida de funcionalidades de los sistemas de armas.

Con este esquema general de planificación del mantenimiento, y al igual que en el contexto de la aviación comercial, existe una estructura de mantenimiento que persigue los propósitos de mantener y conservar durante el tiempo y con el mínimo de pérdidas de funcionalidades los sistemas y subsistemas de los componentes de los SAs. Sin embargo, en el caso del Ejército de Chile y la estrategia de mantenimiento elegida para el material acorazado (Leopard 2A4), no contempla una metodología coherente con RCM, debido fundamentalmente a que se utiliza el concepto de ejecución del



mantenimiento por temporalidades o períodos, no existiendo a la fecha un enfoque basado en los preceptos de RCM.

En este mismo orden de ideas, y dada la utilización del citado material, se han desarrollado una serie de estudios y análisis que en forma preliminar han determinado efectos y causas que dificultan el nivel operacional de este material lo cual se presenta a continuación:

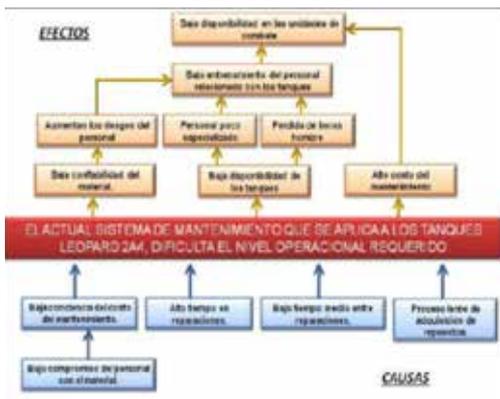


Figura N° 2: Árbol de causas y efectos, material Leopard 2A4.

Este contexto analítico permite determinar algunas conclusiones básicas que enfocan la problemática del mantenimiento respecto del lento proceso de adquisición de repuestos, lo que por diferentes circunstancias (reducida capacidad de acceso a la fuentes de abastecimiento, restricciones en el presupuesto), permite inferir que al no tener un detallado análisis de prioridades y modos o efectos de fallas, no es posible priorizar y menos determinar stocks críticos de repuestos para la reparación de determinados sistema o grupos constructivos que al fallar, determinan la no disponibilidad del tanque (sistema de frenos de embrague y circuitos de presión hidráulica para movimiento de la torre).

### Ejemplo de aplicación de RCM<sup>4</sup>

Para el sistema de “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” aplicado a los motores generadores de la planta de procesos en Codelco División Andina, provistos de motores Detroit de la serie 149, de 2 tiempos, 16 cilindros en V, separados en dos bloques de 8 cilindros cada uno. Su función es producir la potencia necesaria para accionar un generador que abastece de energía eléctrica a los equipos críticos de la planta de procesos en situaciones de emergencia eléctrica y cogenerará en los períodos de “horario punta” durante los meses de invierno.

Mediante la determinación de los parámetros de operación, se especifica el funcionamiento esperado y la capacidad inicial de su servicio, para ser capaz de rendir más que el parámetro mínimo de funcionamiento deseado por el usuario, o sea rendimiento.

Sobre la base de esta definición y sumado a las definiciones de entorno operacional, capacidades bajo y sobre funcionamiento deseado, ciclos de trabajo, tipos y modos de fallas, se dan las condiciones de la estructura de análisis básica para aplicación de RCM.

Terminado este proceso se inicia el análisis estadístico de datos de rendimiento de los equipos, en este caso para tres motores generadores, que se encuentran operando desde el 2003 y que entregan energía al SIC, con el fin de mantener el suministro eléctrico de las cargas consideradas como críticas en el proceso de producción. También son empleados para el abastecimiento eléctrico de iluminación de emergencia y ventilación de la planta.

Los costos asociados al mantenimiento:



|         | 2003          | 2004         | 2005         |
|---------|---------------|--------------|--------------|
| Motor 1 | \$ 2.264.702  | \$ 3.140.089 | \$ 475.218   |
| Motor 2 | \$ 23.86.668  | \$ 3.475.125 | \$ 860.503   |
| Motor 3 | \$ 30.360.741 | \$ 3.535.273 | \$ 1.208.026 |

$$DISP = R(t)$$

$$DISP = \frac{T. total oper - T. fuera serv}{T. total oper} \quad \text{Ecuación (1. 3)}$$

$$DISP = R(t) = \frac{365 \text{ días} - 7 \text{ días}}{365 \text{ días}}$$

$$DISP = 98,08 \%$$

Tabla N° 2: Costos de mantenimiento.

| Disponibilidad por motor |       |         |
|--------------------------|-------|---------|
| Año                      | Motor | Disp. % |
| 2003                     | N° 1  | 98.08   |
|                          | N° 2  | 89.31   |
|                          | N° 3  | 73.97   |
| 2004                     | N° 1  | 98.08   |
|                          | N° 2  | 97.80   |
|                          | N° 3  | 97.53   |
| 2005                     | N° 1  | 99.45   |
|                          | N° 2  | 99.45   |
|                          | N° 3  | 99.17   |

Tabla N° 3: Porcentaje de disponibilidad por motor.

Sobre la base de los datos presentados se determina el tiempo medio entre fallas MTBF, para los dispositivos de protección de los motores. Se calcula este parámetro “solo” a aquellos dispositivos en los cuales la pérdida de su función podría llevar a fallas graves del motor, los cuáles son: 1) Sensor de alta temperatura de refrigerante, 2) Sensor de baja presión de aceite lubricante, 3) Sensor de alta presión de cárter y 4) Sensor de sobre revoluciones.

$$MTBF = \frac{\text{area pres cárter} \times \text{horómetro}}{N^{\circ} \text{ fallas sensor}}$$

$$MTBF = \frac{3 \text{ sensores} \times 2.056 \text{ h}}{2 \text{ fallas}} \quad \text{Ecuación (1. 4)}$$

$$MTBF = 3.084 \frac{\text{h sensor}}{\text{falla}}$$

| Sensores                         | N° Sensores | Horómetros motor (al 31-08-2009) |       |       | falla | MTBF  |
|----------------------------------|-------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                  |             | N° 1                             | N° 2  | N° 3  |       |       |
| Alta presión de cárter           | 3           |                                  |       |       | 2     | 3.084 |
| Alta temperatura de refrigerante | 6           | 2.107                            | 2.227 | 2.056 | 3     | 4.112 |
| Baja presión de aceite           | 6           |                                  |       |       | 2     | 6.168 |
| Sobre-revoluciones               | 3           |                                  |       |       | 1     | 6.168 |

Tabla N° 4: Cuadro de fallas registradas.

Durante la operación de emergencia y la cogeneración, los grupos generadores trabajan en configuraciones de dos; esto es: GG1-GG2; GG1-GG3 y GG2-GG3.

A continuación se muestra el resumen de los cálculos de MTBF hechos en serie y en paralelo.

| MTBF                             | Config. GG1-GG2 |          | Config. GG2-GG3 |          | Config. GG1-GG3 |          |
|----------------------------------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
|                                  | Serie           | Paralelo | Serie           | Paralelo | Serie           | Paralelo |
| Alta presión de cárter           | 6500            | 1623     | 6424            | 1603     | 6244            | 1560*    |
| Alta temperatura de refrigerante | 8668            | 2165     | 8566            | 2138     | 8326            | 2081     |
| Baja presión de aceite           | 13002           | 3248     | 12849           | 3207     | 12489           | 3121     |
| Sobre-revoluciones               | 13002           | 3248     | 12849           | 3207     | 12489           | 3121     |

Tabla N° 5: Resumen cálculos de MTBF efectuados en serie y paralelo.

a) En Serie:

$$MTBF = MTBF(GG1) + MTBF(GG2)$$

$$MTBF = 3.160 + 3.340 \quad \text{Ecuación (1. 5)}$$

$$MTBF = 6.500 \frac{\text{h sensor}}{\text{falla}}, \text{ en serie}$$

b) En Paralelo:

$$\frac{1}{MTBF} = \frac{1}{MTBF(GG1)} + \frac{1}{MTBF(GG2)}$$

$$\frac{1}{MTBF} = \frac{1}{3.160} + \frac{1}{3.340} = 0,000616 \quad \text{Ecuación (1. 6)}$$

$$MTBF = \frac{1}{0,000616}$$

$$MTBF = 1.623 \frac{\text{h sensor}}{\text{falla}}, \text{ en paralelo}$$

Aplicando este análisis para cálculos de MTBF (serie y paralelo) se obtiene que en



paralelo hay menos tiempo entre intervalos de falla y por eso se adopta este valor para programar los intervalos de búsqueda de falla. De esta manera, nos dará la frecuencia de las tareas para búsqueda de fallas en los dispositivos de seguridad, calculado en base al MTBF de ellos, dato que fue proporcionado por el fabricante del motor y la disponibilidad que desea la compañía de ellos, con un cálculo de horas para realizar tareas para búsqueda de fallas que se presenta a continuación, con la tabla de cálculos específicos para los componentes críticos analizados.

$$FFI = 2 \times (100\% - \text{Disp } \%) \times \text{MTBF}$$

$$FFI = 2 \times (100\% - 99 \%) \times 1.560^* \quad \text{Ecuación (1. 7)}$$

$$FFI = 31,2\%$$

Esto significa que dentro 1.560 horas, cada 486 horas (equivalentes al 31,2%) se deberán realizar las tareas de búsqueda de fallas.

| Sensor                           | Disp. deseada (%) | MTBF  | FFI (%) | FFI (Hrs) |
|----------------------------------|-------------------|-------|---------|-----------|
| Alta presión de carter           | 99                | 1.560 | 31,20   | 486       |
| Alta temperatura de refrigerante | 99                | 2.081 | 41,62   | 866       |
| Baja presión de aceite           | 99                | 3.121 | 62,42   | 1.948     |
| Sobre-revoluciones               | 99                | 3.121 | 62,42   | 1.948     |

Tabla N° 6: Tiempos para búsqueda de fallas según MTBF.

Con el levantamiento de los datos anteriores se tiene la base del análisis de fallas, con la determinación de los tiempos en los cuales se deben adoptar tareas de revisión, control, etc., luego de los cuales, conforme a la estructura de RCM, es ne-

cesario conformar la estructura de “Grupo de Análisis”, cuyo objetivo es contar con un equipo de personas que puedan proveer toda la información acerca del equipo en cuestión (operador, supervisor, técnico y el líder o facilitador).

El grupo de trabajo entre otras responsabilidades debe efectuar el análisis de los modos y efectos de falla, selección de las actividades de mantenimiento, nivel de análisis de modos de falla y llevar el registro de los resultado del análisis para, finalmente, estructurar las hojas de información de RCM, donde quedará registrada la descripción de funciones, la pérdida de la función (total o parcial), las causas y las consecuencias de la falla. Las funciones son enumeradas en orden de importancia, o primarias y secundarias. Las funciones y los modos de falla son registrados numéricamente mientras que las fallas funcionales son registradas mediante letras, como se muestra a continuación en el siguiente ejemplo.

| Hoja de información RCM | Sistema / Activo   | Sistema N°                        | Hoja  |    |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|---|----|
|                         | Sub-sistema/ Comp. | Sub-sistema N°                    | Fecha   | De |
| Función                 | Falla Función      | Modo de falla (causa de la falla) | Efectos de las fallas (qué sucede cuando falla) |    |

Tabla N° 7: Hoja de modo y efectos de falla.

### Análisis del RCM

De acuerdo a lo analizado en los puntos anteriores, se puede identificar el proceso de obtención de data para la aplicación del mantenimiento RCM, buscando la preser-



vacación del funcionamiento del sistema por sobre la del equipo, mediante la aplicación de acciones de mantenimiento viables y efectivas. La aplicación de esta metodología es dada por el hecho que normalmente, hay más de un modo de falla asociado con una función particular del sistema, para esto es fundamental el desarrollo de los árboles de fallas, análisis FMECA y otras herramientas de determinación de confiabilidad para los equipos o sistemas que se requiere mantener.

En este sentido el RCM establece que todo tipo de acción de mantenimiento es válida y genera pautas para decidir cuál es el mecanismo más adecuado en cada situación, permitiendo asegurar que el tipo de mantenimiento escogido, para cada equipo sea el más adecuado y evitar los problemas que genera la adopción de una "política general de mantenimiento" para toda una organización.

La aplicación de procesos RCM dentro de cualquier organización cumple con el propósito de responder obligatoriamente a siete preguntas en una secuencia ordenada como sigue:

1. ¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento del equipo en su contexto operativo?
2. ¿En qué formas no puede cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Qué ocasiona cada una de las fallas funcionales?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿Qué ocurre si falla?

6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de labores)?

7. ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada (acciones por defecto)?

## Conclusiones

El RCM se presenta como un elemento organizativo de gran valor para adoptar decisiones respecto de la optimización de acciones de mantenimiento para sistemas y equipos, mediante la incorporación de las metodologías de análisis, cálculo de la confiabilidad y disponibilidad operativa, herramientas que complementan y potencian el desempeño de esta herramienta, estableciendo un marco de referencia que determina el grado de complementariedad con respecto a RCM.

Del caso de estudio de un proceso RCM dentro de la industria (Codelco), para determinar aspectos de interés de aplicación en la realidad institucional, específicamente para con el material acorazado. Particularmente en relación con los antecedentes del sistema de mantenimiento aplicado a los motores generadores de Codelco, se pudo presentar en forma sucinta y compacta la forma en cómo se obtienen los datos y la manera como estos fueron utilizados para demostrar los consecutivos proceso hasta llegar progresivamente a las hojas de funciones, modos de fallas, frecuencias y responsabilidades en las actividades de mantenimiento. Todo lo anterior con la activa participación de los grupos de expertos, método que es claramente aplicable a la realidad institucional.



Mediante un acotado análisis de los procesos de mantenimiento institucionales para los sistemas acorazados y correlacionándolos respecto de la metodología de RCM, se puede concluir que la estrategia adoptada en términos generales obedece a un planteamiento de una estructura de mantenimiento basada en la temporalidad de la ejecución de acciones de mantenimiento y no respecto de otras acciones más específicas como las que sugiere RCM.

Si bien es cierto, que se ha indicado que es en teoría posible la aplicación de RCM en el ámbito institucional, es necesario establecer y determinar la organización, los recursos humanos disponibles de la forma más conveniente y acertada, para la definición y configuración de los "grupos de expertos", quienes son por naturaleza de esta metodología, los que podrán hacer la diferencia en la aplicación de esta herramienta dentro de la institución.

## La importancia de la relación señal de ruido en la adquisición de un equipo de visión nocturna.

### Resumen



La visión nocturna en la guerra moderna tiene aplicaciones, desde su uso en tropas a pie, fuerzas especiales, aeronaves tripuladas y no tripuladas y en acciones navales, por lo que con el tiempo la visión nocturna se ha incorporado de tal forma que ha podido transformar la noche en día.

### Bibliografía

Handbook Military Standard 2173 - Enero 1986, Manuales de John Moubray - ALADON, Revista Ibérica, 2007.

FAP 2000 Instructions for use with Autopilots.

Definido por el RDL 20003 "Reglamento de Mantenimiento" como un estado que sigue el objetivo de conservar las capacidades técnicas del material y equipos durante el período de su vida útil, por la necesidad de asegurar el eficiente funcionamiento de los sistemas de armas y equipos que utiliza la fuerza.

Aplicación del RCM en motores Detroit 16v-149ti en Codelco División Andina, tesis de título Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela Ingeniería Civil Mecánica.

MAY. (IPM) Rodrigo Andrés Baker Weiss, Ingeniero en Sistemas de Armas, mención Comunicaciones. Magister en "Gestión Estratégica de Organizaciones". Sr. Carlos González González, IDIC, Técnico Electrónico, Universidad Federico Santa María.

En lo que respecta a la definición de un equipo de visión nocturna, uno de los factores que cobra relevancia debido a las tecnologías existentes es el tipo del fotocátodo con el cual está construido el tubo intensificador, elemento que permite transformar la poca luz del entorno en electrones, ya sea por medio de un fotocátodo de arseniuro de galio o uno multicalcino, dado que ambos cumplen



una misma función pero de diferente forma, lo cual hace imposible su comparación al momento de definir qué equipos cumplen con aquellas prestaciones que se requiere para la tropa.

En el presente trabajo serán presentados los parámetros que influyen al momento de definir qué características deben ser consideradas y evaluadas cuando se debe elegir el correcto visor nocturno para la tropa, centrando el análisis en la relación señal de ruido.

## Abstract

Night vision has many applications in modern war, it can be used by land, naval and an air troop, that's the reason way with the incorporation of night vision, could transform night into day.

When we would like to determinate which equipment of night vision is the ideal for our troops, photocathodes are one of the factors that we have to analyze due the different technologies of how manufactures build it inside a night vision tube, it aloud to transform light into electrons, due an arseniuro of galio or multi/alkaline photocathodes, both do the same functionality but in a different way, now because works different it is impossible to compare directly from equipment to equipment.

Here we will present what are the most important parameters in order to be able define the right night vision goggle for troops centered on signal to noise characteristics.

## Introducción

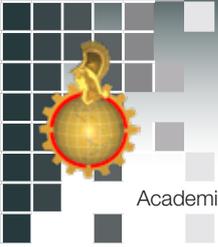
La visión nocturna inicia su desarrollo a finales de la década de los treinta a nivel

de laboratorio y es introducida al campo militar en el período de la Segunda Guerra Mundial. Los primeros desarrollos operaban en la banda del cercano infrarrojo y se requería de un pequeño emisor infrarrojo como fuente de luz.

Al inicio de la sexta década del siglo veinte, se desarrollan los primeros visores nocturnos pasivos (no requieren un iluminador). A estos equipos, se les denominó primera generación, sin embargo presentaban importantes limitaciones, por su alto consumo eléctrico, gran tamaño, bajo nivel de la relación señal a ruido, baja resolución y alta distorsión, resultado del acoplamiento de múltiples etapas, necesarias para lograr la ganancia requerida.

Durante la década de los setenta se desarrolla la placa de microcanal, lo que permite eliminar las múltiples etapas de amplificación y alcanzar altas ganancias, mejorando notablemente los parámetros indicados anteriormente e incrementando positivamente la vida útil de los tubos. Por otra parte se reduce el tamaño y peso de los equipos haciéndoles más cómodos y transportables.

A principio de los años ochenta se desarrolla la tercera generación de tubos intensificadores de imagen, que básicamente difieren de la generación anterior, por el remplazo del fotocátodo de compuestos alcalinos, por un nuevo fotocátodo en base a arseniuro de galio y paralelamente se mejora la placa de microcanal mediante el empleo de nuevos materiales y procesos de fabricación, lo que redundo en una mayor eficiencia y una mejora sustancial de todos los parámetros de los tubos.



## Arquitectura típica de los visores nocturnos actuales

La arquitectura de los actuales visores nocturnos está constituida por una lente objetivo, un tubo intensificador de imagen, un ocular, todo montado en un contenedor adecuado que además incluye un compartimento para las baterías, un alojamiento donde se ubica la tarjeta electrónica de control, el interruptor y otros componentes y accesorios de acuerdo a las funciones adicionales que puede realizar cada modelo en particular. El tubo por su parte, cuenta con un cátodo de materiales alcalinos o arseniuro de galio, según sea el tubo de segunda o tercera generación, además internamente el tubo cuenta con una placa de microcanal y una pantalla de fósforo, donde se hace visible la imagen con mayor intensidad lumínica. Todas las partes que constituyen el tubo se encuentran al interior de una ampolla de vidrio al vacío.

tudes de onda que son de interés para esta aplicación. Gran parte de los fotones de la fuente de luz que chocan con los cuerpos a observar, rebotan en las superficies de los mismos y parte de los fotones llegan a la lente objetivo, por medio de la cual son debidamente enfocados, formando la imagen sobre el fotocátodo del tubo intensificador. El impacto de los fotones sobre el fotocátodo genera la liberación de electrones como consecuencia del efecto fotoeléctrico, es decir, la energía del fotón al impactar un átomo incrementa la energía de un electrón de la última órbita del átomo permitiendo que este salte a un nivel de mayor energía, al no existir este nuevo nivel en el átomo, el electrón queda fuera de él, estableciéndose como electrón libre y formando una nube espacial de electrones. Este electrón libre es atraído por la placa de microcanal, por efecto del campo eléctrico que la polariza.



Figura N° 1: Presentación de Photonic, fabricante de tubos de intensificador nocturno.

## Funcionamiento de un visor nocturno típico

La luz ambiente nocturna, cuya fuente por lo regular son las estrellas, es de naturaleza difusa y de baja intensidad y cubre la totalidad del espectro electromagnético de la luz visible y del infrarrojo cercano, longi-

La placa microcanal a su vez, está constituida por pequeños cilindros huecos, estos cilindros tienen una gran resistencia eléctrica entre sus extremos longitudinales, característica que posibilita establecer una gran diferencia de voltaje entre sus extremos, por tanto, al polarizar dichos cilindros con elevados voltajes (4.000 voltios), se establece una gradiente de potencial al interior del microtubo, que podemos imaginar como una sucesión de pequeños anillos, en que el voltaje del segundo anillo será superior al primer anillo, el tercer anillo tendrá un voltaje superior al segundo anillo y así sucesivamente hasta el último.

Una segunda característica de los cilindros de la placa de microcanal, es que el material con que están contruidos tiene una baja función electrón/voltio, es decir, que requieren una





baja energía de impacto de un electrón para generar uno o más electrones libres, los que a su vez serán acelerados por el potencial del siguiente anillo, generando cada vez que más electrones impacten las paredes del microcanal, proceso que se repetirá a lo largo del microtubo, hasta que por efecto de la inercia y la gran velocidad adquirida, los electrones abandonen la placa microcanal, para luego impactar la película de fósforo que constituye la pantalla, en un número enormemente mayor de electrones que el que generó originalmente el fotocátodo, para un mismo punto relativo de la imagen.

En la pantalla de fósforo se produce el fenómeno inverso que en el fotocátodo. Cada electrón al impactar un átomo de fósforo hace saltar un electrón de una órbita a la siguiente de mayor energía por efecto del choque, luego el electrón que está ahora en un nivel de mayor energía volverá a su órbita para lo cual debe liberar un cuanto de energía y esto lo hará emitiendo una radiación electromagnética que resultará en un fotón, producto del comportamiento dual de la luz.

Finalmente, los fotones emitidos por la pantalla de fósforo serán enfocados adecuadamente mediante un ocular constituido por lentes, para hacer llegar la imagen intensificada en luz, al ojo del usuario.

Es importante notar que el tubo intensificador de imagen, en su exterior, cuenta con un sistema que lo polariza y entrega de dos a cinco kilovoltios a partir del voltaje entregado por las pilas de alimentación, esta tensión es aplicada a los electrodos de los extremos de la placa microcanal, para producir el efecto de multiplicación de electrones, lo que dará por consecuencia la ganancia de luz.

## Variables de interés que intervienen en el proceso de la visión nocturna

### A. Factor de similitud (*matching factor*)

El factor de similitud está dado por la intersección de las respuestas del fotocátodo y las condiciones de bajo nivel de luz de acuerdo a lo que se describe a continuación:

La respuesta del fotocátodo a las distintas longitudes de onda de la luz, es decir, la corriente que genera el fotocátodo por unidad de superficie al ser sometido a la luz de distintas longitudes de onda de igual magnitud, en el espectro de longitudes de ondas que van desde el cercano infrarrojo hasta los violetas del espectro visible y que corresponden a longitudes de onda desde aproximadamente los 1.000 hasta los 300 nanómetros, que es el rango de longitudes de ondas de interés para esta aplicación. Para realizar la medición se somete al cátodo a una intensidad lumínica normalizada y se mide la corriente generada por dicho cátodo para cada longitud de onda, generando así los valores que permiten graficar y obtener la curva de respuesta espectral de cátodo  $[R(\lambda)]$ .

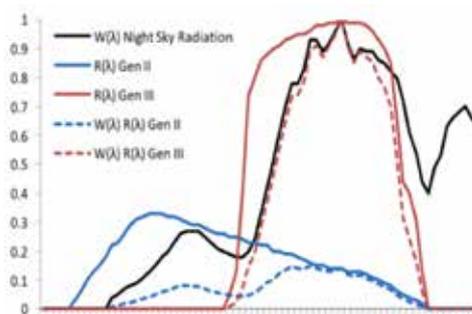


Figura N° 2: Curva de respuesta espectral de cátodo.

Un segundo elemento a considerar es la distribución espectral de la luz del cielo durante



la noche, radiación que será la fuente de luz que permitirá proveer la energía necesaria para que se forme la imagen en el fotocátodo del tubo. Se medirá la intensidad de luz disponible para cada longitud de onda, con lo que se graficará y se obtendrá la curva de la fuente espectral relativa [W (λ)].

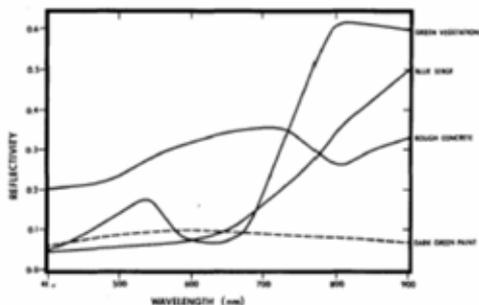


Figura N° 3: Curva de la fuente espectral relativa.

Ahora si tomamos el área bajo la curva, resultado del producto del área bajo la curva de la fuente espectral relativa W(λ) y el área bajo la curva de la respuesta espectral del fotocátodo, respecto al área bajo la curva de la fuente espectral relativa tendremos el factor de similitud (M).

Donde matemáticamente se expresa como sigue:

$$M = \frac{\int_0^{\infty} W(\lambda) R(\lambda) d(\lambda)}{\int_0^{\infty} W(\lambda) d(\lambda)}$$

De lo anterior se ha obtenido el factor de similitud que nos permite objetivamente comparar el funcionamiento de dos fotocátodos de diferente manufactura. A modo de ejemplo, podemos indicar que el valor típico del factor de similitud, para los tubos de segunda generación es de 0.13, mientras que, para los tubos de tercera generación dicho factor es de 0.61.

Esta relación también permite la comparación en sectores espectrales más pequeños contenidos en el ancho de banda considerada. Es de interés por ejemplo analizar el comportamiento de estos elementos en zona espectral correspondiente al cercano infrarrojo, debido a la alta reflectividad que presentan los vegetales verdes a dicho espectro lumínico. Aquí encontraremos diferencias interesantes entre la segunda y tercera generación de tubos, tal es así que el factor de similitud (M) para los tubos de segunda generación es del orden de 0.14, mientras para la tercera generación se encuentra alrededor de 0.67.

De lo observado en este parámetro podemos rápidamente deducir la ventaja de la tercera generación en zonas de alta vegetación y la baja incidencia que último efecto tendrá en una zona desértica.

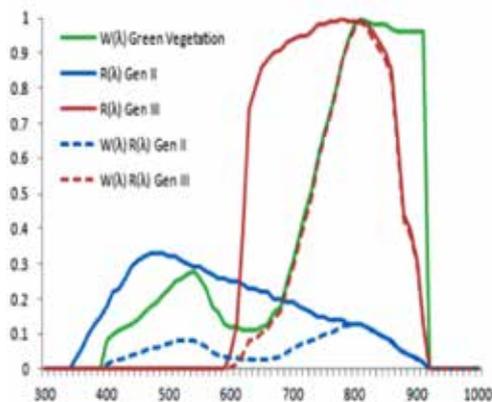


Figura N° 4: Curva de respuesta espectral de cátodo en zonas de alta vegetación.

### B. Relación señal a ruido en un tubo intensificador de imagen.

Como primera consideración, estableceremos que el ruido en una imagen es la presencia de elementos que no pertenecen a ella y se



hacen muy notables al observador de una pantalla de televisión, cuando no hay señal o esta es muy débil y comparable en nivel al ruido, el caso más típico es observable en un televisor. Si se enciende un televisor y no se sintoniza un canal, veremos un enjambre de puntos blancos y negros en permanente movimiento. Sin embargo a medida que sintonizamos estaciones cada vez más poderosas se irá haciendo cada vez más tenue el efecto del ruido hasta desaparecer a nuestra vista. Como se observa a medida que crece la señal y el ruido se mantiene constante, crece por tanto la relación entre la señal y el ruido, mejorando muy notoriamente la limpieza y calidad de la imagen. De lo anterior deriva la necesidad de buscar una alta relación señal a ruido, ya que el ruido es omnipresente en los equipos electrónicos y tiende a incrementarse al aumentar la temperatura ambiente y por tanto la temperatura del equipo.

En el caso que nos ocupa, la relación señal a ruido en el fotocátodo del tubo está determinada por las fluctuaciones estadísticas del número de fotones detectados por el fotocátodo en una unidad de tiempo dado, para hacer una evaluación objetiva se puede establecer que el límite de ruido inferior corresponde al ruido de un fotón al impactar el cátodo. Como el ruido es una condición inherente al tubo, lo trascendente será alcanzar la máxima señal posible de manera que esta se superponga al ruido y como el efecto del ruido sobre la señal se hará cada vez menos notable en la medida que la señal crezca, de allí la necesidad de buscar la mayor relación de señal a ruido.

En el análisis que hacen los fabricantes de los tubos establecen que la relación señal a ruido depende de los siguientes factores:

- Iluminación de la escena, por tanto, la cantidad de luz que llega al tubo intensificador de imagen. Se le designa "E" y su unidad de medida es el lux (lux).
- Área del fotocátodo efectivamente a la luz, se designa con la letra "A" y su unidad de medida es el metro cuadrado (m<sup>2</sup>).
- La sensibilidad del fotocátodo, que es la cantidad de electrones generados por lux, se designa con la letra "S" y su unidad de medida es amperes por lux (A/lm).
- El tiempo de recolección o integración de la luz que se designa como t<sub>i</sub>, siendo su unidad de medida el segundo (s).
- La carga elemental correspondiente a un electrón, cuyo valor es culombios, que se denomina con la letra "e" y su unidad de medida es el culombio.
- El factor de ruido del tubo, el cual es determinado aplicando luz blanca, en el rango dinámico y se le designa con la letra "F", es una variable adimensional.

A partir de las variables anteriores se puede calcular la relación señal a ruido (SNR) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$SNR = \sqrt{\frac{AEST_i}{eF}}$$

Dónde:

- E = Iluminación de entrada (lux)
- A = Área de interés (m<sup>2</sup>)
- S = Sensibilidad del fotocátodo (A/lm)
- t<sub>i</sub> = tiempo de integración (s)
- e = carga del elemento (16E-19C)
- F = factor de ruido



Es importante hacer notar que cuanto más alta sea la sensibilidad del fotocátodo, mayor será la relación señal a ruido del tubo intensificador de imagen, como consecuencia que para una misma imagen y cantidad de luz se obtendrá una mayor señal.

### C. Tamaño mínimo de un objeto detectable

Si un objeto en un cuadro de imagen se proyecta sobre un fotocátodo, la imagen tendrá una dimensión X y generará una señal de fotoelectrones con un nivel de contraste C, luego el tamaño mínimo de un objeto para ser detectable está dado por la siguiente ecuación:

$$X \geq \frac{Kr}{C T(\frac{1}{2A})} \sqrt{\frac{2e Be F}{\emptyset \Sigma}}$$

Dónde:

Kr = Es una constante que depende del ojo del observador.

T( $\frac{1}{2A}$ ) = Es el factor de modulación de transferencia.

C = Nivel de contraste.

A = Área de Interés (m<sup>2</sup>).

e = Corresponde a la carga del electrón en culombios.

Be = Representa el ancho de banda equivalente del ruido del tubo, que para estos efectos se considera 10 Hz.

F = Es el factor de potencia del ruido de la placa microcanal/ruido de la pantalla de fósforo.

□ = Flujo luminoso en el fotocátodo.

□ = Sensibilidad luminosa del fotocátodo en Amperes/lumen.

De lo anterior se puede observar que para una luminosidad dada del fotocátodo, las variables de los tubos más importantes son:

1. La sensibilidad luminosa del fotocátodo.
2. El factor de ruido combinado, producido por la placa microcanal y la pantalla de fósforo.
3. La función de transferencia de modulación del tubo intensificador de imagen.

*Nota:*

*Cuanto mayor es el valor de la sensibilidad del fotocátodo, más pequeño es el objeto detectable, sin embargo la sensibilidad de los tubos que utilizan barrera de iones se ve disminuida por efecto de la barrera y es un elemento que debe ser considerado al momento de buscar altas sensibilidades de los fotocátodos.*

### D. Resolución de campo

La vista humana es dependiente de la cantidad de luz para ver completamente una imagen, incluido detalles como el color, tal es así, que al disminuir la cantidad de luz nuestra vista primeramente pierde capacidad de ver detalles, con niveles de luz más bajos ya no es posible distinguir colores, al reducir más aún el nivel de luz, perdemos la habilidad de distinguir las formas y solo vemos bultos o manchas, y a menores flujos lumínicos dejamos de ver.

#### FLUJOS LUMÍNICOS (lux)

|                                      |         |     |
|--------------------------------------|---------|-----|
| Luz solar plena                      | 100.000 | lux |
| Crepúsculo                           | 1       | lux |
| Luna llena                           | 0,1     | lux |
| Cuarto de luna                       | 0,01    | lux |
| Luz de las estrellas cielo despejado | 0,001   | lux |
| Luz de las estrellas cielo nublado   | 0,0001  | lux |
| Luz de estrellas cielo nublado denso | 0,00001 | lux |

A objeto de corregir nuestras deficiencias visuales en los bajos niveles de iluminación



se desarrolló la visión nocturna. Los tubos intensificadores de imágenes nos devuelven parcialmente la capacidad de ver detalles finos de los objetos a bajos niveles de luz ambiente (luminancia de campo).

La visión nocturna posee limitaciones e interacciones importantes que afectan la visibilidad y que ocurren tanto al interior del tubo intensificador de imagen y en el ojo humano, las más destacables son:

- 1) La variación estadística de la corriente de cátodo del tubo intensificador de imagen.
- 2) La sensibilidad de contraste del ojo, en el espectro de la frecuencia espacial útil.
- 3) La función de transferencia de contraste del tubo intensificador de imagen.

Cuando una grilla de ondas cuadradas es observada mediante un intensificador de imagen, la Resolución de Campo ( $R_f$ ), como una función de la luminancia de campo y del contraste de campo, entonces  $R_f$ , será expresada por la siguiente ecuación:

$$R_f = \frac{2,79 \times 10^{11} r \sqrt{2} \times C_f \times C_i}{K \times N_f \times D \sqrt{1 + C_f \times C_i}} \sqrt{E \times S \times t}$$

Dónde:

- Nf Figura de ruido del tubo intensificador
- D Distancia al objetivo
- Cf Contraste de campo
- Ci Función de transferencia del contraste
- E Luminancia del campo (L)
- S Sensibilidad del fotocátodo (A/Im)
- t Tiempo de almacenamiento (s)
- r Radio de la abertura del objetivo (pulgada)
- K SNR con un valor para reconocimiento de patrones de 3.1, para un coeficiente de longitud de línea a anchura de 5:1

La ecuación anterior, función de transferencia de contraste, del intensificador de imagen ( $C_i$ ), corresponde a una modelación matemática de la señal de entrada y salida, y la función de transferencia, corresponde a una función por transformada de Laplace en que la salida está en función de la entrada constante.

Diferencia relativa entre un punto y su entorno mínimo contraste 0.3%.

### Luminiscencia

Luminiscencia, es la densidad angular y superficial de un flujo luminoso que incide o emerge de una superficie en una dirección determinada.

$L_v$  = mita o candela/m<sup>2</sup>

F = flujo lumínico en Lumen

### Factor de Ruido:

Es la relación entre el valor de la relación de la señal a ruido de la entrada del sistema respecto a la relación señal a ruido de la salida.

### E. Ganancia de luminosidad del tubo

Su definición es muy simple, es la cantidad de veces que la imagen en la pantalla del tubo es mayor que la imagen que llegó originalmente al fotocátodo.

Esto se obtiene básicamente, primero, por la conversión de fotones en electrones; posteriormente los electrones se aceleran en la placa microcanal, donde se multiplica su número por el efecto de emisión secundaria que se genera en las paredes de los cilindros que conforman la placa microcanal para finalmente, transformar el mayor universo



de electrones en fotones, al impactar estos últimos, la pantalla de fósforo, generando una imagen muy luminosa.

La multiplicación de electrones que se logra en la placa microcanal representa la mayor parte de la ganancia del tubo intensificador de imagen.

$$\text{Ganancia} = \frac{\text{Flujoluminicodesalida (L)}}{\text{Flujoluminicodeentrada (E)}}$$

También se puede expresar en función de otros parámetros, de la forma siguiente

$$\text{Ganancia} = S \times G_m \times V_s \times n_s$$

Dónde:

- S Sensibilidad del fotocátodo en A/lumen.
- G<sub>m</sub> Ganancia de la placa microcanal, es decir, cual es la multiplicación de electrones que se produce en dicha placa, luego estamos hablando de ganancia de corriente.
- V<sub>s</sub> Tensión del haz de electrones en voltios.
- n<sub>s</sub> Eficacia o rendimiento luminoso de la pantalla de fósforo que es relevante.

Por otra parte podemos hablar de la ganancia del tubo y de la ganancia como sistema, en el primer caso la ganancia se establece como el número de veces que se amplifica la luz de entrada (cátodo) en la pantalla (de fósforo) y se calcula como:

1X = Magnificación óptica en el tubo

Las ganancias típicas oscilan entre los 1.500 y 22.000 cd/m<sup>2</sup>/lux

1 cd/m<sup>2</sup>/lx = 3013 fl/fc (pie lambert / pie candel)

En un equipo electroóptico, la ganancia del tubo normalmente se ve fuertemente reducida por efecto de la calidad de las lentes y filtros ópticos, por lo que la ganancia es un parámetro muy importante al escoger un intensificador de imagen. La ganancia del tubo normalmente es aproximadamente 10 veces mayor que la ganancia del sistema.

La ganancia del sistema se expresa normalmente en *lumen/lumen (fL/fL)* y la ganancia del tubo en *cd/m<sup>2</sup>/lx (fL/fC)*.

La medición de la ganancia se realiza en la zona lineal de su rango de operación (dinámico) del tubo, empleando una fuente lumínica variable y medidor de luminancia, calibrados. La fuente lumínica a usar debe tener una temperatura de color de 2856 °K, con el fin de simular el espectro nocturno.

Para los binoculares se debe considerar la ganancia de ambos tubos similares a objeto de lograr un mejor efecto estereoscópico.

En laboratorio, la ganancia de luminosidad para un tubo se logra determinar midiendo la luminosidad incidente al cátodo, mediante un detector calibrado a la temperatura de color correspondiente a 2856 °K, simulando el espectro nocturno, para esta misma iluminación del cátodo se mide la iluminancia de la pantalla. Luego hacemos el cociente entre la iluminación medida en pantalla y la iluminación incidente en el fotocátodo, con lo que obtenemos el valor de la ganancia, para realizar esta medición se recomienda que el valor de la luz incidente este sobre el valor de corte y bajo el valor de saturación del tubo, es decir, en su rango dinámico.



## Variables de interés que intervienen en el proceso de la visión nocturna

### Fotocátodos

El fotocátodo es el elemento fundamental para el funcionamiento de un tubo intensificador de imagen, ya que es el elemento que permite convertir los fotones constituyentes de la luz en electrones, los que serán debidamente manejados para obtener el resultado esperado.

### Sensibilidad del fotocátodo

La sensibilidad del fotocátodo se determina mediante su exposición a un flujo de luz conocido y la medición del cambio de la corriente que este genera, por efecto del cambio de intensidad de la luz sobre el mismo.

En el mercado de la visión nocturna existen dos tipos principales de fotocátodos según los materiales con que se construyen, los multialcalinos y los de arseniuro de galio, ambos son compuestos químicos que al ser impactados por lo que tendrá una duración de 2 años s fotones (que constituyen el flujo de luz) provocan la emisión de electrones, transformando así un flujo de luz en corriente eléctrica.

Como consecuencia de la diferencia de materiales y tecnologías, no es recomendable comparar las corrientes de los fotocátodos de ambas tecnologías en forma directa, ya que puede inducir a distorsiones debido a que el efecto final de las corrientes de los fotocátodos será distinto en cada caso.

Dicho lo anterior nos planteamos la siguiente pregunta, dado que es un parámetro im-

portante para los tubos de visión nocturna y se encuentran definidos de distinta forma en las tecnologías antes mencionadas, ¿cómo logramos llevar a comparación dicho parámetro, que afecta la calidad de fabricación de los tubos, en nuestra evaluación?

Como no es posible comparar la sensibilidad del fotocátodo en diferentes tecnologías, se buscó un parámetro que integrara un mayor número de variables y que considere dentro de ellas la sensibilidad del fotocátodo y que además sea representativo para el tubo.

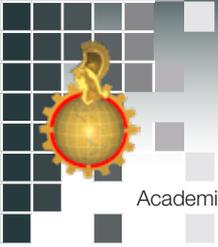
Si analizamos los parámetros definidos que caracterizan de mejor forma al tubo encontramos que el FOM (figura de mérito) está compuesto por la resolución y la relación señal a ruido, encontrándose en este último parámetro que dentro de las variables que lo conforman, la sensibilidad del fotocátodo es una de ellas, como se puede apreciar en las siguientes fórmulas:

- ✓ Para fotocátodos de arseniuro de galio la ecuación que permite determinar la relación señal a ruido es la que sigue:

$$SNR = \sqrt{\frac{AESt_i}{eF}}$$

Dónde:

- A = área de interés (m<sup>2</sup>)
- E = iluminación de la entrada (lux)
- S = Sensibilidad del fotocátodo (A/lm)
- t<sub>i</sub> = tiempo de integración (s)
- F = factor de ruido.
- e = carga elemental (16 E – 19 C)



- ✓ Para los fotocátodos multialcalinos la ecuación para determinar la relación señal a ruido es la que sigue:

$$SNR^3 = \sqrt{\frac{\sum I_u A}{2\Delta f F q_e}}$$

Dónde:

- = es la sensibilidad del fotocátodo en microamperios por lux  $\mu A/lm$
- <sub>LL</sub> = es la entrada de luminancia en lux
- A = es el área iluminada del fotocátodo por metro cuadrado (m<sup>2</sup>)
- Δf = es el ancho de banda empleado para medir la relación señal a ruido en Hertz (se emplea el ancho de banda de la visión humana) (Hz)
- = carga de un electrón en coulomb (C)

Ambas ecuaciones son iguales a la relación señal a ruido, parámetro que integra la corriente de fotocátodo y otras variables, constituyendo por tanto una variable de mayor nivel para comparar las dos tecnologías.

## Mando y control, tendencias y aplicación.

### Resumen

**L**os sistemas de mando y control han evolucionado desde su concepción más básica y simple a una estructura extremadamente ágil e integrada, permitiendo al mando tomar decisiones más acertadas en tiempos nunca antes imaginados. Es en este contexto, se pretende conceptualizar y describir el

### Conclusión

En conclusión, del análisis anterior, se puede establecer que no siendo posible la comparación de los valores de la sensibilidad del fotocátodo en diferentes tecnologías, si se puede comparar la relación señal a ruido de tubos construidos con ambas tecnologías, motivo por el cual se propone eliminar de las evaluaciones las corrientes o sensibilidad del fotocátodo y comparar la relación señal a ruido por ser esta una variable que permite de mejor forma la comparación de dispositivos de tecnologías diferentes.

### Bibliografía

1. Bosch Leon A. (2000). Image Intensifier Tube Performance Is What Matters, Image Intensifier and Amplifications II, C. Bruce Johnson, Editor, Proceedings of SPIE Vol. 4128.
2. Csorba. Illes (1997). Modulation transfer Funtion Image Tube Lenses, Applied Optics, Vol 16 N° 10.
3. Pothonis Technical paper.

MAY. (IPM) Jaime Triviño Bustamante, Ingeniero en Sistemas de Armas, mención Electrónica. Magíster en Tecnologías de la Información.

papel que cumplen los sistemas de mando y control (SMC) en un área tan compleja y trascendental como es la defensa. Para ello se presenta un marco conceptual asociado al mando y control y su activo más importante, la información. Luego se expone una serie de tendencias a nivel global asociadas al mando y control, para finalmente presentar





un modelo conceptual que permite visualizar de manera simplificada y sintetizada la aplicación de las tendencias globales en los sistemas actuales.

## Introducción

En la actualidad y a nivel mundial las organizaciones han alcanzado un nivel de desarrollo que les permite administrar eficientemente sus recursos; en este sentido la información ha tomado un lugar preponderante como un recurso indispensable en los procesos que se desarrollan dentro de las instituciones y empresas. Los estamentos encargados de la toma de decisiones han logrado darse cuenta de la importancia de la información para el logro de sus objetivos, alcanzando un estatus de factor relevante para el éxito en su misión principal; en este marco referencial, las organizaciones militares no ajenas a esta realidad han tenido que generar los cambios necesarios en función de la tecnología disponible, dado que si se desea obtener el mayor beneficio de la información que se posee, esta deberá ser manejada de manera eficiente; sin embargo, la información no es gratuita y su uso reviste un carácter estratégico que permite un posicionamiento por sobre sus pares.

En el contexto anteriormente señalado, se presenta un marco referencial que conceptualiza el mando y control desde el punto de vista funcional y sistémico, además describe la importancia de la información como activo organizacional, desde el significado más básico hasta la estructura implementada para su tratamiento. En segundo término se presentan los grandes conceptos y tendencias que han dado lugar al desarrollo de sistemas de mando y control. En este sentido se pretende

mostrar una visión de lo que se espera de este tipo de sistemas a nivel global.

Además se presenta un modelo conceptual que permite sintetizar las tendencias globales con el objeto de dar una visión simplificada de sus componentes e interrelaciones de manera que permita visualizar como se reflejan los grandes lineamientos de mando y control en los sistemas actuales. Finalmente, se presenta una serie de conclusiones y reflexiones sobre la temática tratada.

## Conceptualización

### Mando y control ¿función o sistema?

En la literatura especializada, se encuentra la separación específica de acuerdo al rol que cumple este concepto en el ámbito de las instituciones de la defensa. Como función, de acuerdo a lo definido por el Ejército norteamericano, *“mando y control es el ejercicio de la autoridad y dirección de un comandante respecto a fuerzas debidamente asignadas en función del cumplimiento de una misión. Esta función se debe realizar a través de un sistema de mando y control”*.

Esta función es realizada por los comandantes y asesores, en términos sencillos el mando se refiere fundamentalmente a la autoridad y a la toma de decisiones que es atingente y exclusiva del comandante. A su vez, el control se refiere al monitoreo del desarrollo de las operaciones y a la generación de acciones correctivas para alcanzar un objetivo.

Una vez que se ha definido el mando y control como una función, se enunciará una definición desde el punto de vista sistémico. En este sentido la reglamentación del Ejército norteamericano define un SMC como *“la orga-*



*nización de personal, manejo de información, procedimientos, equipamiento y estructuras esenciales para que el comandante conduzca las operaciones”.*

Al analizar ambos conceptos, se puede establecer que la relación existente entre la función y sistema está dada por el hecho que un SMC, en el más amplio sentido del concepto, constituye una “herramienta” que utiliza la función mando y control (M&C) para llevar a cabo su misión; en este sentido se puede afirmar que la función principal de un SMC es entregar información útil a quien la necesita y en el momento requerido, en este marco su importancia radica en permitir el aumento de eficiencia y agilidad en la toma de decisiones en una instancia de conflicto.

### **¿Qué es en esencia la información?**

La palabra información tiene un origen etimológico relacionado con la idea de forma. "Informatio" quiere decir formar, dar forma, y procede de forma que sirve para designar la apariencia exterior de un objeto. Informar es también educar, formar. La palabra tiene varios sentidos, pero todos se orientan a la idea de construcción, elaboración.

Las organizaciones han reconocido la importancia de una gestión adecuada de los recursos; actualmente, los responsables de la toma de decisiones consideran que la información ya no es un producto accesorio de la operación, sino que en sí, es uno de los elementos que la sustentan; en síntesis es conocimiento factible de transferir, recopilar, negociar y procesar.

La información puede llegar a ser el elemento diferenciador que determine el éxito o el fracaso de un negocio; con el fin de lograr la máxima utilidad de la información, surge la necesidad

de administrarla de manera correcta. Aunque la información se encuentre siempre a nuestro alcance, su uso estratégico no debe considerarse como un elemento gratuito, y esto es lo que da sustento a los Sistemas de Información.

Desde el punto de vista organizacional, un sistema de información es un conjunto de elementos o componentes interrelacionados que recogen (entradas), manipulan (procesan), almacenan y entregan (salidas) datos que debidamente ordenados constituyen la información. Estos cuentan con sistemas de retroalimentación (*feedback*) para regular el producto o salida y cumplir un objetivo. Si cambiamos el entorno para esta definición, tenemos que un SMC no es más ni menos un sistema de información de índole militar.

### **Contextualización**

#### **¿Por qué se necesita un SMC?**

Uno de los principales objetivos de SMC es disminuir el nivel de incertidumbre en el campo de batalla moderno, a fin de que responsables en estamentos directivos puedan tomar decisiones acertadas, permitiendo de esta forma la conducción de las operaciones; no obstante, aunque se trate de disminuir la incertidumbre incluyendo tecnología en la organización, nunca será posible eliminarla por completo, dado que de acuerdo a lo señalado por Clausewitz: "*La guerra es el reino de la incertidumbre*".

Es posible señalar que la certidumbre se define en función de dos conceptos *situational awareness* (SA) y *situational understanding* (SU); SA o conocimiento de la situación, es la percepción individual de la información de la situación, este término fue introducido para establecer una clara división entre la información disponible desplegada en el *Common*



*Operational Picture* (COP) y lo que un individuo percibe. Por otro lado SU o entendimiento de la situación, es el resultado de la combinación entre la información adquirida a través del SA y el conocimiento previo aplicado a través de modelos mentales. Aunque están manifiestamente interconectados, las diferencias entre ellos son significativas, sin embargo ambos son factibles de alcanzar dado que el proceso cognitivo de los seres humanos permite agregar significado a los datos.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, el M&C tiene como propósito el proveer a los comandantes y asesores del conocimiento y entendimiento situacional, lo cual no es una tarea simple, derivado de su carácter esencial en la toma de decisiones en el marco de un conflicto bélico; en este marco conceptual y de acuerdo a la posición de nuestro país, eminentemente defensivo, se identifica el gran marco de actuación definido por la "función de la defensa" enunciada en el Libro de la Defensa versión 2010, el cual señala: *"La seguridad de la nación chilena debe entenderse como una condición que varía según las acciones que el Estado realice para hacer avanzar el país hacia los objetivos pretendidos y resguardar los intereses nacionales con la menor interferencia de riesgos, amenazas, problemas u otros obstáculos importantes. Sin embargo, la búsqueda de la seguridad del país debe materializarse por medio de funciones bien diferenciadas y específicas, las que el Estado emplea combinadamente con otras funciones estatales complementarias en este propósito. La función defensa existe para dar seguridad externa al país, bien que alcanza a todos los miembros de la comunidad nacional. Una vez producido, nadie lo obtiene en desmedro de otros"*.

Consecuente con lo anterior y debido al carácter y repercusiones de las decisiones

relacionadas con la defensa nacional, su conducción requiere de un sistema y ordenamiento específico; en síntesis, el "sistema de defensa" es el nombre genérico que engloba a los organismos que participan tanto en la toma de decisiones, como en la ejecución de las acciones en que se materializa la defensa.

Para cumplir con la política de defensa, el Estado se ha impuesto el desarrollo de las Fuerzas Armadas, lo que no es otra cosa sino el proceso orientado a definir y generar los medios necesarios para disponer de determinadas capacidades militares. En este contexto, se entiende por fuerza, a los medios organizados y entrenados en conformidad a una determinada doctrina de empleo, que entregan las capacidades necesarias para alcanzar objetivos asignados. De igual forma, capacidad es la habilidad para cumplir exitosamente tareas o misiones asignadas, así como para soportar y aprovechar efectos, dentro de diferentes ambientes. Existirá capacidad conjunta cuando se disponga de la habilidad para cumplir exitosamente tareas o misiones asignadas, empleando fuerzas de distintas instituciones militares bajo un mando único.



Figura N° 1: Definición de capacidades de la fuerza nacional.





Es en este ámbito que la información asume un rol de vital importancia, ya que sin ella no se puede contar con una fuerza que sobreviva bajo las condiciones adversas del espacio de batalla moderno (objetivo final en el caso de un conflicto armado). Contar con un sistema de información robusto, confiable y eficiente, es primordial para asegurar el cumplimiento de los objetivos nacionales en el ámbito de la defensa.

## Tendencias globales en M&C

En un conflicto armado, uno de los principales aspectos a tener en cuenta para lograr los objetivos, es la capacidad de M&C; cualquier fortaleza que se posea, difícilmente podrá ser explotada en un 100% si no se cuenta con la flexibilidad que representa el dominar la información, adaptarnos rápidamente a la situación y comunicar nuestras intenciones al resto de la organización.

Generalmente se piensa que el M&C es una actividad en sí misma; sin embargo, involucra todas las actividades especializadas de una organización, manifestándose de manera armónica dentro de un todo como un sistema. Una de las interpretaciones del M&C consiste en que este no es impuesto por la cabeza de la organización, sino que obedece a la mirada de todo el sistema bajo un mismo control, basado en la retroalimentación producida de las informaciones obtenidas de la situación que cambia minuto a minuto. De esta forma se puede concluir que corresponde a un proceso interactivo, donde cada componente del sistema tiene una relación estrecha con el otro y todos ellos con el objetivo primario.

Al aplicar las técnicas de M&C sobre un sistema, un Comandante podrá ser capaz entre otras cosas de anticiparse a sus escenarios

adversos (movimientos del enemigo, condiciones climáticas, topografía, etc.), a través de la oportuna aplicación de la iniciativa, transformando las condiciones en ventajas para sí mismo o en desventajas para sus adversarios, entendiendo como tal al que se "opone" al cumplimiento de su misión.

Al estar integrado por un diverso grupo de componentes, muchos de ellos complejos en sí mismos, hace que el comportamiento de un SMC como un todo no sea "lineal", es decir, una falla, una mala decisión, un error, tiene repercusiones que difícilmente podrían ser previstas debido a lo complicado del entramado de sus relaciones; hay que tener en mente que la complejidad del sistema que se dirige, no radica en el número de partes que lo componen, sino en la forma en que estas se relacionan y se afectan entre ellas.

Un efectivo SMC debe ser sensible a los cambios de situación, debe ser capaz de entregar las herramientas adecuadas para que sus componentes puedan adaptarse lo más rápidamente a las condiciones cambiantes; de esta forma se puede deducir entonces que el M&C es un proceso de adaptación continua. Aplicando el concepto de "agilidad" a los sistemas de M&C se puede afirmar que estos sistemas deben poseer al menos las siguientes características:

- Robustez, habilidad para mantener la efectividad a lo largo de una amplia gama de tareas, situaciones y condiciones.
- Resiliencia, habilidad para recuperarse o ajustarse luego de recibir un nivel de daño, o una perturbación desestabilizadora.
- Sensibilidad, capacidad para reaccionar oportunamente a un cambio en el ambiente.
- Flexibilidad, capacidad para emplear diversas maneras de lograr un objetivo



- podiendo cambiar indistintamente de una a otra a requerimiento del usuario.
- Innovador, tener la habilidad para enfrentar nuevos retos y encarar los viejos desde nuevas perspectivas.
  - Adaptabilidad, debe tener la capacidad de cambiar sus procesos de trabajo y cambiar si la organización así lo requiere.

Podemos agregar que los principales actores dentro de las actividades relacionadas al M&C son las personas, la información y los sistemas de apoyo. Los sistemas de apoyo están orientados principalmente a manejar y procesar la información lo más rápido, eficiente y automático posible.

### **¿Por qué son tan importantes las personas dentro del M&C?**

Esto se debe a que son las que reúnen o recopilan parte importante de la información, deciden respecto de una u otra situación, ejecutan acciones e interactúan comunicándose para lograr algún objetivo común; son quienes dan impulso a todo el sistema; todo lo demás dentro de esta compleja organización está dispuesto para ofrecer un servicio y facilitar el manejo del constante y rápido flujo de datos útiles.

Debido al dinamismo y constante cambio de la situación, la mayoría de la información pierde vigencia con el tiempo, pasando de un estado de gran valor a otro de poca relevancia o incluso a dar una leve sensación de autoengaño; sin la información que proporciona la base del conocimiento situacional, ningún Comandante, independiente de la experiencia o sabiduría que tenga, podrá tomar decisiones acertadas. Debido al tiempo disponible, la cantidad de información posible de recopilar y la rapidez de los acontecimientos, siempre

existe el peligro evidente de saturar a los tomadores de decisiones con más información que puedan posiblemente asimilar.

Un elemento esencial de un SMC es su estructura de apoyo, dado que ayuda a las personas para crear, definir y usar la información. Esta abarca las organizaciones, procedimientos, equipamiento, instalaciones, entrenamiento, formación y doctrina. Un SMC deberá ser capaz de ayudar a los mandos a entender su situación propia e identificar sus vulnerabilidades; luego, debe cooperar a alcanzar las metas convenientes y válidas para así adaptarlas a medida que la situación cambie; deberá proporcionar el direccionamiento y el enfoque para crear una acción enérgica y armoniosa entre los diversos elementos de la fuerza; debe proporcionar un medio de monitoreo continuo (información) de los acontecimientos, para predecir y estar preparado para la adaptación.

### **Cómo se reflejan las tendencias de M&C en los sistemas actuales**

Si bien la función de M&C ha sido ejercida por los comandantes de todos los tiempos, el concepto de SMC es algo relativamente nuevo, su existencia presupone el uso de tecnologías de automatización de la información, con la finalidad apoyar al comandante en la conducción de las operaciones haciendo uso de un conjunto de elementos como: personal, información, procedimientos, equipos e instalaciones, funcionando en forma integrada.

Al analizar los consensos establecidos por organismos dedicados a la conceptualización y aplicación del M&C como el CCRP, es posible generar un modelo conceptual que simplifica y sintetiza los elementos constitutivos comúnmente esperados de



un SMC; a continuación se presenta un diagrama el cual representa un modelo conceptual generado a partir de las tendencias actuales en M&C.



Figura N° 2: Modelo conceptual de un SMC.

Al analizar el modelo, es posible distinguir claramente tres componentes definidos implícitamente derivado de sus funcionalidades. Encontramos un módulo de monitoreo y detección (color verde), el cual tiene como propósito detectar las variaciones del escenario de batalla, considerando la más amplia gama de espacios (ej.: atmosférico, electromagnético, adversario) con la finalidad de entregarlas como elementos de entrada a los procesos de análisis; el módulo de procesamiento y análisis (color azul), tiene como finalidad realizar el procesamiento, análisis y toma de decisiones teniendo como input los datos provenientes del módulo de monitoreo y detección; como producto genérico, este módulo genera el direccionamiento traducido físicamente a planes y órdenes; finalmente, el modelo presenta un elemento actuador (color rojo), compuesto esencialmente por unidades, el cual ejecuta el direccionamiento traducido en misiones y tareas a fin de producir variaciones en el ambiente operacional con el propósito de cambiar su estado de manera que se

presenten favorables desde el punto de vista de las fuerzas propias. Conforme a lo señalado anteriormente, la automatización de la información se debe fundamentalmente al uso extensivo de la tecnología, elemento que ha provisto de agilidad a los SMC actuales, permitiendo alcanzar la celeridad suficiente para actuar y quebrantar el ciclo OODA del adversario. Es necesario señalar que el modelo presentado guarda relación con el ciclo de Boyd en el sentido que permite su aplicación de manera iterativa a fin de facilitar la comprensión del M&C como función desde un punto de vista sistémico.

En la actualidad, un SMC centra su operación esencialmente en base a tres funciones principales, utilizando para este fin una completa gama de sistemas reunidos en una plataforma tecnológica; estas funciones esenciales son:

- Proporcionar el COP.
- Dar soporte a la toma de decisiones mejorando la velocidad y exactitud.
- Dar soporte al proceso de la información y comunicaciones.

De acuerdo a lo señalado, los SMC se requieren una plataforma altamente tecnológica, la que desde el punto de vista físico se compone de los siguientes subsistemas:

- Subsistema de sensores.
- Subsistema de comunicaciones.
- Subsistema computacional.

**a. Subsistema de sensores**

Los SMC dependen de la habilidad que posea para poder recolectar información de interés, dentro de un ambiente o escenario deseado. Estos escenarios podrán tener





numerosas características, que harán de las plataformas y sensores, equipamiento altamente especializado en su área de desempeño. Dentro de estos equipos o sistemas podemos encontrar variados grupos de plataformas; sin embargo, las más conocidas o utilizadas en forma masiva se ven representadas en la siguiente gráfica:



Figura N° 3: Tipos de sensores.

Existen numerosos sistemas que no han sido listados ni mostrados en la figura. El aspecto común para todos ellos, es que son parte esencial de la cadena de información necesaria, para que el SMC, y finalmente el Comandante o el tomador de decisiones, puedan contar con información especializada, de calidad y principalmente oportuna, durante todo el proceso

### b. Subsistema de comunicaciones

Las tecnologías modernas han facilitado el procesamiento de señales a alta velocidad lo cual ha mejorado las capacidades de los sistemas de comunicaciones; en este sentido se han agregado módulos de contra-contra-medidas electrónicas (ECCM) las cuales

han dado como resultado un aumento de la sobrevivencia de radios e instalaciones de M&C, en particular técnicas como el "salto de frecuencia" (FH) degradan la capacidad del adversario para encontrar, monitorear o destruir sistemas propios.

En cuanto al hardware, las radios han sido reemplazadas por una combinación de plataformas de alta, muy alta y ultra alta frecuencia (HF, VHF y UHF), lo cual permite contar con comunicaciones redundantes, ya que cada sistema permite obtener ventajas de distintas bandas de transmisión aumentando la probabilidad que al menos un sistema logre realizar la comunicación, esto permite que los comandantes puedan contar con un sistema de comunicaciones de M&C confiable.

Actualmente las mejoras descritas anteriormente, se encuentran integradas por la red CNR (*Combat Net Radio*), solución que está diseñada en torno a tres sistemas de radio independientes, cada sistema tiene diferentes capacidades y características de transmisión. Los tres sistemas son:

- Sistema mejorado de radio de alta frecuencia.
- Sistema de radio terrestre y aéreo.
- Sistema satelital táctico.

### c. Subsistema computacional

En la actualidad, las plataformas computacionales brindan una vista operacional completa y sincronizada de todas las unidades de combate, es decir, una vista integrada de todo el campo de batalla y la información táctica compartida entre todas las fuerzas. Un elemento fundamental en el M&C son los Sistemas de Gestión



de Batalla (BMS) los cuales constituyen el nivel básico de la red táctica C4I; los sistemas BMS comúnmente se basan en información recogida por los elementos de una unidad (tanques, vehículos blindados, observadores, etc.) para llenar sus bases de datos con información sobre la ubicación, el estado y las intenciones de las fuerzas propias y adversarias. En cuanto a mando, los objetivos específicos están marcados en las pantallas de BMS, proporcionando panorama de situación claro y específico para cada equipo de combate, considerando asignación de tareas y coordinación de fuego y maniobra, sin la necesidad de coordinación visual.

Estos sistemas cuentan con dispositivos de comunicación que incluyen unidades de interfaz de comunicaciones digitales inalámbricas, facilitando la conectividad de área local (LAN) entre los miembros de la tripulación. La conectividad a nivel de la red Batallón BMS se establece a través de la comunicación con radios CNR, las que permiten la transferencia de datos a velocidades superiores a 64 Kbps. Además, los vehículos comando pueden estar equipados con radio de datos, proporcionando una mayor capacidad para el usuario, en funciones de apoyo de comunicaciones.

En general estos sistemas cuentan con las siguientes capacidades:

- Traqueo de posición e identificación del enemigo.
- Diferentes tipos de cartografía.
- Planificación de la batalla (*Overlays*).
- Traqueo y posicionamiento de fuerzas propias BFT (*Blue Force Tracking*).
- Integración de sensores.

## Conclusiones

William Perry, Secretario de Defensa de los Estados Unidos (1993-1997) dijo: "*Vivimos en una era dominada por la información. Los descubrimientos tecnológicos están alterando la naturaleza de la guerra y la manera como nos preparamos para enfrentarla*". Esta era dominada por la información es la que ha hecho surgir en el ámbito de la defensa los Sistemas de M&C y les ha dado un rol protagónico dentro de los sistemas de defensa de un país.

El presente trabajo ha dejado establecido que la gestión de la información en los organismos de la defensa es un aspecto esencial que sirve como frontera entre el éxito y el fracaso en un conflicto moderno; en este sentido, las estructuras actuales de los sistemas de M&C son los elementos que permiten que todo sistema sobreviva en un medioambiente adverso, más concretamente se puede observar que en grandes lineamientos, este tipo de sistemas indican que es fundamental contar con un segmento o subsistema sensor que esté constantemente monitorizando el ambiente, con el objeto de detectar las amenazas que presenta el adversario y el medio; de la misma manera, es imperativo contar con un subsistema que provea la inteligencia necesaria para evaluar y procesar la información de manera de transformarla en elementos útiles (planes y órdenes de índole militar) que sean comprensibles por los subsistemas que actúan y ejecutan las instrucciones; todo lo anterior apoyado por una infraestructura de comunicaciones necesaria que permita compartir la información en tiempo real.

Finalmente, es necesario señalar que dada la importancia de la información para los



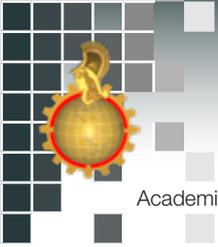
sistemas de defensa, el rol de estos ha alcanzado un carácter preponderante; en este sentido los desafíos futuros en este ámbito implican un manejo total de la información, la única manera de alcanzar la "Superioridad en la Decisión", esta condición no se puede alcanzar si no se ha logrado la "Superioridad de la Información"; en el esfuerzo para alcanzar estos estados los SMC juegan un rol trascendental.

Los SMC, han evolucionado desde su concepto más básico y simple a una estructura extremadamente ágil e integradora, cooperando al mando en la toma de decisiones en tiempos nunca antes imaginados y con una precisión insospechada. Desde cualquier punto de vista, ya sea en el ámbito militar, comercial o educacional, siempre encontraremos la configuración que permita, de una u otra forma, detectar las variaciones del entorno, comparar la información recopilada con los estados deseados, a fin de resolver y tomar acciones concretas en beneficio de alcanzar un objetivo global.

## Bibliografía

- FM 6-0, Mission Command: Command and Control of Army Forces, 2003.
- BRETON, Philippe. (1989) Historia y crítica de la informática. Cátedra, Madrid, España.
- VON CLAUSEWITZ, Carl Phillip. (1832) De la Guerra.
- ALBERT Y HAYES. (2006) Understanding Command and Control. CCRP.
- Ministerio de Defensa Nacional, Libro de la Defensa, 2010.
- Capacidad de reaccionar de forma más efectiva a los rápidos cambios del ambiente operacional que se vive.
- MCERVER Y MARTIN. (2006) Operational zing C2 Agility, CCRP.
- COAKLEY, Thomas P. (1992) Command and Control for War and Peace, DIANE Publishing Company.
- Command and Control Research Program, programa dependiente del Departamento de Defensa Norteamericano (DoD).
- Modelo conceptual elaborado por el autor.
- Observar, orientar, decidir y actuar. Col. John R. Boyd, USAF.
- FM 6-0, Mission Command: Command and Control of Army Forces, ART 51 2003.
- Joint Vision 2020, disponible en [www.dtic.mil/jointvision/jvpub2.htm](http://www.dtic.mil/jointvision/jvpub2.htm).





# Aplicaciones de programación dinámica en problemas de inventario: Un estudio de la literatura.

TCL. (IPM) Carlos Gómez Ortiz, Ingeniero en Sistemas de Armas, mención Química. MSc en Military Operational Research de la Cranfield University, Magister en Formulación, Evaluación y Gestión de Proyectos Privados, Sociales y de Defensa de la ACAPOMIL.

## Resumen



El presente artículo tiene por objeto dar a conocer un compilado de la literatura existente referido al uso de programación dinámica en problemas de inventario.

Primero, se explicará el origen de cada herramienta y la forma en que se incorporaron en los problemas actuales. Para esto, se seguirá un orden cronológico de las publicaciones de varios autores y el detalle de sus respectivos trabajos.

## Abstract

This article aims to present a resume of the literature regarding to the use of dynamic programming in inventory problems.

Por último, el autor establecerá algunas observaciones generales, conclusiones y referencias obtenidas en este estudio y las referencias detalladas sobre los que se basó este trabajo.

## Palabras clave

Gestión de inventarios, problemas de inventario, programación dinámica, optimización.

## Aplicaciones de programación dinámica en problemas de inventario

## Introducción

Desde que la programación dinámica (PD) fue desarrollada, se ha utilizado en diferentes y variados tipos de problemas como problemas de inventario y problemas de fiabilidad.<sup>1</sup>

Los primeros esfuerzos, lejos de la matemática y cercano a una natural duda humana, fueron enfocados a encontrar el origen del nombre. Así, buscando en los orígenes de la misma, finalmente, se encontró el creador de la PD y los motivos que lo impulsaron. Lo anterior en un enfoque claro e inesperadamente humano, dado que estamos hablando de un complejo algoritmo matemático.

El objetivo de este estudio es presentar una secuencia actualizada de las publicaciones e investigaciones realizadas en una de las áreas mencionadas anteriormente, la administración de inventarios utilizando PD.

Citemos, literalmente, las palabras expresadas por el desarrollador creativo del método PD escrito en su autobiografía y cómo creó el nombre que todavía está en uso.

Esto tendrá en cuenta una breve explicación del origen de ambos (la administración de inventarios y la PD) por separado y como éstos se relacionaron.

*“La década de 1950 no fueron buenos años para la investigación matemática. Tuvimos un caballero muy interesante en Washington*





*llamado Wilson. Fue secretario de Defensa, y de hecho tenía un miedo patológico y odio a la palabra investigación. No estoy usando el término a la ligera; lo estoy usando con precisión. Su rostro cambiaba, se volvía rojo, y se ponía violento si las personas utilizaban el término investigación en su presencia. Usted puede imaginar cómo se sentía, sobre el término matemático. La RAND Corporation fue utilizada por la Fuerza Aérea, la cual tenía a Wilson como su jefe. Por lo tanto, yo sentí que tenía que hacer algo para proteger a Wilson y la Fuerza Aérea del hecho que yo estaba haciendo en realidad matemáticas dentro de la RAND Corporation. ¿Qué título?, ¿qué nombre podía elegir?. En primer lugar yo estuve interesado en planificación, en toma de decisiones, en pensamiento. Pero planificación, no es una buena palabra por varias razones. Por lo tanto decidí utilizar la palabra programación. Además, quería transmitir la idea que esto era dinámico, es decir con múltiples etapas y que era variable en el tiempo. Pensé, vamos a matar dos pájaros de un tiro. Tomemos una palabra que tiene un significado absolutamente preciso, dinámico, en el sentido físico clásico. También tiene una propiedad muy interesante como un adjetivo, y que es que es imposible usar la palabra dinámico en un sentido peyorativo. Trate de pensar en alguna combinación para darle un sentido peyorativo, es imposible. Por lo tanto, pensé que programación dinámica era un buen nombre. Era algo que ni siquiera un congresista podría objetar. Así que lo usé como un paraguas para mis actividades.”<sup>2</sup>*

De ahí el nombre de la PD, ahora a indagar el origen de la gestión de inventarios (GI). Originalmente, se señala que la GI fue iniciada por FW Harris en el año 1913, cuando desarrolló la fórmula de la cantidad económica

de pedido (CEP). No obstante, el desarrollo formal de la GI se lo designan a RH Wilson dado que fue él quien exploró con más dedicación su aplicación y usos en su artículo publicado en 1934.<sup>3</sup> En este documento, los costos variables totales se reducen al mínimo, mediante la definición de la cantidad óptima ordenada.

Fundiendo ambas vertientes, fue Bellman en su libro de 1957,<sup>4</sup> quien dedica un capítulo entero a introducir las relaciones y aplicaciones de la PD en la GI. Aquí se presenta la formulación de un proceso de toma de decisiones dado un futuro incierto. En este, se propone inicialmente una demanda desconocida y un costo de pedido fijo, como base, y variable según la cantidad ordenada. También introduce algunas sanciones cuando la demanda es mayor que la oferta, para incentivar a los gerentes a pedir una cantidad óptima. En sus palabras, “*simplemente, queremos determinar la política de ordenamiento en cada etapa que permitirá minimizar alguna función promedio del costo total del proceso*”.<sup>5</sup> El mismo elemento que el autor menciona, se encuentra en la mayoría de los actuales libros de programación dinámica y describen la relación de problemas de PD y GI, como lo demuestra DK Smith en su libro “Programación Dinámica: una introducción práctica” impreso en 1991.<sup>6</sup>

Casi al mismo tiempo de la publicación de Bellman, aparece otro enfoque que generaliza la CEP para una demanda variable durante el tiempo, llamado método de tamaño dinámico del lote. Este, da una nueva relación entre PD y GI que cubre un área mencionada por Bellman, pero no aborda en profundidad como “*las características comunes de estos modelos es el supuesto que el costo de hacer el pedido inicial, es directamente*



*proporcional a la cantidad ordenada. La adición de costos fijos de administración (costo a "la burocracia"), cambia la naturaleza del lote óptimo de manera esencial ... entramos en un territorio donde las cosas son mucho más duras, donde consideramos el caso en que el costo sanción incluye un término "burocracia", que es independiente de la cantidad ordenada",<sup>7</sup> visualizando los costos fijos y variables mencionados anteriormente. Este modelo publicado en 1958<sup>8</sup> es ampliamente conocido hoy como el método de Wagner-Whitin. Este es, hoy en día, utilizado frecuentemente en cursos introductorios de PD. Suponiendo que la demanda es conocida por cada período y que hay un costo variable de reordenamiento y almacenamiento, ellos fueron capaces de establecer que para una función de costos convexa (solo un óptimo), la política óptima de pedido era hacer un pedido para satisfacer una cierta cantidad de períodos y reordenar solo cuando el inventario alcanza el nivel cero. Con esto, fueron capaces de formular este problema como una PD e identificar, siguiendo una secuencia de ruta más corta, cuál es la cantidad de pedidos óptima que satisface las restricciones dadas.*

Algunos años más tarde Wagner, pero esta vez en compañía de Veinott, publicó en 1965,<sup>9</sup> así como Iglehart en 1963,<sup>10</sup> una extensión para el modelo anterior, pero de una manera estocástica, que considera costos fijos de reordenamiento. Ambos se diferencian en su presunción realizada para la demanda. El primero de ellos supone que sea discreta, mientras que el segundo considera la demanda que se distribuirá de forma continua. En términos de costos, asumieron que el almacenamiento y la reserva de elementos son lineales y que hay un cargo fijo administrativo por pedido.

El método de PD se utiliza universalmente en diferentes áreas, ya que solo cambiando correctamente algunos parámetros y realizando acertadas suposiciones se ajusta a la mayoría de las áreas. Algunas de ellas serán comentadas, enfocándonos claramente en problemas de GI. Normalmente, el desafío no está representado por la formulación del problema, sino que su resolución. Por esto se utilizan variados métodos que reducen el área factible, para lograr un resultado cercano al óptimo. Estos métodos heurísticos son desarrollados para cada caso particular y mediante el ajuste de los diferentes parámetros, se pueden obtener resultados lógicos, pero no se pueden expresar analíticamente.

En este punto, la iteración de la política de abastecimiento se utiliza ampliamente desde la publicación de Howard<sup>11</sup> en 1960. Este, en vez de resolver directamente un problema de PD, utilizaba una política de abastecimiento "adivinada". Mediante el uso de la recurrencia de la PD, esta suposición es evaluada en función del objetivo, para observar si esta política de producción es una mejora de la conjetura anterior o no. Si mejora, se vuelve a evaluar una mejora en esta política de abastecimiento y la secuencia se repite hasta que se alcanza el óptimo. Este proceso iterativo es muy rápido cuando la política inicial de partida está cerca de la óptima, la que se podría obtener con una búsqueda intuitiva o utilizando métodos heurísticos.

Para obtener una visión de la evolución de la modelación de inventarios dinámicos, es útil lo publicado por Girlich y Chikan.<sup>12</sup> Ellos entregaron una reseña histórica de la relación de las matemáticas aplicadas y la GI dado una variedad de diferentes puntos de vista como enfoque estadístico, probabilístico y



económico para la problemática del almacenamiento. También introducen al lector, en la teoría de decisiones para problemas estocásticos como el proceso de decisión de Markov.

A continuación, se comentará brevemente sobre variados papers, y su correspondiente autor, los que han presentado diferentes enfoques para problemas de GI utilizando PD, de las últimas décadas.

Como se ha comentado anteriormente, lo complejo de la PD es la resolución matemática. Debido a esto, se han desarrollado algunas aproximaciones, así como creaciones híbridas de PD con otros métodos. Siguiendo esta idea, en 1998, se presentó un problema de toma de decisiones secuenciales bajo incertidumbre por Van Roy, Bertsekas, Lee & Tsitsiklis.<sup>13</sup> En este trabajo se enfrentaron a un problema típico del retail, al abastecerse y determinar la locación del inventario en los almacenes y tiendas, con el fin de satisfacer las demandas del cliente y reducir al mínimo los costos de almacenamiento y transporte.<sup>14</sup> Aquí, se introducen técnicas de redes neuronales para obtener una aproximación del óptimo para una formulación de PD, en problemas de gestión del retail. Ellos emplearon el suficiente tiempo para realizar pruebas y ensayos, como para poder ajustar los diferentes parámetros utilizados en esta programación neuro-dinámica (PND). Con esta mezcla de técnicas, que utilizan los beneficios de ambos métodos, se logró reducir los requerimientos informáticos requeridos para la solución convencional de una PD. Partiendo de un problema con una tienda y un almacén, con solo 3 variables de estado, lograron evolucionar a un sistema de inventarios que incluía un fabricante (*manufactured goods*) con capacidad de

suministrar a los almacenes (*warehouse*), a las tiendas (*stores*) y en casos particulares, también a los demandantes (*customer demands*). Lo anterior, ante la escasez del inventario en una tienda y que el cliente, con cierta probabilidad, está dispuesto a esperar un tiempo más largo por una entrega directa desde el almacén o del fabricante. La estructura de costos consideró un costo de almacenamiento, con diferentes costos para cada posición, un costo por escasez (asociado a un cliente perdido por no ser satisfecho) y el costo de transporte asociado con la entrega especial. La idea era reducir al mínimo los costes de almacenamiento y transporte asociados a cada tienda, el almacén y entre ellos. Todo esto, suponiendo una demanda independiente e idénticamente distribuida para cada almacén, generado a partir de una distribución normal.

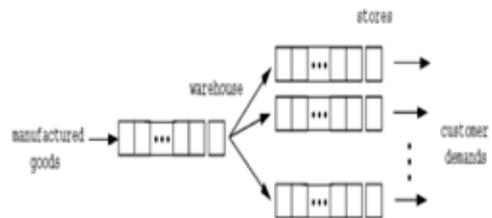


Figura N° 1: “Los buffers del sistema de inventario para minorista de Van Roy, Bertsekas, Lee & Tsitsiklis”.<sup>15</sup>

Como su modelo implica un sistema dinámico, que cambia en un tiempo discreto, cada etapa estuvo representada por *buffers* en la que los elementos se encuentran en un momento determinado. Se realizaba un paso diario que generaba el movimiento del sistema. Para cada etapa, los *buffers* de la izquierda, representan el retardo de la etapa anterior y los *buffers* de la derecha, representan cuando el elemento está listo para ser entregado. Por supuesto, se consideraron algunas restricciones como





el espacio existente en cada etapa y que la demanda no puede exceder la capacidad de producción. El movimiento descrito para el sistema, está representado en la figura N° 1, donde el desplazamiento sigue la flecha desde el fabricante hasta los clientes, a través del sistema. Una vez que el modelo fue descrito, se definieron los parámetros del sistema a ser representado. Estos son:<sup>16</sup>

1. Número de tiendas.
2. Retraso de tiendas.
3. Retardo de almacén.
4. Capacidad de producción.
5. Capacidad de la bodega.
6. Capacidad de la tienda.
7. Probabilidad de espera del cliente.
8. Costo de entrega especial.
9. Costo de almacenamiento en bodega.
10. Costo de almacenamiento en tienda.
11. Demanda promedio.
12. Desviación estándar de la demanda.
13. Costo de la falta de inventario.
14. Escasez.

Finalmente, detallaron su formulación de PD, PND y la política de abastecimiento a iterar, basados en los elementos comentados anteriormente, y presentaron los resultados obtenidos por dos estudios de caso realizados con su formulación PND, para valores particulares para cada parámetro.

Más tarde Buchanan y Abad<sup>17</sup> introdujeron en 1997 un sistema en el que el inventario también podía ser devuelto o reciclado por los clientes. Lo anterior, asignándole una fracción aleatoria del total de elementos del inventario que se encontraban circulando. Para lo anterior, asumieron que el tiempo de retardo del pedido y el costo de reaprovisionamiento era de cero (dado que existía reserva, por lo que ninguna

venta se perdía), se asignó un costo de almacenamiento para los elementos acumulados, de un período al siguiente, y que el inventario disponible en los almacenes de reciclaje, eran revisadas periódicamente. A partir de un sistema con un único período, evolucionaron a un sistema con N-períodos y, una política óptima de abastecimiento, se obtiene usando programación dinámica estocástica.

Una visión diferente para estos problemas de GI fue presentado en 2002 en un artículo publicado por Kleywegt, Nori y Savelsbergh.<sup>18</sup> A diferencia del caso en el que cada cliente cuida de su inventario, en este trabajo el problema está desde el punto de vista de un vendedor, que monitorea el inventario de sus clientes y decide cuándo y cuánto inventario le debe suministrar o reponer. Por lo que es el vendedor, quien necesita minimizar los costos asociados a la reposición de los stocks de sus clientes. La idea de esta variación fue representar los beneficios obtenidos por ambos -clientes y proveedores- mediante la adopción de este sistema de administración del inventario desde la mirada del vendedor. Al asumir un inventario de un tipo de elemento, sin reservas, una distribución de la demanda del cliente conocido, varios vehículos, un solo proveedor y varios clientes, fueron capaces de formular el problema como un proceso de decisión de Markov y proponer una programación dinámica aproximada (PDA). Este problema de enrutamiento de inventario fue diseñado para manejar múltiples entregas por viaje y el acercamiento a la solución, se obtiene dividiendo el problema general en pequeños sub problemas, para aproximarse al óptimo. En un extenso documento, ellos detallan todos los pasos realizados para conseguir



la formulación de este problema y cómo se hizo la aproximación.

Una mirada interesante para un problema de inventario bancario fue realizado por Nair y Anderson<sup>19</sup> en 2005. Lo novedoso de su planteamiento es que consideraron las reservas federales de los EE.UU. como inventario de un banco minorista. *“La gestión de estos depósitos es un problema de inventario importante y complejo, por dos razones. En primer lugar, las regulaciones de la Reserva Federal requieren que las instituciones depositarias mantengan ciertas cantidades para satisfacer los requerimientos de reservas legales contra las cuentas de los clientes (depósitos a la vista y otros ahorros). En segundo lugar, deben poseer el inventario esencial para operar en sus líneas principales de negocio: servicios de pago, las transferencias bancarias, préstamos, entre otros».*<sup>20</sup> El objetivo de este minorista es reducir al mínimo los fondos que tienen que ser depositados en la Reserva Federal, ya que no pagan interés para ellos. En su lugar, es mejor para los bancos gestionar esos fondos, a objeto de ganar intereses. El problema se origina en que los bancos podían transferir sus fondos en dos tipos de cuentas, una de ellas que requiere un 10% de la reserva y la otra, no requiere reserva en lo absoluto. Para gestionar estas transferencias, en 1994, los bancos minoristas introdujeron una herramienta denominada “programa de barrido de depósitos para minoristas” para gestionar el inventario de fondos, dando cumplimiento a la restricción de un máximo de 6 retiros que se puede hacer anualmente. En este trabajo, se presentan dos algoritmos de programación dinámica estocástica, utilizados para operar el citado programa dentro de las regulaciones federales y minimizar

los fondos estériles (sin intereses) en los bancos federales.

Por otra parte, cuando existe ambiente difuso como parte de un problema de PD, se origina la programación dinámica difusa. En esta área, en 2004, Abo-Sinna<sup>21</sup> realizó un compilado. En este estudio se abordó la PD multiobjetivo y cómo el concepto de un entorno difuso, se ha introducido y desarrollado en los últimos años. En el mismo orden de ideas -un par de años después- Geetharamani, Thangavel, Karnan y Elango<sup>22</sup> presentan un estudio de caso sobre GI con este enfoque. En este, se analiza un problema de inventario de elementos perecibles, introduciendo variables difusas, a una función objetivo difusa (como consecuencia de un entorno incierto), suponiendo que no hay reservas dado que los elementos son perecederos. La idea es reducir al mínimo el inventario disponible al final del horizonte de planificación. Para ello, se presenta la formulación y se detalla un ejemplo numérico de 4 períodos, con las etapas y las tablas correspondientes de la PD clásica, asumiendo una demanda fija para cada período.

Para los casos en que la demanda es estocástica y sensible al precio, siendo el precio óptimo y la política de inventario de características dinámicas, Chen, Ray & Song<sup>23</sup> publicaron un documento que pretende presentar la formulación de PD, basados en varios supuestos generales que van a ser comentados. Este problema de inventario asume un único elemento, una demanda insatisfecha (sin reserva), gastos de almacenamiento, gastos por acumular inventario de un período al siguiente, costos por escasez y costo de abastecimiento, con una componente fija y variable. El administrador tiene oportunidad



de, al término de cada período, revisar el inventario y de acuerdo con eso, decidir si emitir una orden y de qué tamaño. En un horizonte de venta finito, el objetivo es maximizar las ganancias del distribuidor minorista, mediante la manipulación de sus dos variables disponibles: el precio y el nivel de inventario. Los autores, presentaron un interesante enfoque matemático, con un detallado gráfico en el cual apoyan sus resultados.

Otra problemática que ha venido afectando a la gestión de inventario, es la incorporación del mercado electrónico. Este da una gran flexibilidad, tanto para el vendedor como para el cliente, generando un comercio en línea e incluso subastas como las de páginas web ampliamente conocidas como eBay o Amazon. Pero esta flexibilidad incorpora una nueva variable a ser controlada por el administrador de inventario. Esta situación de control de inventario fue propuesta por Lee, Lee & Bao.<sup>24</sup> Ellos, al introducir el mercado electrónico a su modelo, asumieron que los elementos del inventario podían ser adquiridos (aun cuando no hubiera inventario) o vendidos, directamente a través del mercado electrónico. Por lo que asumieron, que esta forma les significaba tener un menor tiempo de retraso en la entrega, pero a un costo de abastecimiento mayor que de una forma tradicional. Ellos fueron capaces de formular dicha situación y resolver la PD, para un plazo de retraso de hasta un período por parte de un proveedor, con una adecuada política de control de inventario.

Pero cuando el tiempo de espera es mayor a un período, debido a la complejidad matemática que esto genera, solo se puede identificar un óptimo aproximado, utilizando métodos heurísticos. Es por esto que las

aproximaciones propuestas por los autores, fueron una política de abastecimiento continua del tipo *order-up-to*, un tamaño constante de pedido para todos los períodos o mediante la resolución de un problema de minimización de costos para cada período, para fijar el tamaño del siguiente período, convirtiéndose en una orden dependiente del período de tiempo. Estas tres heurísticas fueron evaluadas y comparadas en cada política de abastecimiento, para períodos de espera de 1 y más largo. Finalmente, conocido el rendimiento de cada método, se propuso la utilización de una política dependiente del tiempo, para el tiempo de ejecución corto y un pedido fijo, para tiempos de espera más largo. En la figura N° 2 se presentan los resultados de cada método en términos de costo promedio por período para los diferentes plazos de entrega.

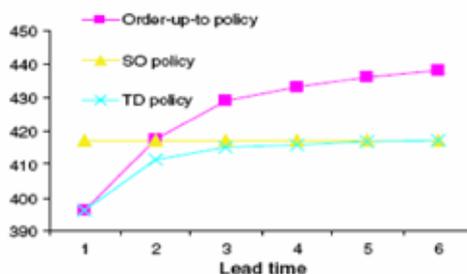


Figura N° 2: «Rendimiento de los métodos heurísticos propuestos por Lee, Lee & Bao».<sup>25</sup>

Otro método para problemas de gestión de inventarios, fue la aproximación matemática publicada por Prekopa<sup>26</sup> el año 2006. En su documento, muestra cómo una combinación del método húngaro, podría representar una buena opción para un problema de GI. Aquí, para minimizar un stock de seguridad que garantice una producción continua, se desarrolló un modelo estocástico de dos etapas de PD con



restricciones de seguridad y un inventario de múltiples elementos.

En otro enfoque, pero sin duda muy interesante, Haijema, van der Wal & van Dijk<sup>27</sup> es el que se enfrenta con un gran inventario perecible y, en el cual, se trató de minimizar la escasez y la pérdida de dicho inventario. Hasta este punto parece un problema normal de GI, pero en este caso estamos hablando de un elemento vital y rara vez producido: la sangre. Este elemento tiene un tiempo de vida de entre 5-7 días y de acuerdo con la edad de los donantes, es útil para diferentes propósitos. La sangre de donante joven, se prefiere para pacientes de oncología y hematología, que no son capaces de producir plaquetas por sí mismos. La sangre más antigua se utiliza para traumatología y cirugía general. Aunque existen transfusiones y cirugías programadas, más del 50% de la demanda semanal es incierto, y por supuesto se divide en diferentes tipos de sangre o grupos, y se demanda por separado para fines de sangre joven o vieja. En consecuencia, la demanda tiene una porción fija y una variable. En términos de costos, sin considerar los costos de "producción", el estudio incluye los costos de almacenamiento, el costo de vencimiento, que implica la pérdida de sangre donada por voluntarios, y el costo de la escasez, que incluye el costo adicional de la adquisición de la sangre de otro banco de sangre. Desde la perspectiva del proveedor, esta es voluntaria y reside en la predisposición del donante. Debido a esto, se ha hecho un gran esfuerzo para protegerlos de infecciones y enfermedades externas y generar una "gestión de los donantes" con programas para incentivar y mantener el nivel de los donantes. Entonces, su formulación de PD incluye, entre otros, los siguientes aspectos:<sup>28</sup>

1. La periodicidad, debido a la demanda y la producción de la sangre de diversas características para los diferentes días de la semana.
2. Dos tipos de demandas: la demanda de plaquetas (sangre joven) y la demanda de sangre vieja.
3. Normas de abastecimiento alternativo para los dos tipos de demanda.
4. Retraso de abastecimiento de 1 día.

Ellos desarrollaron una PD Markoviana y la implementaron en una simulación, para obtener los resultados. Para evaluar el rendimiento y la sensibilidad de su modelo y presentar los resultados obtenidos, utilizaron datos numéricos reales de un banco de sangre.

Por otra parte, hoy en día cuando la conciencia con respecto a los recursos naturales es un tema diario, Luo, Maqsood y Huang<sup>29</sup> proponen el uso de estas técnicas para controlar un inventario diverso, como podría ser un recurso hídrico. Ellos presentan un híbrido entre una PD estocástica y programación por intervalo. El modelo presentado puede hacer frente a problemas de planificación basados en recursos naturales con características dinámicas, incertidumbre de datos y definiciones multietapas.<sup>30</sup> Para lo anterior, también presentaron una aplicación que, con el uso de valores numéricos, permite la obtención de datos de salida, los que se analizaron y evaluaron exhaustivamente.

Para problemas generales de GI, Zipkin<sup>31</sup> presentó un modelo general que considera un tiempo discreto, demanda estocástica, plazo de entrega constante y con pérdida de ventas, cuando no existe inventario disponible. Para lo anterior, utilizando valores numéricos, analizó y evaluó el desempeño



de diferentes métodos heurísticos para solucionar este tipo de problemas.

Otro problema común que se enfrenta en GI, se presenta cuando los datos actuales del inventario no son exactos o se observan parcialmente. Este tipo de situaciones podría presentarse debido a una mala observación del inventario, porque la información se actualiza con cierto retraso, porque algunos elementos estaban fuera de lugar o, simplemente, fueron robados, porque algunos de ellos se deterioraron durante el tiempo sin ser detectado o porque la cantidad recibida por el proveedor fue asumida correcta y no fue exacta. Este tipo de problemas fueron considerados por Bensoussan, Cakanyildirim, Minjarez-Sosa, Sethi y Shi,<sup>32</sup> paper en el que, aparte de la observación parcial del inventario, no pierde ventas por falta de inventario, permitiendo la reserva de inventario de un período al siguiente. Ellos presentan la formulación de PD y proporcionan un enfoque matemático para su resolución. También proponen un método de aproximación mediante el establecimiento de finitud a ciertos parámetros y reducir, en consecuencia, la región factible. El reto aquí es encontrar una familia finita adecuada de funciones para representar la distribución condicional del nivel de inventario.<sup>33</sup>

Por otra parte, cuando un distribuidor tiene diferentes productos con precios y costos variados, el problema en consecuencia tiene bastante variabilidad. Si este problema de GI posee un número finito de elementos, una demanda y una preferencia del cliente de tipo estocástico, una buena aproximación fue presentada por Honhon, Gaur y Seshadri.<sup>34</sup> Ellos partieron modelando la demanda de cada producto y como la preferencia por los diferentes productos era estocástica, identificaron los diferentes tipos de clientes

y de acuerdo a cada tipo, obtuvieron una distribución de probabilidades representativa para cada producto. Cada uno de los tipos es una proporción fija de la demanda total del distribuidor. Como es esperable, el objetivo del distribuidor es maximizar las utilidades, pero para un período único. El problema que enfrentaron fue que la función de rentabilidad entregaba múltiples óptimos locales, pero ellos fueron capaces de encontrar entre ellos el óptimo único. Para resolver el problema de PD utilizaron un algoritmo pseudo-polinomial complejo. Para lo anterior, presentan en su documento un ejemplo numérico detallado con las tablas de rendimiento de las diferentes heurísticas utilizadas en las distintas situaciones, presentando entre otros, la cantidad de inventario, el tiempo de cálculo utilizado y la rentabilidad esperada.

Un caso particular de la presentada previamente por Bensoussan, Cakanyildirim, Minjarez-Sosa, Sethi y Shi,<sup>35</sup> fue presentado por Bensoussan, Cakanyildirim, Feng y Sethi<sup>36</sup> al referirse al caso en que la información relativa al inventario, es obtenida con cierto retraso por el tomador de decisiones. En estos casos, el gestor debe decidir sobre la base de un nivel de inventario de referencia, el cual corresponde a la última actualización que recibió del inventario. Este retraso podría explicarse por mal funcionamiento, por problemas en la gestión de datos o simplemente por problemas en la red. Esto ocurre normalmente cuando los sistemas de gestión de inventario antiguos, son actualizados y lo anterior, combinado con los nuevos sistemas de datos, generalmente produce problemas en el flujo normal de la información. Con el modelo propuesto, fueron capaces de evaluar el comportamiento de la rentabilidad en el tiempo, para diferentes datos de retraso. Con esto, se puede determinar el impacto económico que tendría la



incorporación de un nuevo sistema de datos y evaluar, si su inversión será menor que el retorno esperado. Este documento representa una herramienta útil para evaluar las futuras inversiones para mejorar la GI. Al igual que en los escritos anteriores, ellos presentan la formulación del problema de PD y lo resuelven para un horizonte de planificación finito.

Un enfoque diferente para dos tipos de clientes, fue presentado por Wang, Yan y Sethi.<sup>37</sup> Los dos tipos de clientes se diferencian en el tiempo que están dispuestos a esperar para que el elemento sea entregado. Este tiempo de espera es diferente para un cliente que necesita el producto inmediatamente y otro que puede esperar hasta el próximo período. El problema del proveedor es cómo se distribuye el inventario disponible, para abastecer a ambos clientes y cómo se gestiona la cartera de pedidos. Para hacer frente a este problema, se establecen algunas reglas de prioridad en relación a la satisfacción de las órdenes atrasadas, con la llegada de nuevo inventario a ser distribuido. Ellos establecieron que el primer pedido recibido es el primer pedido abastecido, considerando los pedidos pequeños primero y asegurar futuros pedidos pequeños, y con posterioridad los pedidos más grandes ya formulados. Así, en una primera instancia se obtiene la política de abastecimiento óptima para cada ciclo, y obtenido ese inventario óptimo inicial, evaluar el comportamiento del sistema con políticas de reserva de inventario.

Como se ha presentado anteriormente, al trabajo anterior, se le agregó por parte de Zhou, Katehakis, y Zhao<sup>38</sup> una nueva variable. Ellos consideraron, además, el caso en que los distribuidores ofrecen una cantidad sobre la cual no habrá costo de envío, para cada período en que dicha cantidad sin costo de

envío es superada. Esta situación se observa con frecuencia y representa una tentación para el comprador, en agrandar la cantidad ordenada para obtener este envío gratis. Pero el riesgo que representa, es que el costo del exceso podría significar un costo mayor que el dinero que se ahorra en el envío libre. Este problema, desde el punto de vista del cliente y para un solo elemento inventariado, es abordado en este artículo. Es así como, considerando una demanda aleatoria, una revisión de stock periódica, un solo producto, una progresión del costo dependiendo de la cantidad solicitada y un solo producto, es formulado el problema con PD estocástica y proporciona una política óptima de GI.

En la figura N° 3, un nuevo elemento es incorporado al sistema, se permite el transbordo entre dos destinos. Esta situación fue presentada por Olsson.<sup>39</sup> Con un solo elemento inventariado y con dos ubicaciones en paralelo (con transbordo lateral entre ellos), se formula la PD para determinar la política óptima para suministrar a ambas ubicaciones.

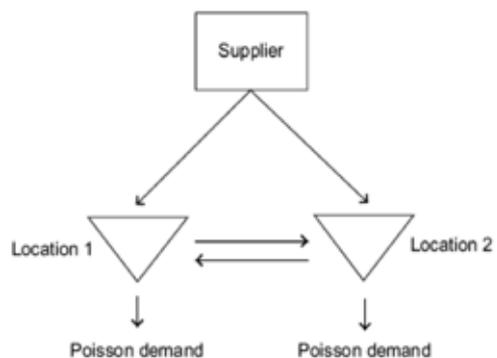


Figura N° 3: «La representación gráfica del sistema que permite transbordo lateral presentado por Olsson».<sup>40</sup>

Algunos de sus supuestos fueron una demanda de distribución Poisson para cada destino, un



tiempo de cero para el transbordo, un tiempo de espera exponencialmente distribuida, un sistema de inventario con un solo tipo de elemento, sin pedidos pendientes permitidos (a menos que el otro destino tenga el inventario disponible para ser transbordado) y como supuesto que una orden desde el abastecedor, llevará más tiempo que el transbordo. Basado en lo anterior, formuló el problema de PD estocástica, para obtener la política de abastecimiento óptima para las ubicaciones. Usando valores numéricos, evaluó el desempeño de la política de abastecimiento óptima obtenida para la GI, presentando todos los resultados obtenidos.

## Comentarios, conclusiones y referencias

Como puede establecerse en la lectura del texto, punto totalmente claro en todas ellas, es la limitación que enfrentan en la solución tradicional de problemas formulados con PD cuando se incluyen varias variables y estados. Por lo general, formulan la PD para una situación puntual basado en supuestos, para lograr una solución inicial. Para luego establecer una generalización del modelo obtenido para otras situaciones, pero la mayor parte de ellas debe finalmente ser resuelto por métodos heurísticos que permiten encontrar valores cercanos o aproximados del óptimo, o simplemente reducir el espacio de soluciones factibles del problema, es aquí donde el desarrollo de heurística, basado en el clásico método del ensayo-error, toma un rol relevante para permitir ajustar parámetros y variables, de modo de afinar los modelos a valores cercanos al óptimo.

Después de la formulación del problema a través de PD clásica, PD heurística o métodos

híbridos, normalmente utilizan datos numéricos reales para evaluar el desempeño de su modelo, validarlo y demostrar su utilidad para enfrentar la problemática para la que fueron diseñados.

Para este autor, esta investigación y repaso por la literatura técnica del tema, ha permitido visualizar los esfuerzos realizados a lo largo de los años por diversos autores, en pos de resolver algunos problemas cotidianos que para un ojo inexperto, parecen relativamente simples. También, permitió visualizar que un modelo sencillo y solucionable puede escalar a un problema complejo de solucionar con la matemática tradicional, con solo agregarle nuevas variables.

Mi personal reconocimiento a todos quienes han dedicado su vida al estudio en estas áreas de la optimización y que han permitido en conjunto, dar soluciones a problemas reales del mundo en que vivimos.

## Bibliografía

- 1 Dynamic Programming Notes, OA 131, Cranfield University, Introduction to Operational Research Techniques.
- 2 BELLMAN, R., "Eye of the Hurricane", p.159, cited in DREYFUS, S., "Richard Bellman on the Birth of Dynamic Programming", INFORMS, Vol. 50, N° 1, January-February 2002, p. 48.
- 3 WILSON, R.H., "A Scientific Routine for Stock Control", Harvard Business Review, 13, pp. 116-128.
- 4 BELLMAN, R., "Dynamic Programming", Princeton University Press, Princeton, 1957, p. 152.



- 5 Ibídem, p. 154.
- 6 SMITH, D. K., "Dynamic Programming: a practical introduction", Ellis Horwood Limited, England, 1991, p. 55.
- 7 BELLMAN, "Dynamic Programming", op. cit., p. 159.
- 8 WAGNER, H.M. & WHITIN, T.M., "Dynamic Version of the Economic Lot Size Model", Institute of Management Sciences, October 1958, Volume 5, Number 1, pp. 89-96.
- 9 VEINOTT, A. & WAGNER, H.M., "Computing Optimal (s, S) policies", Management Science, 11, 1965, pp. 525-552.
- 10 IGLEHART, D., "Dynamic Programming and Stationary Analysis of Inventory Problems", 1963, pp. 1-31, cited in BEYER, D. & SETHI, S. P., "The classical average-cost inventory models of Iglehart and Veinott-Wagner revisited", Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 101, N° 3, 1999, pp. 523-555.
- 11 HOWARD, R.A., "Dynamic Programming and Markov Processes", Cambridge, The MIT Press, 1960.
- 12 GIRLICH, H.J. & CHIKAN, A., "The Origin of Dynamic Inventory Modeling Under Uncertainty (the men, their work and connection with the Stanford Studies)", Int. J. Production Economics 71, 2001, pp. 351-363.
- 13 VAN ROY, B., BERTSEKAS, D.P., LEE, Y. & TSITSIKLIS, J.N., "A Neuro-Dynamic Programming Approach to Retailer Inventory Management", In Proceedings of the IEEE Transactions on Automatic Control, 1997.
- 14 Ibídem, p. 2.
- 15 Ibídem, p. 6.
- 16 Ibídem, p. 9.
- 17 BUCHANAN, D. J. & ABAD, P. L., "Optimal policy for a periodic review returnable inventory system", IIE Transactions 30, 1998, pp. 1049-1055.
- 18 KLEYWEGT, A. J., NORI, V. S. & SAVELSBERGH, M. W. P., "Dynamic Programming Approximations for a Stochastic Inventory Routing Problem", Transportation Science, Volume 38, Issue 1, 2004, pp. 42-70.
- 19 NAIR, S.K. & ANDERSON, R.G., "Specialized Inventory Problem in Banks: Optimizing Retail Sweeps", Federal Reserve Bank of St. Louis, Working Paper N° 2005-023A, 2005, Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=763685>.
- 20 Ibídem, p. 3.
- 21 ABO-SINNA, M.A., "Multiple objective (fuzzy) dynamic programming problems: a survey and some applications", Applied Mathematics and Computation 157, 2004, pp. 861-888.
- 22 GEETHARAMANI, G, THANGAVEL, K., KARNAN. M. & ELANGO, C., "Fuzzy Dynamic Programming Model for Perishable Inventory Control System", ACSE Journal, Volume 6, Issue 3, 2006, pp. 9-14.



- 23 CHEN, Y., RAY, S. AND SONG, Y., "Optimal Pricing and Inventory Control Policy in Periodic-Review Systems with Fixed Ordering Cost and Lost Sales", *Naval Research Logistics*, Vol. 53, 2006, pp. 117-136.
- 24 LEE, L.H., LEE C. & BAO, J., "Inventory Control in the Presence of an Electronic Marketplace", *European Journal of Operational Research* 174, 2006, pp. 797-815.
- 25 *Ibidem*, p. 808.
- 26 PREKOPA, A., "On the Hungarian Inventory Control Model", *European Journal of Operational Research* 171, 2006, pp. 894-914.
- 27 HAIJEMA, R., VAN DER WAL, J & VAN DIJK, N.M., "Blood Platelet Production: Optimization by Dynamic Programming and Simulation", *Computers & Operations Research* 34, 2007, pp. 760-779.
- 28 *Ibidem*, p. 762.
- 29 LUO, B., MAQSOOD, I. & HUANG, G.H., "Planning Water Resources Systems with Interval Stochastic Dynamic Programming", *Water Resour Manage*, 2007, pp. 997-1014.
- 30 *Ibidem*, p. 1012.
- 31 ZIPKIN, P., "Old and New Methods for Lost-Sales Inventory Systems", *Operations Research* 56(5), 2008, pp. 1256-1263.
- 32 BENSOUSSAN, A., CAKANYILDIRIM, M., MINJAREZ-SOSA, J.A., SETHI, S.P. & SHI, R., "Partially Observed Inventory Systems: The Case of Rain Checks", *SIAM Journal on Control and Optimization*, Forthcoming. Available at <http://ssrn.com/abstract=1087812>.
- 33 *Ibidem*, p. 16.
- 34 HONHON, D., GAUR, V. & SESHADRI, S., "Assortment Planning and Inventory Decisions under Stock-Out Based Substitution", *Johnson School Research Paper Series No. 01-09, McCombs Research Paper Series N° IROM-07-09*. 2008. Available at <http://ssrn.com/abstract=1271270>.
- 35 BENSOUSSAN, *loc. cit.*
- 36 BENSOUSSAN, A., CAKANYILDIRIM, M., FENG, Q. & SETHI, S.P., "Optimal Ordering Policies for Stochastic Inventory Problems with Observed Information Delays", 2008, *Production and Operations Management*, Forthcoming. Available at <http://ssrn.com/abstract=1098458>.
- 37 WANG, H., YAN, H. & SETHI, S., "Inventory Models with Alternative Delivery Lead Times, Demand Backlogging, and Priority Rules", 2009. Available at <http://ssrn.com/abstract=1338914>.
- 38 ZHOU B., KATEHAKIS M.N., & ZHAO, Y., "Managing Stochastic Inventory Systems with Free Shipping Option", *European Journal of Operational Research* 196, 2009, pp. 186-197.
- 39 OLSSON, F., "Optimal Policies for Inventory Systems with Lateral Transhipments", *Int. J. Production Economics* 118, 2009, pp. 175-184.
- 40 *Ibidem*, p. 176.



## Los Sistemas de Información Geográfica, una herramienta útil para la gestión y manejo de las emergencias y catástrofes.

MAY. (IPM) Pedro Castillo Figueroa, Ingeniero en Sistemas, mención Geoinformática.

### Resumen



En el contexto de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para emergencias, este artículo expone brevemente los conceptos asociados a la gestión del riesgo y desastres, pasando por las definiciones de amenazas hasta las etapas del ciclo del riesgo.

Por otra parte, relacionado con los SIG, se expone y pone énfasis en las diferentes aplicaciones que se pueden desarrollar con los SIG, en la que destaca el manejo de emergencias y catástrofes, junto con los países más avanzados y desarrolladores de tecnología para emergencias. Además en otro punto, se define los conceptos asociados a los SIG mostrando una mirada técnica con la finalidad de tener un lenguaje común y homólogo.

Finalmente, el esfuerzo principal se centra en el desarrollo de una descripción detallada de instituciones a nivel mundial que son responsables de cada país y son parte de sus respectivos sistemas de protección civil, con énfasis en sus respectivas herramientas SIG para el manejo y gestión de desastres, de los cuales destaca Estados Unidos, México, Panamá, Colombia, Uruguay, Argentina, Perú y Chile, lo que permitirá intuitivamente saber qué es lo que existe a nivel mundial y como se encuentra Chile en este ámbito.

### Abstract

In the context of the systems of geographic information for emergencies, this article

exposes in brief the concepts associated to the management of the risk and disasters, going through the definitions of threats until the stages of the cycle of the risk.

On the other hand, related with the GIS in the actuality, exposes and puts emphasis in the different applications that can develop with the GIS, in which it stands out the handle of emergencies and catastrophes, together with the most advanced countries and developers of technology for emergencies. Besides in another point, defines the concepts associated to the GIS exposing a technical look with the purpose to have a common language and recognize.

Finally, the main effort centers in the development of a description detailed of institutions to world-wide level that are responsible of each country and are part of his respective systems of civil defense, with emphasis in his respective tools GIS for the handle and management of disasters, of which stands out United States, Mexico, Panama, Colombia, Uruguay, Argentina, Peru and Chile, what will allow intuitive that is exists it to level and as it finds Chile in this field.

### Introducción

En los últimos años, ningún lugar del mundo ha estado ajeno a y salvo de los desastres y catástrofes de origen natural y antrópicos.



Desde el terremoto y tsunami en Indonesia, hasta la sequía y plagas que arrasaron países de África y China, la devastación causada por los huracanes y ciclones en Estados Unidos, el Caribe y el Pacífico, las grandes inundaciones en Europa y Asia, los volcanes del cinturón de fuego del Pacífico con megaerupciones, donde sus cenizas han dado la vuelta al mundo, hasta los grandes terremotos que devastaron Tohoku en Japón, Puerto Príncipe en Haití, y en el plano nacional el terremoto del 27F e Iquique. Por otra parte, la tragedia del incendio de Valparaíso. Los desastres y catástrofes han causado la muerte de centenares de miles de personas y han dejado a millones en el desamparo.

Los desastres se definen como aquellas situaciones o procesos que pueden desencadenarse por la manifestación de un fenómeno natural o antrópico, que al encontrar condiciones de vulnerabilidad en la comunidad, cuando excede la capacidad de respuesta de esta ante el fenómeno, causando intensa alteración en las condiciones normales de funcionamiento de una comunidad, lo que se expresa a través de las pérdidas humanas, destrucción de los bienes y daño al medioambiente, pasa a ser una catástrofe.

En este marco, los países desarrollados a finales de los años 90, comienzan a explorar la utilización de los SIG, como una herramienta para desarrollar planes de respuesta ante emergencias y catástrofes, visualización en tiempo real de la afectación de un área ante un evento, entregando información fidedigna y confiable a las autoridades para la toma de decisiones, con la gran finalidad de salvar el máximo de vidas posibles.

El terremoto del 27F produjo tal impacto a nivel nacional que generó un cambio de mentalidad, las instituciones y servicios del estado idearon nuevas iniciativas, una de ellas es el Sistema Integrado de Información para Emergencias (SIIE), desarrollado por el Instituto Geográfico Militar (IGM), posicionando a Chile como referente a nivel regional en la integración de información en los SIG para la planificación y gestión de emergencias.

### Definiciones previas<sup>1</sup>

SIG: es un conjunto de elementos que interactúan entre sí y lo componen 5 elementos fundamentales:

- Software.
- Hardware.
- Personas.
- Procesos.
- Datos.

Evento: acontecimiento natural o producto de la acción humana, que requiere una respuesta para proteger la vida, los bienes y el medioambiente.

Riesgo: probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, económicos y ambientales, en un lugar y tiempo determinado.



Figura N° 1: Fórmula del riesgo.

Amenaza: se concibe como un factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que



puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinada.

**Vulnerabilidad:** se concibe como un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.

**Gestión del riesgo:** la gestión del riesgo abarca la evaluación y el análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y de acciones específicas para controlar, reducir y transferir el riesgo.

**Ciclo del riesgo:** es un modelo de gestión que sistematiza acciones a desarrollar para evitar la ocurrencia o reducir el impacto de emergencias.



Figura N° 2: Ciclo del riesgo.

## Los SIG en la actualidad

Hoy en día los SIG nos permiten hacer un análisis exhaustivo y detallado del territorio en los ámbitos más diversos. Son herramientas versátiles y eficientes, con un amplio campo de aplicación en cualquier actividad que conlleve un componente espacial.

Los SIG son herramientas indispensables para la toma de decisiones en las que la información espacial tiene una especial relevancia. De alguna de estas decisiones depende en muchos casos el éxito o el fracaso, como por ejemplo: de una operación militar o en la ejecución de un plan de respuesta ante una emergencia.

Teniendo en cuenta esto, resulta fácil comprender la relevancia que estas tecnologías están adquiriendo para el mundo en diferentes áreas de aplicación.

Dentro de sus aplicaciones tenemos:

- Agricultura.
- Electricidad.
- Gas.
- Telecomunicaciones.
- Manejo ambiental, ecología y conservación.
- Forestación.
- Negocios inmobiliarios, estudios de mercado.
- Transporte.
- Distribución y recursos de agua.
- Logística.
- Fotografías aéreas.
- Oceanografía.
- Operaciones militares.
- Ciclo del riesgo.

En este último punto Japón, Canadá, Holanda y Estados Unidos, entre otros, son los países más avanzados y desarrolladores de software para las aplicaciones SIG, los cuales han migrado la información de una aplicación desktop a la nube vía internet, integrando la información relevante para el manejo de la emergencia, permitiendo estar disponible en todo momento y en todo lugar.



Bajo el punto de vista local, Chile por medio del IGM se destaca por crear una metodología de integración de la información relevante para la emergencia bajo la plataforma ArcGis, lo que ha permitido integrar la cartografía nacional a diferentes escalas con diferentes bases de datos en un solo lenguaje, homologadas, verificadas y validadas.

Por otra parte, la Academia de Guerra (ACAGUE), la Academia Politécnica Militar (ACAPOMIL) y la Universidad Católica del Norte (UCN), han desarrollado una herramienta para el entrenamiento de autoridades y organismos que son parte del Sistema de Protección Civil Nacional, dicha aplicación es el Sistema de Gestión y Entrenamiento de Situaciones de Emergencia (SIGEN), el que se encuentra implementado en el Centro de Entrenamiento Operativo Táctico del Ejército (CEOTAC), y cuya información está basada en situaciones ficticias, pero no muy alejadas de la realidad, que permite establecer los puntos críticos en los procesos y en la toma de decisiones, el cual también tiene una aplicación SIG.

### Conceptos asociados a un SIG<sup>2</sup>

Capa vectorial, la mayoría de los elementos se pueden representar mediante vectores, estos son punto, línea y polígonos, que en su conjunto forman capas, como muestra la siguiente figura:

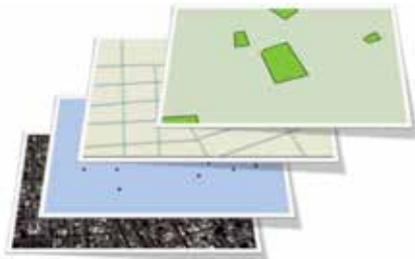


Figura Nº 3: Capas vectoriales.

Capa Raster, es una imagen matricial compuesto por pixeles.

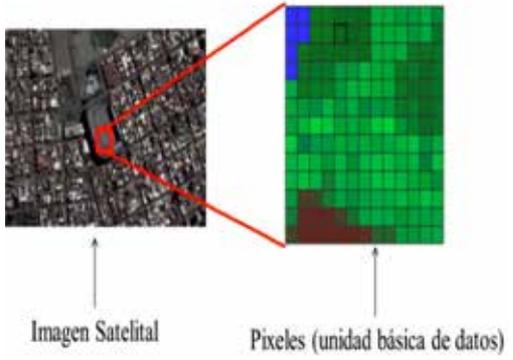


Figura Nº 4: Capa Raster.

Modelo Digital de Elevación (MDE), es un tipo de modelo digital de terreno (MDT) más conocido, en el que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia conocido.

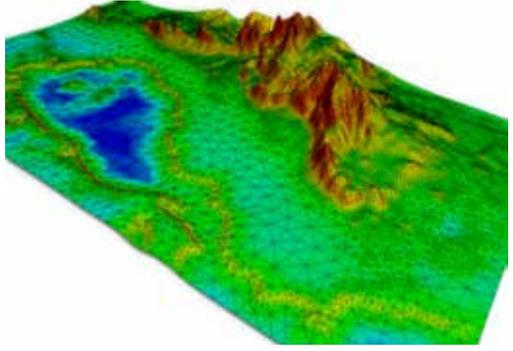


Figura Nº 5: Modelo Digital de Elevación.

Escala, indica cuál es la relación existente entre la realidad de un terreno y un mapa del mismo, existen dos tipos de escala: escalas grandes y pequeñas, a mayor escala mayor detalle.



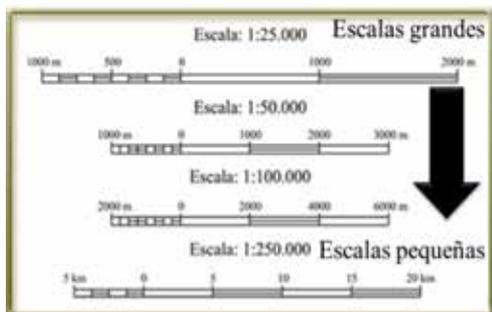


Figura N° 6: Relación de escala.

Proyección cartográfica, es un sistema de representación gráfica que establece una relación entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y su proyección en una superficie plana.



Figura N° 7: Proyección cartográfica.

Georeferenciación, es la ubicación espacial de un elemento con respecto a un sistema de referencia conocido (DATUM).

### Instituciones y sus SIG para emergencias en el contexto internacional

En el contexto internacional se destacan las siguientes instituciones con sofisticados software para la reducción del riesgo y desastres, entre los cuales encontramos:

#### Agencia Federal para el Manejo de Emergencias<sup>3</sup>

La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), es la agencia del

Gobierno de los Estados Unidos que da respuesta a huracanes, terremotos, inundaciones y otros desastres.

La misión de FEMA es apoyar a los ciudadanos y a las agencias de primera respuesta, y garantizar que como país se trabaje para desarrollar, mantener y mejorar su capacidad de preparación, protección, respuesta, recuperación y mitigación ante todos los peligros; tiene más de 3.700 empleados con un régimen de 24/7.

Se vincula con el Centro de Operaciones en Emergencias de Mount Weather y el Centro Nacional de Entrenamiento para Emergencias en Emmitsburg, Maryland. Con respecto a este último centro cuenta con alrededor de 4.000 empleados reservistas de asistencia en desastres que están disponibles para asignaciones en caso de desastre.

El FEMA posee la herramienta FEMA GEOPLATFORM que opera en internet como una aplicación webmaps service, sustentado por la plataforma tecnológica ArcGIS, bajo el concepto de mapas inteligentes, la información se encuentra respaldado en la nube, lo que permite en caso de un blackout de sus servidores, tener acceso en todo momento y todo lugar. Además integra diferentes bases de datos en línea con diferentes servicios estatales que poseen información relevante para el manejo de la emergencia, posee un Centro de Servicio de Mapas robustecido con su cartografía base a diferentes escalas, todo lo anterior permite determinar los riesgos ante un desastre en un área determinada. Por otra parte, integra las redes sociales, posee un sistema de mensajería y levantamiento de información en terreno integrado.



Otra potencialidad es su capacidad de modelamiento de diferentes eventos como sismos, tsunamis, inundaciones, huracanes, tormentas de nieve, entre otros.

Se encuentra conectado en tiempo real con los servicios de alerta temprana de los Estados Unidos, como por ejemplo: la U.S. Geological Survey (USGS), Pacific Warning Center de Hawai y la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOOA).



Figura N° 8: FEMA Geoplatform.<sup>4</sup>



Figura N° 9: Webmaps service FEMA Geoplatform.<sup>5</sup>

### Centro Nacional de Prevención de Desastres<sup>6</sup>

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) perteneciente al gobierno de México tiene como misión la de prevenir, alertar y fomentar la cultura de autoprotección para reducir el riesgo de

la población ante fenómenos naturales y antropogénicos que amenacen sus vidas, bienes y entorno, a través de la investigación, monitoreo, capacitación y difusión.<sup>7</sup>

CENAPRED tiene como finalidad crear, gestionar y promover políticas públicas para la prevención de desastres y reducción de riesgos a través de la investigación, el desarrollo, aplicación y coordinación de tecnologías; así como impulsar la educación, la capacitación y la difusión de una cultura preventiva y de autoprotección para la población ante la posibilidad de un desastre.

Para todo lo anterior, CENAPRED ha instrumentado una iniciativa llamada Atlas Nacional de Riesgos, que permite conocer las características de los fenómenos y su distribución geográfica, así como la manera en que impactan en la población, vivienda, infraestructura, agricultura y medioambiente.

Es un sistema integral de información, compuesto por bases de datos que permiten integrar y difundir los resultados de los análisis de peligro, de vulnerabilidad y de riesgo, elaborados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, Entidades Federativas y Centros de Investigación. Tiene como objetivo emitir recomendaciones para la oportuna toma de decisiones y establecer medidas de prevención y mitigación.

El Atlas Nacional de Riesgos es un instrumento que fortalece al Sistema Nacional de Protección Civil, ya que incide en acciones tales como la definición de políticas y estrategias de prevención, el diseño de obras de mitigación, la evaluación de pérdidas humanas y materiales, y contribuye a la integración de información sobre riesgo en





los planes de desarrollo urbano y ordenamiento territorial.



Figura N° 10: Atlas Nacional de Riesgos.

El Atlas Nacional de Riesgos entrega información mediante mapas asociados a links, los cuales no son dinámicos, entre ellos encontramos los siguientes mapas.<sup>8</sup>

Geológicos, mapas de sismos, volcanes activos, mapas de escenarios de peligros del volcán Popocatepetl, tsunamis lejanos y locales, regiones potenciales de deslizamiento de laderas.

Hidrometeorológicos, mapas relacionados a ciclones tropicales, mapa municipal de peligro por inundaciones, mapas relacionados a tormentas de granizo, mapas relacionados a heladas y nevadas, mapas relacionados a tornados, mapas relacionados a viento, mapas relacionados a sequías, mapas relacionados a frentes fríos.

Químicos, índice de peligro por sustancias químicas, índice de peligro por sustancias inflamables, mapas de almacenamiento de sustancias peligrosas, mapa sobre presencia de dengue, índice de peligro por municipio en las costas de México por la presencia de marea roja.

Socioeconómicos, estadísticas estatales de fenómenos socio-organizativos, mapas de declaratorias de desastres, emergencias y contingencias climatológicas, estadísticas estatales de muertes y pérdidas económicas, índice de vulnerabilidad social.



Figura N° 11: Mapa sísmico de México.

### Sistema Mesoamericano de Información Territorial para la Reducción de Riesgos de Desastres Naturales<sup>9</sup>

La región mesoamericana, comprendida por Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y República Dominicana, está continuamente expuesta a diferentes tipos de amenazas naturales y al alto grado de vulnerabilidad existente.

Estos eventos afectan negativamente el desarrollo, poniendo en riesgo no solo a las poblaciones sino a la infraestructura física, principalmente vinculada a sectores como la educación, la salud, el transporte, las telecomunicaciones y la generación y distribución eléctrica; teniendo los países que reorientar sus escasos recursos de inversión pública y privada hacia actividades de emergencia y reconstrucción, cada vez que ocurre un desastre.





En diciembre de 2008 el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó una cooperación técnica no reembolsable a fin de apoyar el desarrollo del “Sistema de Coordinación Mesoamericano de Información Territorial para la Reducción de Riesgo de Desastres Naturales (SMIT)”, que se impulsa en el marco del Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica (Proyecto Mesoamérica). La unidad ejecutora central del proyecto es el Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe, ubicada en Panamá.



Figura N° 12: Plataforma SMIT.

El SMIT posee un geoportal con herramientas para el registro, control, ordenamiento de metadatos de datos espaciales y gestión de servicios de mapas web, además de mapas online, este sistema ofrece la capacidad de visualizar, combinar, seleccionar y realizar consultas en capas de información y datos cartográficos.

Otra potencialidad es su foro como componente de discusión entre usuarios del sistema, que permite optimizar el intercambio de datos e información de una manera más eficiente.

Finalmente, posee una herramienta para compartir documentación estructurada en directorios de manuales, guías, fotos, animaciones y videos que sirven como referencia para el seguimiento apropiado de las tareas y actividades de los países.



Figura N° 13: Geoportal SMIT.

### Sistema Nacional de Emergencias<sup>10</sup>

El Sistema Nacional de Emergencias (SINAE) del gobierno de Uruguay es un sistema público de carácter permanente cuya finalidad es la protección de las personas, los bienes de significación y el medioambiente ante el acaecimiento eventual o real de situaciones de desastre, mediante la coordinación conjunta del Estado con el adecuado uso de los recursos públicos y privados disponibles, de modo de propiciar las condiciones para el desarrollo nacional sostenible.

El SINAE posee un nuevo Sistema de Información Geográfica, cuenta con una base de más 3.600 registros que compila información sobre emergencias y desastres ocurridos en Uruguay desde 1983 hasta la actualidad.

La base de datos desarrollada por el SINAE incluye fuentes hemerográficas y archivos históricos del SINAE y de los Comités Departamentales de Emergencias (CDE) desde 1983 hasta 2014. El objetivo de la base de datos es presentar todos los eventos adversos -pequeños, medianos y grandes- que ocurrieron en el país en los últimos 30 años. Los registros tienen información sobre la ubicación geográfica, el tipo de evento y sus causas, la duración, el nivel de respuesta, y las personas y servicios que resultaron



afectados. Se está realizando un estudio que permitirá generar una metodología para incluir también la cuantificación económica estimada, es decir, el costo aproximado de cada emergencia o desastre.

El Sistema de Información Geográfica brinda insumos que permiten diseñar, implementar y evaluar las estrategias y políticas de reducción del riesgo en sus diferentes fases: prevención, mitigación, respuesta, rehabilitación y recuperación.

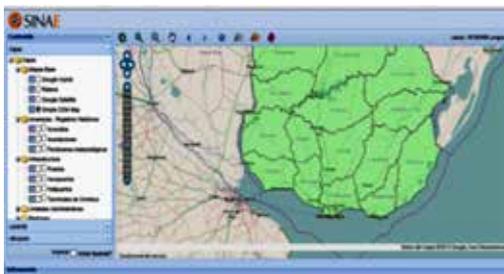


Figura N° 14: SIG SINAIE.

### Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres de la Presidencia de la República de Colombia (UNGRD), tiene como objetivo dirigir la implementación de la gestión del riesgo de desastres, atendiendo las políticas de desarrollo sostenible, y coordinar el funcionamiento y el desarrollo continuo del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia (SNGRD).

La UNGRD posee la herramienta web Crisis Response, bajo la plataforma de Google, para difundir alertas de monitoreo frente a fenómenos naturales en el país que solo ha sido implementada en Japón, Taiwán, Australia y Estados Unidos, que promete

grandes avances en el conocimiento del riesgo en Colombia.

A través de la información técnica emitida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el buscador de Google emite una serie de alertas que son georreferenciadas y complementadas con los datos sobre prevención generados por la UNGRD, con el fin de alertar a los usuarios en tiempo real y aumentar su conocimiento sobre eventos peligrosos.



Figura N° 15: Mapa de crisis.

### Ministerio de Defensa Argentino<sup>11</sup>

El Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), dependiente del Ministerio de Defensa Argentino, ha creado el Sistema Crisis una herramienta informática diseñada y desarrollada para mejorar la forma en que se manejan las emergencias, y está basada en la conformación de redes interinstitucionales que actúan cooperativamente para dar respuesta a las situaciones de crisis que se presenten aprovechando las tecnologías disponibles.

De esta manera se logra una mayor robustez y flexibilidad en las comunicaciones, un uso más eficiente de los recursos, una organización dinámica acorde a la emergencia, un contacto





directo entre todos los actores de la emergencia, la unificación de la carta de situación, un acceso a más y mejor información y el contacto directo con los proveedores de la información.

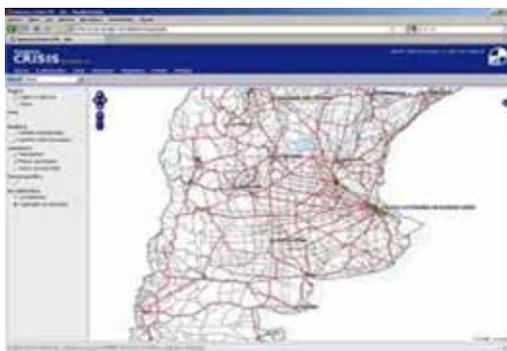


Figura N° 16: Sistema Crisis.

### Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres<sup>12</sup>

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), perteneciente al gobierno de Perú, es un organismo público ejecutor, con calidad de pliego presupuestal, adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros.

CENEPRED tiene la responsabilidad de asesorar y proponer los contenidos de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en lo referente a estimación, prevención y reducción del riesgo; desarrollar, coordinar y facilitar la formulación y ejecución del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en lo que corresponde a los procesos de estimación, prevención y reducción de riesgo de desastres promoviendo su implementación.

El CENEPRED en conjunto con el Ministerio de Defensa ha creado el Sistema de

Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID), es una plataforma webmaps service, que opera vía internet, que sistematiza la información geoespacial y de registros administrativos del riesgo de desastres, proporcionado por las entidades técnico-científicas peruanas como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), entre otros.<sup>13</sup>

El SIGRID ha sido desarrollado pensando en su fácil acceso siendo el único requisito para su utilización la experiencia en la navegación por la web. Permite al usuario de manera intuitiva, el manejo adecuado de las funcionalidades y herramientas del sistema, asimismo permite el almacenamiento, integración y poder compartir información entre los usuarios.<sup>14</sup>



Figura N° 17: Sistema SIGRID.

### Oficina Nacional de Emergencia y Protección Civil del Ministerio del Interior

La Oficina Nacional de Emergencia y Protección Civil del Ministerio del Interior (ONEMI) del estado de Chile, tiene como misión principal la de planificar, coordinar y ejecutar las actividades destinadas a la prevención, mitigación, alerta, respuesta y rehabilitación que demanda el funcionamiento del Sistema Nacional de





Protección Civil frente a amenazas y situaciones de emergencias, desastres y catástrofes; con el fin de resguardar a las personas, sus bienes y ambiente a nivel nacional, regional, provincial y comunal.<sup>15</sup>

Bajo este contexto, y como consecuencia del 27F, mediante una orden presidencial, el IGM con la cooperación de la ONEMI, crea el Sistema Integrado de Información para Emergencia (SIIE).

El SIIE es una aplicación webmaps service, que opera vía internet, su acceso es mediante usuario y clave, está bajo el concepto de mapas inteligentes los cuales se pueden compartir, editar, imprimir y modificar, integra la cartografía base del país a diferentes servidores de mapas. Además integra los mapas de peligro volcánico a nivel nacional. Por otra parte, posee toda la información relevante para el manejo de la emergencia, considerando la infraestructura crítica como: colegios, hospitales, edificios gubernamentales, vías de transporte, aeropuertos, estaciones eléctricas, entre otros. Toda esta información se encuentra asociada a bases de datos.<sup>16</sup>

El SIIE se encuentra permanentemente conectado con los servicios de alerta temprana a nivel nacional e internacional como son el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, la U.S. Geological Survey (USGS) entre otros, lo que permite la rápida ubicación geoespacial con su correspondiente información del evento.

Una de las características que destacan al SIIE es su capacidad de modelamiento de eventos como: sismos, tsunamis y amenazas volcánicas con datos en tiempo real, generando un escenario no muy alejado de la realidad, lo

que permite tener en un primer momento una asimilación de lo ocurrido, como complemento a esto se ha integrado los planes de protección civil de la ONEMI, más la información de la estructura crítica y de la demografía, siendo este sistema una interface con información relevante para las autoridades de diferentes niveles y para el manejo de la emergencia y toma de decisiones.



Figura N° 18: Modelamiento de tsunami con el SIIE.



Figura N° 19: Modelamiento de amenaza volcánica con el SIIE.

## Conclusiones

Las amenazas y riesgos de diferentes orígenes, causas y consecuencias afectan en alguna medida a toda la población, y por ende a todos los países, es por esta razón que todos han institucionalizado mediante



organismos responsables y han implementado sus sistemas de protección civil, permitiendo así una respuesta técnica a la sociedad.

Es de vital importancia la integración de los SIG que proveen de información, estos se presentan como una herramienta útil y de gran valor para adoptar decisiones respecto al manejo de la optimización de acciones ante una emergencia.

Los SIG permiten tener una visión global de las situaciones de emergencias, definiendo las áreas de influencia y la afectación de la demografía ante un evento.

Como pudimos apreciar en las instituciones descritas, todas utilizan alguna herramienta SIG con la finalidad que esta facilite la toma de decisiones para las autoridades en todos los niveles.

Estos SIG tienen la particularidad de administrar diferentes tipos de información, algunas de estas conectadas en línea a bases de datos y otras integradas en servidores de última generación, con sus respectivos atributos y datos que obedecen a procesos de integración de información.

El poder implementar un SIG, va a depender de requerimientos de alto nivel, pudimos apreciar la existencia de sofisticados SIG para emergencias, como también otros simples pero eficientes, esto va de la mano con los recursos a invertir.

Finalmente hoy en día los SIG para emergencias son una interface entre la información relevante y las autoridades, entregando en un primer momento una asimilación de lo ocurrido permitiendo una toma de resoluciones con mayor información y claridad.

## Bibliografía

1. Marco conceptual de la gestión del riesgo, 2014, José Abumohor Abumohor, Analista territorial.
2. Marco teórico sobre conceptos asociados a un SIG, clase para Diplomado de PGRD, año 2014.
3. <http://www.fema.gov/esp/ayuda/organigrama.shtm>
4. <http://fema.maps.arcgis.com/home/index.html>
5. <http://fema.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html>
6. <http://www.proteccioncivil.gob.mx/en/ProteccionCivil>
7. <http://www.cenapred.unam.mx/es/dir-QuienesSomos/Objetivo>
8. <http://smit.cenapred.gob.mx/index.php>
9. <http://www.rimd.org/actividad.php?id=380>
10. <http://www.sinae.gub.uy>
11. Sexto Simposio Argentino de Informática en el Estado.
12. <http://cenepred.gob.pe/nosotros/>
13. Manual del Usuario SIGRID.
14. Ibídem.
15. <http://www.onemi.cl/mision-y-vision/>
16. Fuente IGM.



## Operadores logísticos: una ventaja competitiva en la optimización de la cadena logística.

TCL. (IPM) Javier López González, Ingeniero, mención Administración de Recursos de Defensa. Magíster en Sistemas Logísticos.

### Resumen



El objetivo del estudio es dar a conocer las normas que regulan el comercio internacional referidos al transporte de cargas, comúnmente llamadas INCOTERMS, y cómo estas influyen al momento de tomar las decisiones para la adquisición de bienes en el extranjero.

Al mismo tiempo se hace un resumen acerca de cómo el Ejército ha definido sus tipos de demanda y de los procesos de las adquisiciones, haciendo una breve comparación con la Fuerza Aérea de Chile en sus formas de satisfacer sus necesidades.

Finalmente se expone acerca de los beneficios que ofrecen en el transporte de los bienes transportados, los operadores logísticos.

### Abstract

The aim of the study is to present the rules governing international trade on transport of loads, commonly called INCOTERMS, and how they influence when making decisions to purchase goods abroad.

While a summary is made about how the Army has defined its types of demand and procurement processes, making a brief comparison with the Air Force of Chile in their ways of meeting their needs. Finally discussed about the logistics operators, the benefits offered in the transport of goods transported.

### Introducción

El Ejército de Chile, como cualquier institución pública, debe dar cumplimiento a una serie de normativas que regulan los procesos de adquisiciones.

Para lo anterior, es primordial la previsión de recursos materiales y humanos, una adecuada planificación y eficiente ejecución para el uso eficiente de las asignaciones monetarias entregadas por el Estado a través del presupuesto institucional o asignaciones de la Ley Reservada del Cobre.

En este contexto, las adquisiciones permiten satisfacer las necesidades del Ejército (Demanda Institucional), tanto en lo que respecta a la Demanda Estratégica<sup>1</sup> (vía proyectos de inversión en Defensa), como para la Demanda Operacional, se están realizando principalmente en países de Europa y en Estados Unidos de Norteamérica, debido a que los principales proveedores de sistemas de armas, vestuario y equipo básico se encuentran ahí, y es donde se ha logrado un estado de desarrollo en cuanto a calidad y tecnología de estos productos, como consecuencia de las experiencias en diferentes conflictos en que han participado.

Las actividades relacionadas con el comercio internacional producto de las adquisiciones, involucra traer elementos o "mercancía" desde el exterior del país, lo que se denomina "im-



portación”, como también y en mucha menor medida por parte del Ejército, sacar elementos del país, acto denominado “exportación”.

Las primeras y más frecuentes son la consecuencia de adquirir material o elementos en países extranjeros para ser utilizados o consumidos en Chile, lo que implica su traslado e internación a territorio nacional. Para el segundo caso, en lo general, se originará producto de hacer efectiva una garantía o requerir la reparación de determinado material o elemento fuera del país, por lo que debe ser remitido al exterior conforme a los procedimientos y a la documentación correspondiente.

Para desarrollar las actividades en ambos casos (importar o exportar) existe una normativa legal y administrativa que cumplir, gestión que debe realizar la Jefatura de Adquisiciones del Ejército (JAE), por ser esta la organización que ejecuta las adquisiciones institucionales y tiene la representación de la Institución ante el Servicio Nacional de Aduanas (SNA), contando con el personal preparado, acreditado y reconocido formalmente ante el servicio.

Las adquisiciones que se efectúan en el extranjero están asociadas principalmente a satisfacer las necesidades estratégicas de defensa, como es la adquisición de sistemas de armas, diferentes calibres en munición, vestuario y equipo, repuestos aeronáuticos, optrónica, etc. Esto ha llevado a que se desarrollen habilidades en cuanto al comercio internacional y la aplicación de las INCOTERMS (International Chamber of Commerce Trade Terms).

## Incoterms

La Cámara de Comercio Internacional de París (International Chamber of Commerce, ICC)

creó los Incoterms (International Commerce Terms), una serie de normas uniformes para la correcta interpretación de los términos de comercio internacional, con determinación y delimitación de gastos, riesgos y obligaciones de compradores y vendedores en las transacciones internacionales, especialmente en lo referido al transporte y transferencia de la propiedad de la mercancía.

Los Incoterms regulan cuatro aspectos básicos del contrato de compraventa internacional: la entrega de mercancías, la transmisión de riesgos, la distribución de gastos y los trámites de documentos aduaneros.

- **La entrega de las mercancías:** es la primera de las obligaciones del vendedor. La entrega puede ser directa, cuando el incoterm define que la mercancía se entregue al comprador, son los términos denominados “E” y los términos “D”; o indirecta, cuando la mercancía se entrega a un intermediario del comprador, un transportista, son los términos “F” y los términos “C”.
- **La transmisión de los riesgos:** es un aspecto esencial de los Incoterms y no se debe confundir con la transmisión de la propiedad, que queda regulada por la ley que rige el contrato. El concepto fundamental se basa en que los riesgos y en la mayoría de los casos también los gastos, se transmiten en el punto geográfico y en el momento cronológico que definen el contrato y el incoterm establecido. El punto geográfico puede ser la fábrica, el muelle, la borda del buque, etc.; mientras que el momento cronológico está definido por el plazo de entrega de la mercancía. La superposición de ambos requisitos produce



automáticamente la transmisión de los riesgos y de los gastos.

- La distribución de los gastos:** lo habitual es que el vendedor corra con los gastos estrictamente precisos para poner la mercancía en condiciones de entrega y que el comprador corra con los demás gastos. Existen cuatro casos, los términos “C”, en que el vendedor asume el pago de los gastos de transporte (y el seguro, en su caso) hasta el destino, a pesar de que la transmisión de los riesgos es en origen; esto se debe a usos tradicionales del transporte marítimo que permiten la compraventa de las mercancías mientras el barco está navegando, ya que la carga cambia de propietario con el traspaso del conocimiento de embarque.
- Los trámites de documentos aduaneros:** en general, la exportación es responsabilidad del vendedor; solo existe un incoterm sin despacho aduanero de exportación: EXW (Ex Works, en fábrica), donde el comprador es responsable de la exportación y suele contratar los servicios de un agente de aduanas en el país de expedición de la mercancía, que gestione la exportación.

Los 13 Incoterms actualmente en uso son:

- EXW (Ex Works - En fábrica).
- FCA (Free Carrier - Franco transportista).
- FOB (Free on Board - Franco a bordo).
- FAS (Free Alongside Ship - Franco al costado del buque).
- CFR (Cost and Freight - Coste y flete).
- CIF (Cost, Insurance & Freight - Coste, seguro y flete).
- CPT (Carriage Paid To - Transporte pagado hasta).

- CIP (Carriage and Insurance Paid To - Transporte y seguro pagados hasta).
- DAF (Delivered At Frontier - Entregada en frontera).
- DES (Delivered Ex Ship - Entregada sobre buque).
- DEQ (Delivered Ex Quay - Entregada en muelle).
- DDU (Delivered Duty Unpaid - Entregada con derechos no pagados).
- DDP (Delivered Duty Paid - Entregada con derechos pagados).

La figura N° 1 detalla los diferentes Incoterms comúnmente utilizados en el comercio internacional.<sup>2</sup>

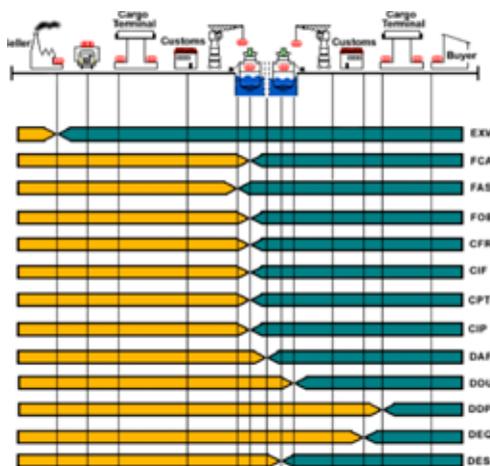


Figura N° 1: “Incoterms comúnmente utilizados”.

## Las adquisiciones institucionales

De acuerdo al Manual de Adquisiciones del Ejército, las adquisiciones están definidas como la compra u obtención de uno o más artículos, sistemas o servicios, con el objeto de satisfacer una necesidad institucional establecida a través del levantamiento de una “demanda”.





Las adquisiciones en el Ejército se pueden clasificar según dos diferentes áreas de “demanda”, las que se diferencian en objetivos, normativa legal, procedimientos y financiamiento, con el fin de satisfacer la “demanda total institucional”.

- La “Demanda Estratégica”, que busca satisfacer las necesidades de los diferentes Sistemas de Armas y Comunicaciones (SAs y Cs), ya sea por la obsolescencia táctica, técnica o logística, la necesidad de dotar a la fuerza terrestre de nuevas capacidades para hacer frente a una amenaza o aprovechar una oportunidad tecnológica.
- La “Demanda Operacional”, destinada a satisfacer el abastecimiento regular del Ejército, de acuerdo a las siguientes clases logísticas que se muestra en tabla N° 1:

| CLASE | ABASTECIMIENTO  |
|-------|---|
| I     | Subsistencias   |
| II    | Vestuario y equipo  |
| III   | Combustible líquido y lubricantes   |
| IV    | Materiales de construcción y fortificaciones                                |
| V     | Munición y explosivos   |
| VI    | Bienes de uso y consumo   |
| VII   | Artículos mayores completos   |
| VIII  | Material de sanidad   |
| IX    | Repuestos, piezas y componentes   |
| X     | Material no militar para el apoyo de actividades gubernamentales especiales |

Tabla N° 1: “Clases logísticas”.

## El proceso de adquisiciones del Ejército

El proceso de adquisiciones se desarrolla en tres fases e involucra cinco etapas, las cuales están en concordancia con el ciclo de vida

de las adquisiciones y son las que se indican a continuación (tabla N°2):

| FASES         | ETAPAS  |
|---------------|---|
| PRE INVERSIÓN | I Idea y evaluación, hasta la autorización de la inversión.   |
| INVERSIÓN     | II Licitación, hasta la adjudicación.<br>III Materialización de la inversión, hasta la puesta en operación. |
| OPERACIÓN     | IV Operación, hasta la baja del servicio.<br>V Retiro, hasta su eliminación.                                |

Tabla N° 2: “Fases y etapas del procesos de adquisiciones en el Ejército”.

En la fase de preinversión se determina la capacidad deseada que requiere la fuerza terrestre, instancia en la cual la Dirección de Operaciones del Ejército (DOE), elabora los requerimientos de Estado Mayor (REM), mientras que los Requerimientos Operacionales (ROs), son elaborados por la División Doctrina (DIVDOC); finalizando la fase con la aprobación de los informes de perfil, prefactibilidad y factibilidad por parte del Ministerio de Defensa Nacional.

La fase de inversión comienza con la presentación al Comité Permanente de Adquisiciones (CPAE), de las adquisiciones a realizar para materializar el proyecto de inversión, instancia en la cual, de ser aprobado el proyecto, se autoriza al Comandante de Apoyo a la Fuerza, de elaborar todos los documentos que permitan la adquisición, entre los cuales se destacan: las bases de licitación, convocatoria, pruebas a realizar, llamados a concurso, entre otros. Una vez realizado el proceso con los proveedores, nuevamente se presenta al CPAE, de lo ejecutado y se presenta la proposición de adjudicación. Es en esta etapa en la cual se fijan los tiempos de entrega, pruebas de campo, boletas de garantía, formas de pago y cualquier otro aspecto administrativo o contractual para la adquisición.



En este sentido es preciso señalar que la Institución no cuenta con un operador logístico para transportar los bienes adquiridos en el extranjero. Esta realidad hace que se deba licitar el transporte por una adquisición determinada, o bien especificar en el contrato el Incoterms a convenir con el proveedor, asumiendo en el valor del contrato los costos asociados al transporte y el seguro por la carga.

En relación a lo anterior, no existe una normativa institucional que disponga qué tipo de transporte se deba utilizar, ni los seguros asociados, por lo que es en función de la negociación que se haga con el proveedor la modalidad que será utilizada. Se puede señalar que en términos generales se utiliza CIF (Cost, Insurance & Freight - Coste, seguro y flete), o sea el precio incluye la mercancía puesta en puerto de destino con flete pagado y seguro cubierto. El vendedor contrata el seguro y paga la prima correspondiente. El vendedor solo está obligado a conseguir un seguro con cobertura mínima. De lo expuesto cabe hacer presente que la Institución asume los cobros por el transporte y seguros, los que sin duda además consideran costos administrativos para tal gestión de transporte.

Se debe señalar como complemento a lo expuesto anteriormente, que las instituciones de la defensa, tienen sistemas de transporte de carga, que utilizan a discreción de cada organismo, y sus contratos no están relacionados y coordinados. Por lo que cabe reflexionar que, utilizando un contrato marco de carácter conjunto para el transporte de carga internacional ¿podría la institución ahorrar recursos?, ¿se podrían utilizar medios de las instituciones armadas, tales como buques y aeronaves para el fin descrito?

## El proceso de adquisiciones de la Fuerza Aérea de Chile<sup>3</sup>

En el caso de esta institución, existen una serie de complejidades propias de las necesidades que requieren los medios aéreos y terrestres para dar satisfacción a las misiones y tareas que le son propias. Para ello la organización de las adquisiciones de la Fuerza Aérea de Chile contempla como organismo superior responsable de la actividad antes mencionada al Comando Logístico, organismo facultado para efectuar, celebrar o suscribir actos, convenciones y contratos relativos a las materias sobre adquisiciones de bienes corporales e incorporeales muebles y contratación de servicios a título gratuito u oneroso, estipulando en estos las cláusulas que sean necesarias.

Para las compras en el mercado nacional, al igual que el Ejército, son mediante el cumplimiento de las normas que rigen el sector público, definiéndose las siguientes etapas del proceso de compra:

- Definición de requerimientos.
- Selección del mecanismo de compra.
- Llamado y recepción de ofertas.
- Evaluación de ofertas.
- Certificación, adjudicación y formalización.
- Integración al sistema de administración financiera y mercado público.
- Ejecución y gestión del contrato.
- Procedimiento de pago.
- Políticas de inventarios.

Para las adquisiciones en el extranjero, han definido las siguientes modalidades.

- **Compras de Gobierno a Gobierno:** cuya ejecución de celebración de contrato es realizado por las respectivas misiones aéreas. El Departamento de Adquisiciones



en el extranjero controla el cumplimiento de los plazos de entrega del material comprado, mediante el sistema integrado de control de adquisición logístico financiero.

- **Compras programadas de repuestos, accesorios y equipos:** elaborados por las Divisiones del Comando Logístico, previo estudio y aprobación de las necesidades planteadas por las reparticiones y unidades, busca satisfacer las necesidades de bienes y servicios que nacen como consecuencia de una necesidad operativa, programa de trabajo o instrucción que se piensa hacer o realizar en cumplimiento a una orden o directiva. Se adquieren en el extranjero, mediante este sistema, cualquiera sea su monto, todos los materiales que se encuentran contenidos en los programas de necesidades que remitan las divisiones técnicas del Comando Logístico y de acuerdo a la reglamentación vigente.
- **Reparaciones programadas de repuestos, accesorios y equipos:** determinados por las Divisiones del Comando Logístico en base a necesidades operativas derivadas de los programas anuales y presupuestos por programa. La materialización del contrato con el proveedor, recae en las misiones aéreas.
- **Compras a través del Foreign Military Sales (FMS):** este sistema constituye el procedimiento de ventas de Gobierno a Gobierno, en el marco de los acuerdos de seguridad y cooperación entre diferentes países debidamente calificados y el Gobierno de los Estados Unidos de América.  
Se suscriben contratos de Gobierno a Gobierno (FACH/USAF) con cargo a la

Ley N° 13.196 u otros fondos que se asigne para adquisición de Sistemas de Armas con su equipo asociado, repuestos, servicio y trámites que serán a través de la Misión Aérea en Washington.

Las instituciones han incentivado el uso del sistema FMS, ya que su principal ventaja es favorecer la adquisición de bienes y servicios a precios más convenientes que al hacerlo vía comercio con una empresa, toda vez que este sistema permite ingresar en el proceso logístico con otros organismos de otros países o de EE.UU.

La Fuerza Aérea de Chile utiliza diferentes modalidades de transporte de carga desde el extranjero a Chile, conforme a lo siguiente:

- Empresas licitadas de transporte internacional de carga.
- Medios institucionales (aeronaves).
- Entrega de elementos en Chile por parte de la empresa proveedora.

Uno de los elementos más relevante, es lo relacionado con la contratación de un operador logístico, quién dado el volumen de carga, debe asegurar la gestión de los medios de transporte, buscando utilizar los recursos disponibles.

Este sistema es el más empleado, lo cual trae como consecuencia una serie de beneficios tales como la disminución de los costos por el volumen de carga a transportar contratado, disminución de los procesos administrativos que conlleva el efectuar licitaciones por el transporte de elementos en forma unitaria, y el uso y manejo más eficiente de los volúmenes de carga, toda vez que se establece movimiento de carga consolidada en container.



## Operadores logísticos

Los operadores logísticos son empresas que se dedican al transporte de carga, para optimizar la cadena logística de los clientes, dando soluciones logísticas a través de los distintos medios de transporte existentes, como los aéreos, navieras, sean estos propios o de terceros.

Es así como las opciones de transporte tienen un gran impacto en la capacidad de respuesta y eficiencia,<sup>4</sup> permitiendo a los clientes, a través de software especializado, tener la visibilidad y trazabilidad de sus embarques, beneficiándose las organizaciones en contar con información real para lograr gestionar sobre sus mercancías que están siendo transportadas, generar reportes e indicadores de gestión, a fin de mejorar la productividad y el control de la cadena logística, consolidar cargas, entre otras y, principalmente, para optimizar los recursos. La información da la capacidad de respuesta y ser más eficientes.<sup>5</sup>

La configuración de la red de distribución es evaluada en dos dimensiones.<sup>6</sup>

- Las necesidades del cliente que se satisfacen: donde se evalúa el impacto sobre el servicio al cliente y el costo, mientras se configuran las diferentes opciones de redes.
- El costo de satisfacer las necesidades del cliente: que sin duda influyen en los ingresos, que junto con los costos, deciden la rentabilidad de la red de entregas.

### Caso de estudio

Durante el año 2012, se realizó un estudio sobre las adquisiciones que realiza el Ejército,

tomando como condiciones de borde al período de tiempo comprendido entre el mes de enero de 2010 hasta junio del año 2012, asociado a las adquisiciones realizadas por la Ley Reservada del Cobre, para satisfacer la demanda estratégica y ciertas adquisiciones asociadas a las clases logísticas de la demanda operacional y adquiridas en moneda extranjera.

La muestra correspondió a 378 órdenes de compra vigentes a la fecha del estudio, equivalentes al 28,40%, y la totalidad de las adquisiciones fueron realizadas mediante el incoterm CIF; encareciendo en un 5% el valor de las adquisiciones, si fuera mediante el incoterm FOB. Al representar gráficamente la información anterior se puede ver claramente el impacto en el precio del bien, la utilización del incoterm CIF (gráfico N° 1).

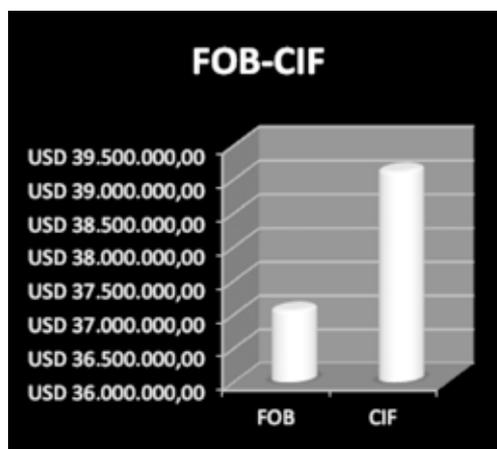


Gráfico N° 1: Impacto de utilización de incoterm FOB-CIF.

Se subdivide en un 4% por concepto de transporte y el restante por seguro.

La gráfica siguiente representa los conceptos de fletes y seguros involucrados al utilizar la modalidad CIF, donde claramente el concepto



“flete”, encarece el valor del bien que se está adquiriendo en el extranjero, como también en menor medida lo hace el concepto “seguro” (gráfico N° 2).

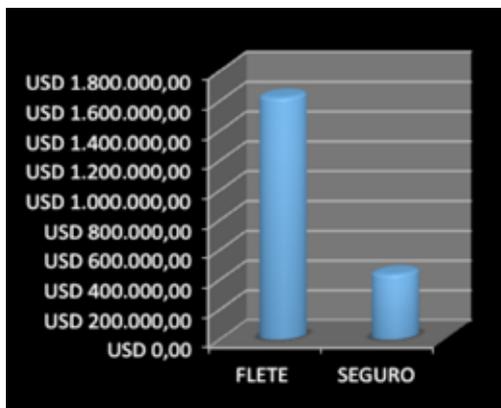


Gráfico N° 2: Encarecimiento del CIF por flete y seguro.

A modo de contrastar la información obtenida en la investigación, se realizó una entrevista con el administrador del contrato que mantenía la Fuerza Aérea y la Armada vigente a esa fecha, el cual se había realizado en forma conjunta y en donde el Ejército no había participado, mediante una licitación pública por el transporte de cargas generales. Este contrato no obligaba a las partes a mover una determinada cantidad de carga durante la vigencia de este, sino que otorgaba la disponibilidad de transporte en cuanto las fuerzas armadas se lo comunicaran, mediante la entrega de una orden de compra especificando entre otras cosas lo siguiente:

- Número de la orden de compra.
- Proveedor.
- Número de unidades e ítems adquiridos.
- Medio de transporte (aéreo, marítimo).
- Días de entrega del proveedor al cliente.
- Dirección de despacho.
- Tipo de compra: FOB, EX WORKS.

Esta información ingresada en su sistema computacional, permitía a sus clientes, con acceso a todos ellos, hacer un seguimiento completo a cada una de las órdenes de compra, como a su vez les permite:

- Consolidación de cargas.
- Planificación de compras.
- Obtener información para realizar análisis.

Lo que se traduce finalmente en la posibilidad de gestionar sobre la cadena logística, diferenciándolo sustancialmente al comprar bajo el incoterm CIF en la cual el cliente se informa de la situación de sus mercaderías y no tiene ninguna herramienta para gestionar sobre sus adquisiciones.

## Conclusiones

En los aspectos importantes a destacar en este estudio, se concluye que existe toda una normativa que rige el comercio internacional para el transporte de carga de un destino a otro, que permite delimitar gastos, riesgos y obligaciones de compradores y vendedores en las transacciones internacionales, especialmente en lo referido al transporte y transferencia de la propiedad de la mercancía.

La Institución ha definido las clases logísticas y ha separado los tipos de demanda para satisfacer todas sus necesidades, agrupándolas en demandas estratégicas, referidas a las adquisiciones de sistemas de armas que van en directo apoyo a las operaciones de la fuerza terrestre, siendo su principal fuente de financiamiento la Ley Reservada del Cobre; y la demanda operacional destinada a satisfacer las necesidades regulares que tiene el Ejército, cuyo financiamiento puede ser compartido además por el presupuesto fiscal asignado anualmente.



Como instituciones del Estado de Chile, la Fuerza Aérea y el Ejército, para las adquisiciones nacionales deben cumplir con todas las normas que se han fijado para la adquisición de bienes y servicios, destacando la Fuerza Aérea en las compras en el extranjero al hacer un uso intensivo de las compras de Gobierno a Gobierno, FMS, y en la celebración de contratos con empresas en el extranjero para las adquisiciones de repuestos, accesorios, equipos y por las reparaciones programadas de equipos, con una alta participación en estos procesos de la Misión Aérea en Washington.

La utilización de un operador logístico para las importaciones y exportaciones de los bienes adquiridos y enviados al extranjero a mantención y/o reparación, permite a la organización tener la visibilidad y trazabilidad de sus bienes, beneficiándose al tener disponible información real para gestionar sobre sus mercancías que están siendo transportadas, control de la cadena logística

## Aplicación de herramientas de calidad en un laboratorio de ensayos balísticos.

### Resumen



El presente artículo presenta el desarrollo de una asesoría a un Laboratorio de Ensayos Balísticos, realizado en el año 2013 por el autor, sobre la base de la Norma ISO 17025 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración" que considera las etapas de Auditoría y diagnóstico del grado de cumplimiento de la Norma de Referencia y una posterior indicación en la aplicación

y principalmente para optimizar los recursos, al poder negociar modalidades de Incoterms que sean más económicos.

### Bibliografía

1. EJÉRCITO de Chile. RAA - 03008, "Proceso de desarrollo de capacidades militares y administración del ciclo de vida". Año 2014.
2. <http://miguelurena.blogspot.com/2010/05/incoterms.html>
3. Manual de adquisición de la Fuerza Aérea. Edición 2010. [www.fach.cl](http://www.fach.cl)
4. CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación.
5. *Ibidem.*
6. *Ibidem.*

CRL. (IPM) Daniel Sandoval Bravo, Ingeniero en Sistemas de Armas, mención Química. Magíster en Ingeniería de Sistemas Logísticos.

de nuevas herramientas estadísticas de calidad.

Lo anterior, con la finalidad de identificar las áreas de mejora de la organización, a partir de una mirada externa y sobre la base de una normativa estándar para laboratorios, que permita obtener resultados validados respecto de la gestión de otros laboratorios que trabajen bajo la regulación de la ISO 17025 y generar las acciones correctiva y de



mejora para entregar la máxima confiabilidad respecto de los resultados de las mediciones realizadas.

## Abstract

This paper presents the development of a Ballistic Testing Laboratory technical advice carried out by the author in 2013, based on ISO 17025 "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories" that will consider the stages of auditing and diagnosis of the compliance degree with the Reference Standard and subsequent indication of new quality statistic tools.

The above mentioned, with the purpose of identifying the organization improvement areas from an external viewpoint and based on a standard for laboratories, which permits to obtain validated results regarding the management of other laboratories that work under ISO 17025 regulation and generate the corrective and improvement actions in order to deliver the maximum reliability with respect to the results of the measurements made.

## Introducción

En el contexto de los procesos que cualquier organización realice, ya sea para elaborar un producto o generar un servicio, siempre existirá una desviación respecto del ideal establecido. Es decir, ningún producto es idéntico a otro y ningún servicio se presta con las mismas características del anterior. Esto se conoce como la variabilidad del proceso y en este sentido se entiende que un laboratorio de ensayos balísticos no está ajeno a esta característica.

Un factor fundamental para el desarrollo de los laboratorios es tener claridad del grado

de variabilidad de sus procesos de ensayos y a partir de esto se puede determinar si se cumplen con los estándares definidos.

En este sentido, una herramienta útil es la aplicación de la Norma ISO 17025, la cual es una norma internacional que establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

Esta Norma Internacional es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones y a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración.<sup>1</sup>

Para los fines de regular se determinó el empleo de la Norma ISO 19011, que provee una guía sobre el manejo de un programa de auditoría, sobre la planeación y realización de una auditoría a un sistema de gestión, así como sobre la competencia y evaluación de un auditor. Aplicando herramientas de registro y levantamiento de procesos que permitan documentar todo el proceso.

## Descripción de la investigación

La metodología empleada en el trabajo en lo general obedece a los siguientes objetivos y esquema de trabajo:

<sup>1</sup> INSTITUTO Nacional de Normalización (Chile) NCh ISO 17025 Of 2005: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. Santiago, Chile, 2005. Pag.1.



## Objetivo General

Asesorar en la implementación de herramientas de calidad al laboratorio, mediante un diagnóstico, evaluación y proposición de actividades a realizar, que permitan incorporar un sistema de gestión basado en procesos que asegure la calidad de los resultados obtenidos.

## Objetivos Específicos

Planificar, programar y ejecutar un diagnóstico al sistema de gestión del laboratorio que considere sus procesos, ensayos, equipos, infraestructura, competencias del personal y organización, mediante la aplicación de una auditoría de calidad.

Aplicar herramientas de control estadístico de procesos, que permitan aplicar mejoras a partir de datos objetivos.

## Estructura metodológica

La metodología empleada en la asesoría, consideró en lo general tres etapas, una primera de planificación, que persigue programar las actividades a realizar, efectuar reuniones iniciales de coordinación para definir el contexto y alcance del trabajo, para posteriormente realizar un estudio de los antecedentes disponibles para lograr un entendimiento previo de la actividad del laboratorio. Posteriormente a esta fase, continúa la implementación de la asesoría que constituye el elemento central de la labor realizada y en la cual concurren todas las herramientas elegidas para realizar el diagnóstico, dentro de esta estructura metodológica se encuentra la conclusión, que busca a partir de la comprensión de los antecedentes obtenidos, inferir aquellos

elementos que son trascendentes para la mejora de la organización.



Figura N° 1: Esquema metodológico.

Las herramientas utilizadas en la etapa de “Implementación de la Asesoría” son:

Auditoría: proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios previamente definidos.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> INSTITUTO Nacional de Normalización (Chile). NCh-ISO 19011 Of 2003: Directrices para la auditoría de Sistemas de Gestión de la calidad y/o ambiental. Santiago, Chile, 2012. Pag.1.



Levantamiento de procesos: técnica de modelación que permite esquematizar los procesos de gestión, la que se nutre de información recogida de documentos normativos (normas, disposiciones, órdenes y otras) que regulan el accionar de la organización y de entrevistas realizadas al personal que trabaja en las instalaciones, respecto a cómo ejecutan sus actividades. El resultado de esta modelación es un Mapa de Procesos.

Análisis estadístico: actividad de tratamiento de datos registrados por el laboratorio, elaboración de gráficos de distribución de frecuencias, gráficos de control, determinación de la capacidad del proceso y determinación del sesgo del proceso. Todo esto a partir de la modelación del proceso y determinación de su punto crítico, levantamiento y tratamiento de datos.

### Alcances de la asesoría

A continuación se define el alcance de la asesoría realizada:

- Se auditaron las áreas de gestión que comprenden exclusivamente la labor del laboratorio, dejándose fuera del alcance de la auditoría las unidades de finanzas, apoyo administrativo, logístico y de dirección.
- No se consideró dentro de la asesoría, un análisis financiero y contable de la gestión del laboratorio.
- En el contexto de la aplicación de la Norma ISO 17025, solo considera los elementos asociados a los requisitos técnicos, control de documentos, subcontratación de ensayos y de calibraciones, control de trabajos de ensayos o de calibraciones no conformes, mejoras, acciones correctivas o preventivas y registros.

- Se considera como referente normativo central del laboratorio, los requisitos establecidos en la Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas.

### Análisis de los antecedentes y resultados

El laboratorio tiene distintas áreas de desempeño, las que dicen relación con la realización de trabajos prácticos y experiencias para los alumnos, ejecución de trabajos de asesoramiento tecnológico y ensayos solicitados por terceros.

Esta la última actividad, de ensayos a terceros, es la que mayor tiempo y recursos requiere, derivado de la alta demanda generada en cuanto a la certificación de elementos de protección balística.

El laboratorio está tripulado por 9 personas que obedecen a la siguiente estructura:

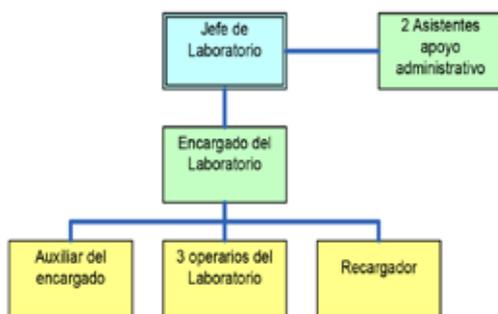


Figura N° 2: Estructura de funcionamiento del laboratorio de ensayos balísticos.

Para los efectos del diagnóstico realizado, se definieron 6 dimensiones que reflejan los distintos ámbitos en los cuales se debe manejar el actuar del laboratorio y su personal, según lo definido en los requisitos de la Norma ISO 17025:



- Dimensión personal: que aborda los temas relacionados con la definición, de los perfiles de cargo y las competencias requeridas por el personal que desempeña funciones, proceso de capacitación, áreas de conocimiento que deben ser desarrolladas y como se gestiona este concepto.
- Dimensión infraestructura: que aborda el grado de cumplimiento de los edificios y equipos respecto de lo establecido en la Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas y Norma ISO 17025, el tratamiento de los equipos de medición, sus apoyos y la verificación de las mediciones que estos realizan, la disposición y cantidad de equipos de seguridad y resguardo de las condiciones ambientales.
- Dimensión procedimientos de trabajo: que aborda el nivel de internalización de los procedimientos técnicos de trabajo por parte del personal, la documentación de estos, el empleo de registros y el tratamiento metrológico de las mediciones realizadas.
- Dimensión documentación: que aborda el nivel de formalización de la misión, organización, procedimientos de trabajo y registros del laboratorio, en documentos permanentes e internalizados en la organización que entreguen valor a la actividad diaria.
- Dimensión evaluación: que aborda el proceso de autoevaluación del laboratorio en los aspectos de las competencias técnicas del personal, del equipamiento en cuanto a la vida útil y estado operacional, evaluación de las fallas detectadas en la ejecución de los ensayos o equipos, tratamiento de reclamos y manejo de indicadores de actividad.
- Dimensión gestión: que aborda los temas relacionados con la planificación, ejecución, control y corrección de las actividades del laboratorio a mediano y corto plazo.

Las planillas de evaluación fueron diseñadas para valorizar las apreciaciones del auditor, y su estructura general está configurada a partir de una columna de “temas” en la que se establecen una serie de preguntas que desagregan cada una de las dimensiones en temas más específicos, y las respuestas a estas interrogantes son valoradas en puntajes asignados de 0; 0,25; 0,50; 0,75 y 1 pto.

Como una forma de evitar al máximo el sesgo natural del evaluador, se definió un criterio de evaluación respecto de la valorización de cada pregunta, el cual se muestra en la tabla N° 1:

| Calificación de la pregunta | Criterio  |
|-----------------------------|---|
| No                          | No existe conocimiento respecto del tema o no hay nada desarrollado ni formalizado o documentado.   |
| Más bien no                 | Existe conocimiento del tema, pero no se realiza nada al respecto o se ha ejecutado algo en forma aislada, no está formalizado o documentado. |
| Ni sí ni no                 | Existe conocimiento del tema, se ejecuta de forma asistémica, no está formalizado o documentado.  |
| Más bien sí                 | Existe conocimiento del tema, se ejecuta permanentemente, no está formalizado o documentado.  |
| Sí                          | Existe conocimiento del tema, se ejecuta permanentemente, está documentado.   |

Tabla N° 1: Criterios de evaluación de preguntas.

Por otra parte, cada dimensión por separado tiene un puntaje máximo por alcanzar de 100%, pero al comparar entre sí cada una de éstas, su importancia es relativa, existiendo dimensiones que son más importantes unas que otras, lo que se refleja en la tabla N° 2:

| Dimensión                | Óptimo relativo |
|--------------------------|-----------------|
| Personal                 | 20              |
| Infraestructura          | 15              |
| Procedimiento de trabajo | 25              |
| Documentación            | 10              |
| Evaluación               | 20              |
| Gestión                  | 10              |

Tabla N° 2: Tabla de puntajes relativos de dimensiones.



Los resultados del diagnóstico realizado, de acuerdo a lo establecido precedentemente, se muestra un gráfico radial del rendimiento obtenido por cada dimensión respecto de su máximo individual (100%), que se muestra a continuación:

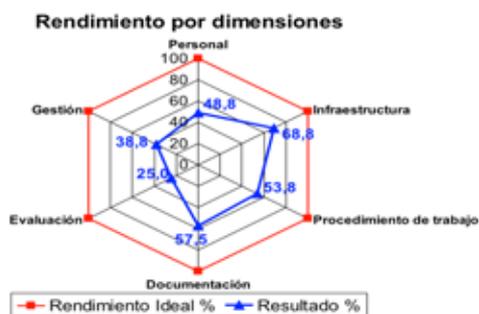


Figura N° 3: Gráfico de rendimiento por dimensiones.

Lo que se presenta en el gráfico es un resumen del resultado de la auditoría por cada dimensión y se puede apreciar que las de infraestructura, procedimientos de trabajo y documentación alcanzan un rendimiento superior al 50%, entre tanto la dimensión de evaluación es la que obtiene un menor desempeño con un 25%, mientras que gestión logra un 38,8% y personal un 48,8%.

De esta apreciación general, se puede inferir que la dimensiones asociadas a equipamiento, infraestructura y conocimiento tiene un desempeño aceptable, lo cual es positivo, ya que se entiende que las mejoras asociadas a estas se encuentran estrechamente vinculadas a inversión de recursos económicos.

Por otra parte las otras tres dimensiones que obtienen un desempeño menor al 50%, se encuentran asociadas a cambios o mejoras en aspectos de procedimientos, planificación, control y ejecución de las actividades, que no requieren de mayores inversiones, si no que

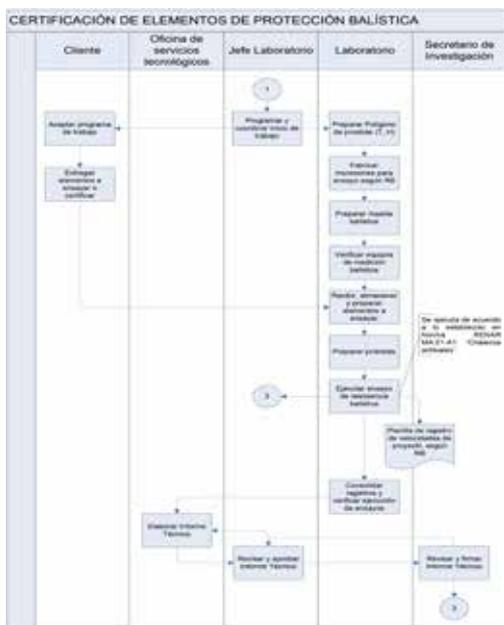
de una mirada de mejora de los procesos internos del laboratorio.

### Levantamiento de proceso

Para lo anterior, se empleó la herramienta de diagramación de proceso, denominada “Diagrama de flujo de funciones cruzadas”, que permite junto con plasmar las actividades que se realizan, identificar a los responsables de estas.

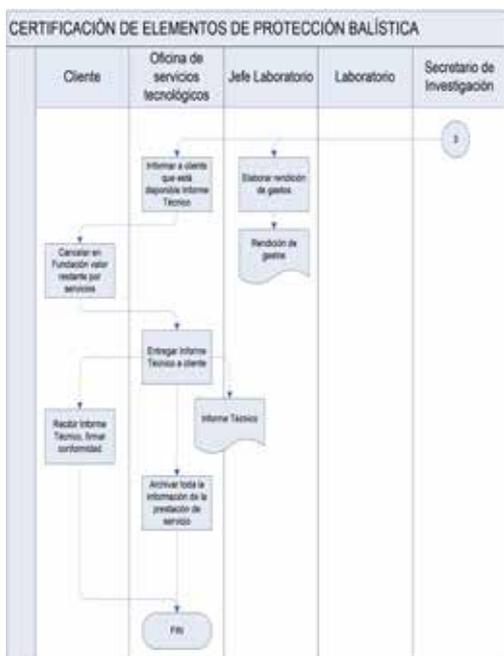
El proceso general de trabajo del laboratorio es el que se presenta en el siguiente diagrama:





Un elemento interesante a destacar es, que en el proceso denominado “Ejecutar ensayo de resistencia balística”, se encuentra claramente definida su ejecución en la Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas, que establece el procedimiento específico y los límites de especificación de velocidades iniciales que debe cumplir la munición dependiendo del RB (Resistencia Balística) al que se quiera someter el elemento.

Del levantamiento de proceso realizado se desprende que el elemento crítico es la realización del ensayo de resistencia balística, específicamente la medición de la velocidad inicial ( $v_0$ ) del proyectil, ya que de él depende el éxito de la ejecución de la actividad, en atención a que es en este punto donde confluyen la totalidad de las actividades de preparación o soporte.



Para determinar lo anterior se empleó un diagrama de influencias, en el cual se puede apreciar la importancia de la medición de la velocidad inicial del proyectil en todo el proceso, que se muestra a continuación:



Figura N° 4: Diagrama del proceso de certificación.

Figura N° 5: Diagrama de influencia.



Este último elemento es fundamental para el análisis estadístico que se presenta a continuación, ya que con los datos de velocidades iniciales registrado durante el año 2013, se elaboran los gráficos de distribución de la población, gráficas de control y a partir de la importancia de este elemento se extrapolan a todo el proceso los cálculos de capacidad de este.

### Análisis estadístico

En consideración a lo determinado precedentemente, se tuvo acceso a la base de datos del laboratorio y se recopiló todos los informes de ensayos elaborados durante el 2013 y que fueron evacuados por la organización, de tal forma de acceder al registro de datos de velocidades iniciales ( $v_0$ ) de proyectiles.

Del análisis preliminar de los datos consignados en los informes, se determinó que los niveles que serían objeto de estudio corresponden al RB2 y RB3, en atención a que constituirían la mayor cantidad de registros de  $v_0$  y por lo tanto constituyen una muestra representativa de la variable en estudio. Las cantidades de registros de  $v_0$  son la que se muestran en la tabla N° 3:

| Nivel | Munición        | N° de registros de $v_0$ |
|-------|-----------------|--------------------------|
| RB2   | .357 S&W Mg JSP | 1.036                    |
| RB2   | 9x19 mm FMJ     | 1.029                    |
| RB3   | .44 Rem Mag SWC | 1.432                    |
| RB3   | 9x19 mm FMJ     | 1.432                    |

Tabla N° 3: N° de registros de  $v_0$

Una vez definida la población objeto de estudio, se procedió a determinar la distribución de frecuencia que se presentan por cada una de las municiones registradas. Este elemento es de especial importancia, ya que a partir de la frecuencia con que se repite cada uno

de los valores que toma la variable, se puede determinar el comportamiento de la población y a partir de ahí es factible seleccionar la herramienta estadística más adecuada para estudiar el proceso.

Para el caso de la variable de  $v_0$ , es esperable que su comportamiento sea bajo una distribución de frecuencia normal, en atención a la gran cantidad de registros disponibles.



Figura N° 6: Ejemplo distribución normal.

Por otra parte los límites de especificación definidos por la Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas, para las  $v_0$  de los niveles RB2 y RB3, son los que se muestran en tabla N° 4:

| Nivel | Munición        | LSE (m/s) | LC (m/s) | LIE (m/s) |
|-------|-----------------|-----------|----------|-----------|
| RB2   | .357 S&W Mg JSP | 440       | 425      | 410       |
| RB2   | 9x19 mm FMJ     | 373       | 358      | 343       |
| RB3   | .44 Rem Mag SWC | 441       | 426      | 411       |
| RB3   | 9x19 mm FMJ     | 441       | 426      | 411       |

Tabla N° 4: Tabla de límites de especificación.

Con los registros de  $v_0$  y límites de especificación, se procedió a elaborar los gráficos de distribución de frecuencia de RB2 (9x19 mm FMJ)

Se elaboró un gráfico de distribución de frecuencia suavizado en 11 intervalos de un total de 1.029 registros, correspondientes



a la población total del año 2013, el cual se presenta a continuación:

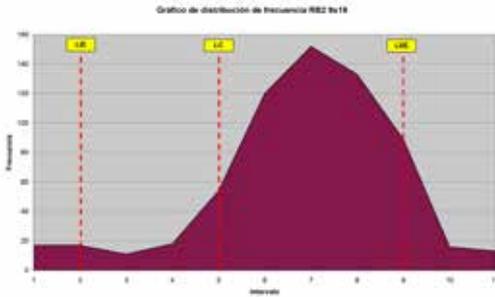


Figura N° 7: Gráfico de distribución de frecuencia RB2 9x19.

De la observación del gráfico se desprende que el comportamiento de la variable es Normal y que se encuentra levemente sesgada hacia el límite superior de especificación.

A partir de estos antecedentes de distribución de frecuencia de los niveles RB2, se puede inferir que el comportamiento de la variable v0 es Normal y que por lo tanto es factible aplicar a estos datos los gráficos de control de Shewart  $\bar{X}$ , y en consecuencia determinar los límites de control del proceso y la capacidad Cpk de este.

Por otra parte y en atención a la cantidad de datos registrados, se asumirá en que el análisis se realiza sobre la base de la población total.

Un elemento importante a determinar en todo proceso, es determinar concretamente cómo se comporta este en la realidad y compararlo con las especificaciones que se le exigen que debe cumplir, para a partir de ahí generar las estrategias requeridas para su mejora. No cabe duda que para este caso la aplicación de las estadísticas es fundamental para alcanzar lo señalado precedentemente.

Para el caso específico de esta asesoría, lo que se realizó fue calcular los siguientes parámetros:

Promedio,  $\bar{X}$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

Desviación estándar de la población,  $\sigma$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}}$$

Límite Superior de Control, LSC

$$LSC = \bar{X} + 3\sigma$$

Límite Inferior de Control, LIC

$$LIC = \bar{X} - 3\sigma$$

Índice de Capacidad del Proceso, Cpk

$$C_{pk} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}; \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$$

Para el análisis del indicador Cpk, se debe tener presente que entrega una noción de la alineación entre el intervalo de tolerancia y la amplitud de la capacidad del proceso, como asimismo la magnitud entre ambos.

Índice de Capacidad Potencial del Proceso Cp

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

donde LSE y LIE son de Norma RENAR MA.01-A1

Para el análisis del indicador Cp o Capacidad Potencial del Proceso, se debe tener presente





que este permite tener una visión comparativa entre el Intervalo de tolerancia establecido por la Norma (LSE-LIE) y la amplitud de la capacidad del proceso ( $6\sigma$ ). De tal forma que si el  $C_p < 1$ , entonces la capacidad del proceso es mayor que el intervalo de tolerancia, lo que implica que este no cumple con las especificaciones establecidas. Si el  $C_p > 1$ , entonces la capacidad del proceso es menor al intervalo de tolerancia, con lo cual se puede inferir que tiene el potencial de cumplir con las especificaciones. Ahora bien, se utiliza el término potencial, en atención a que este indicador no establece una alineación entre la capacidad del proceso y el intervalo de tolerancia.

Todos estos indicadores permiten tener una visión clara y objetiva de cómo se está comportando el proceso y el grado de cumplimiento de las especificaciones impuestas en la Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas.

Del tratamiento de los datos registrados de  $v_0$  del año 2013, procedió a realizar los cálculos de los parámetros indicados, considerando la totalidad de los registros, sin hacer depuración de estos.

### Análisis nivel RB2 (9x19 mm)

Del tratamiento de los 1.029 datos se obtuvo los siguientes parámetros (tabla N° 5):

| Parámetro | Valor |
|-----------|-------|
| $\sigma$  | 15,15 |
| $3\sigma$ | 45,44 |
| LSC       | 411   |
| LIC       | 321   |
| LSE       | 373   |
| LIE       | 343   |
| $\bar{x}$ | 366   |

Tabla N° 5: Parámetros estadísticos.

Con los parámetros calculados, se puede construir el gráfico de control de la variable  $v_0$ , correspondiente al RB2 (9x19 mm), que se presenta a continuación:

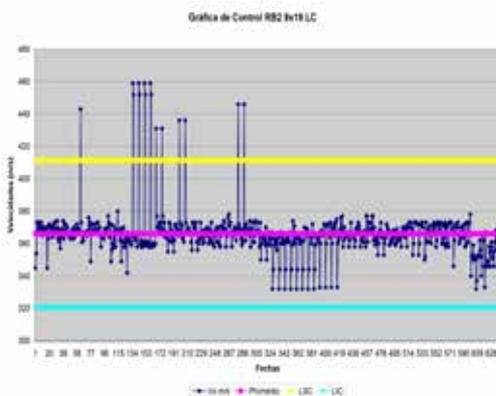


Figura N° 8: Gráfico de control con límites de control del proceso.

De la elaboración del gráfico de control, con sus límites de control a partir de la desviación estándar, se puede apreciar que el proceso en lo general está controlado ya que una mayoría de los registros se encuentra dentro de los límites, existiendo algunos casos de variación especial, por sobre el límite superior que deben ser analizados.

No obstante lo anterior, existe un elemento de preocupación en el comportamiento de los datos registrados, que revela que en algunos tramos existen tendencias, las cuales no son deseables. Esto en atención a que se desea una aleatoriedad en el comportamiento de los registros, para concluir que el proceso está controlado.

Ahora bien, lo que se ha analizado, hasta ahora dice relación con la capacidad del proceso respecto de su propio comporta-



miento, es decir, se ha realizado un análisis preferentemente asociado a la presencia de variación especial y del comportamiento de los datos al interior de los límites respecto de aleatoriedad. Lo que continúa es realizar una comparación del comportamiento de los datos registrados, respecto de los límites de especificación, que son los que establece la Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas y que se puede apreciar en el siguiente gráfico.

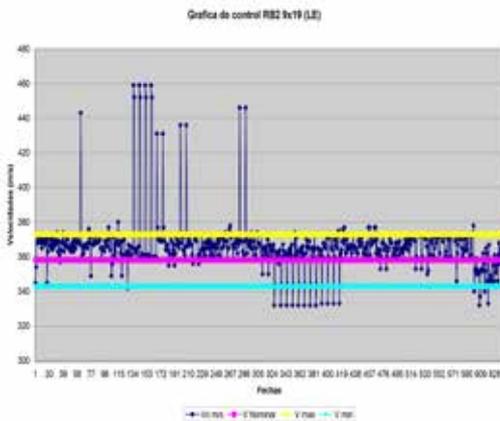


Figura N° 9: Gráfico de control con límites de especificación.

Al realizar esta comparación, se puede establecer si el proceso es “capaz” de cumplir con las exigencias establecidas según normativa. En este contexto se puede apreciar que existe una gran cantidad de variación especial y que el comportamiento de los datos está sesgado hacia el LSE, lo que refleja que el proceso no es capaz.

Por otra parte, analizando el proceso desde la capacidad que este tiene, se puede apreciar los indicadores definidos para estos efectos y que se muestran en la tabla N° 6:

| Indicador     | Valor |
|---------------|-------|
| Cp            | 0,33  |
| Cpk(superior) | 0,51  |
| Cpk(inferior) | 0,15  |
| Cpk           | 0,15  |

Tabla N° 6: Indicadores de capacidad.

Estudiando el resultado obtenido respecto de la Capacidad Potencial del Proceso Cp, se puede apreciar que el valor  $Cp=0,33 < 1$ , indica que la capacidad del proceso es mayor al intervalo de tolerancia establecido en la Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas, lo que quiere decir que en la práctica hay disparos que tuvieron una  $v_0$  que estuvo fuera de los límites de especificación.

Por otra parte y respecto de la Capacidad del Proceso Cpk, se puede confirmar, en un primer término, que la capacidad del proceso es mayor al intervalo de tolerancia y además queda demostrado que existe un sesgo muy importante hacia el límite de especificación superior.

No obstante todo lo anterior, en términos prácticos, en la ejecución de los ensayos, cuando un disparo alcanza un  $v_0$  superior o inferior a la establecida por Norma, es desechado como válido y se repite el tiro. Con esto se consigue mantener la integridad del ensayo, haciendo que el proceso finalmente sea eficaz y se cumpla con lo establecido por norma.

Por lo tanto, todo este análisis nos permite señalar que para el caso puntual de ensayos con esta munición el proceso no es eficiente.





## Conclusiones

Del trabajo realizado en la presente asesoría, se puede concluir en términos generales que los ensayos de resistencia balística que se ejecutan en el laboratorio de ensayos balísticos, se realizan con eficacia y que los resultados obtenidos de estos son confiables y cumplen con los requerimientos establecidos en la Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas.

En lo referido al grado de cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma ISO 17025, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, se puede señalar, que el laboratorio cuenta con las bases de procedimiento y conocimiento para adoptar, en el mediano plazo, un sistema de gestión de la calidad de las características establecidas en este marco regulador.

Los resultados presentados, son producto de la observación y análisis de datos realizados por el suscrito y las conclusiones obtenidas, responden a la opinión formada a partir de los antecedentes analizados y bajo una mirada constructiva y propositiva.

El empleo de herramientas estadísticas para el control del proceso permite tener evidencia objetiva del grado de cumplimiento de las especificaciones y a partir de esto obtener un conocimiento profundo de cómo se ejecutan las actividades e identificar los motivos de la variación existente.

Finalmente, en la evaluación realizada se buscó identificar y analizar todas aquellas áreas, que a juicio del suscrito, pueden ser objeto de mejora y no se buscó realizar una evaluación desde el punto de vista del grado de compromiso del personal que trabaja en el laboratorio. Por lo tanto no se debe interpretar bajo ningún punto de vista, que las observaciones encontradas son producto de negligencia o desidia.

## Bibliografía

- GRANT, Eugene, L. y Leavenwoth, Richard S. Control estadístico de calidad. Mexico, D.F.: McGraw Hill Book Company, 1980.
- INSTITUTO Nacional de Normalización (Chile) NCh ISO 17025 Of 2005: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. Santiago, Chile, 2005.
- INSTITUTO Nacional de Normalización (Chile). NCh-ISO 19011 Of 2003: Directrices para la auditoría de Sistemas de Gestión de la calidad y/o ambiental. Santiago, Chile, 2012.
- INSTITUTO Nacional de Normalización (Chile). INN 100-611 Certificación de conformidad, Modelos de Certificación ISO/CASCO. Santiago, Chile. 1996.
- MINISTERIO de Justicia y Derechos Humanos (Argentina), Registro Nacional de Armas: Norma RENAR MA.01-A1 Chalecos antibalas. Argentina, 2010.

# Tesis de Magíster

Promoción 2013-2014



## Magíster en Ingeniería de Sistemas Logísticos

### Estudio de la factibilidad técnica y económica de transportar sustancias infecciosas categoría B desde Chile a Estados Unidos.

Alumnas Tesistas: Francisca Vergara Torres y Viera Mitjaew Reyes.

Profesor Guía: Julio Canales Fernández.

#### Resumen



El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la factibilidad técnica y económica de transportar muestras médicas que contienen sustancias infecciosas, desde Santiago de Chile hacia el extranjero para su análisis, con el fin de ofrecer un servicio completo e integral respecto a este tipo de carga, que en la actualidad no se ha desarrollado en forma exclusiva. Se hace necesario entonces optimizar la gestión del traslado de la carga, otorgando a la región una red de servicio exclusivo de la muestra en forma rápida, eficiente y segura.

En base a los modelos de estimación de demanda y con ayuda de la función conocida como regresión lineal, se efectuó la proyección del volumen total de envíos de sustancias infecciosas por aire, desde Chile, usando los datos de los últimos años.

Se establecieron tres escenarios, uno optimista, uno normal y uno pesimista, con el fin de identificar los puntos de inflexión del proyecto y tener conocimiento desde cuándo comienza a generar rentabilidad.

En el escenario optimista la demanda estimada que utiliza el servicio corresponde a un 20% de la demanda total. Se tiene que con una variación anual del 1% tanto en precio como

costos por kilogramo, se obtiene una rentabilidad de US\$ 2.429 al año, con una tasa interna de retorno del 19%. En el escenario normal disminuyen los kilos transportados anualmente y se obtiene un valor neto actualizado de US\$ 1.793,83 con una tasa interna de retorno del 16%.

Finalmente, en el escenario pesimista se estableció la demanda al 10% que utiliza el servicio, dando como resultado un valor neto actualizado de US\$ 275,9 con una tasa interna de retorno del 11%.

Debido a los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad a los tres escenarios, se concluyó que el proyecto es viable económicamente y su rentabilidad aumenta a medida que se asume un mayor porcentaje de demanda estimada.



"Ruta aérea del transporte de sustancias infecciosas".



## Estudio de factibilidad técnico-económica del plan de expansión para la capacidad de almacenaje de la Cooperativa Agrícola y Lechera de La Unión en la Región Metropolitana.

Alumnos Tesistas: Carlos Hernando Flores Zapata y Oscar Alejandro Yung Rodríguez.  
Profesor Guía: Julio Canales Fernández.

### Resumen



El proyecto espera entregar una alternativa económica y técnicamente óptima al problema de aumento de costos operacionales derivado de la falta de espacio en las bodegas de almacenaje y despacho, que está amenazando la competitividad de la Cooperativa Agrícola y Lechera de La Unión (COLUN) en la Región Metropolitana. Debido a que la empresa está en un concreto plan de expansión en cuanto a la capacidad productiva, necesidad avalada por los indicadores de demanda, se hace necesario evaluar a conciencia las restricciones operacionales, en cuanto a la distribución que de una u otra manera está determinada por la capacidad de almacenaje.

Si bien es cierto, un análisis simple determinarí la necesidad de aumentar la capacidad de almacenaje, surgen varias interrogantes; ¿Cómo hacerlo? (externalizar, ampliar, arrendar o comprar) o, ¿dónde hacerlo? (en nuestras instalaciones, en otra región, en otra comuna), ¿con qué tecnología? (tecnología simple y conocida o innovar con soluciones de mayor densidad de rack y automáticas) y ¿cuántos es lo necesario ampliar? (¿cuántas ubicaciones?)... interrogantes las cuales ya representan varias respuestas de análisis y decisión complejas, esperamos que este proyecto oriente a los directivos a una buena decisión.



“Centro de distribución de COLUN”.



## Diseñar un plan que permita mejorar el proceso de filmación de clases en el marco de la Ley 19.961 sobre Evaluación Docente.

Alumnas Tesistas: Paola Lillo Molina y Tatiana Góngora Gómez.  
 Profesor Guía: Guillermo Bustos Reinoso.

### Resumen



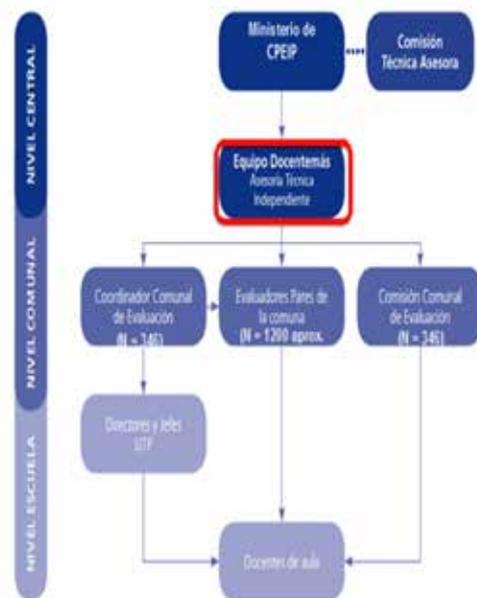
El Sistema de Evaluación del Desempeño Profesional Docente es una evaluación obligatoria para los profesores que se desempeñan en establecimientos municipales a lo largo del país. Su objetivo es fortalecer la profesión docente y contribuir a mejorar la calidad de la educación. Los docentes son evaluados por medios instrumentales que recogen información directa de su práctica; uno de ellos corresponde a un registro visual de clases (filmación de 40 minutos de una clase del docente evaluado), el que es realizado por el Centro de Medición de la Universidad Católica de Chile (MIDE UC).

El proceso de registro visual de clases es crítico y complejo, puesto que se debe llegar al aula de cada docente en evaluación, desde Putre a Puerto Williams. Para ello MIDE UC contrata a Encargados Zonales de Videos, quienes planifican, conducen y supervisan el trabajo de los camarógrafos que se encargan de realizar la grabación de la clase de cada docente evaluado. La ejecución de este proceso implica una compleja operación logística de 12 semanas de duración y cubre todo el país.

La metodología utilizada en esta investigación se inició con el levantamiento del estado del arte plasmado en un diagnóstico de la situación actual y el marco teórico; referido por una parte a planificación estratégica y definición del Ciclo PDCA o PHVA

y, por otra referido a la evaluación docente en Chile y la experiencia internacional en este ámbito.

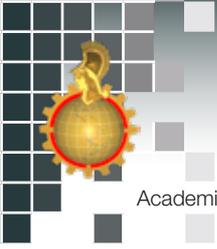
Se analizaron las posibles causas de las deficiencias en la calidad de servicio en las filmaciones a través de un diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) y se elaboró y propuso un plan de mejoras con el objetivo de eliminar las brechas encontradas.



Fuente: Evaluación Docente en Chile, Abril 2011 (23 p)

“Estructura y actores que participan del sistema de evaluación del desempeño profesional docente”.





# Método de estimación de demanda de combustible para los vehículos administrativos del Ejército.

Alumnos Tesistas: GDB. Víctor Arriagada Martínez y CAP. Roberto Valdés Vargas.  
Profesor Guía: Sergio Flores Urquiza.

## Resumen



El presente trabajo aplicado tiene como objetivo proponer un método de estimación de demanda de combustible para los vehículos administrativos del Ejército, que permita cuantificar la demanda de los diferentes medios con que cuenta la Institución, con el propósito de contribuir a la función de gestión y control del Comando de Apoyo a la Fuerza a través de la División Logística.

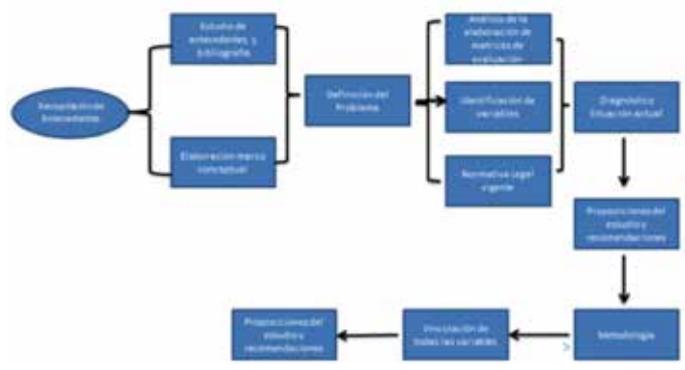
procedimiento actual para adquirir y asignar combustible a los vehículos administrativos, empleando además estadísticas y perfiles de uso, a fin de seleccionar el método que sería utilizado para la proposición del modelo.

En una primera instancia se define y formula el problema, del cual se extrae información relacionada con la función del Ejército, organización y misiones, origen de los fondos presupuestarios para la adquisición de combustible a nivel Ejército, entre otros aspectos, continuando con un marco teórico basado en material bibliográfico.

Con lo citado precedentemente se diseñó un método para establecer la demanda de combustible, tomando como base el modelo determinístico. Para su diseño se tuvo en consideración la estructura de funcionamiento de la Jefatura de Abastecimiento.

Para cumplir con el objetivo definido, se recopiló información relacionada con el

Finalmente, se aplicó el modelo de demanda de combustible a 3 vehículos de diferentes modelos y empleos, en uso en las Guarniciones de: Arica, Iquique, Antofagasta, Los Andes, Santiago, Temuco, Coyhaique y Punta Arenas, entregando como resultado la cantidad de combustible consumido por estos de acuerdo a su perfil de uso.



"Secuencia metodológica".







# Diseño de un modelo de control de gestión del sistema de mantenimiento del Ejército de Chile, focalizado en la estructura funcional del nivel Brigada Acorazada.

Alumno Tesista: MAY. (IPM) Eduardo Soto Pacheco.  
Profesor Guía: Orlando Durán Acevedo.

## Resumen



El Ejército se encuentra enfrentado a un permanente proceso de modernización que ha desencadenado una creciente evolución, tanto en la estructura de la fuerza representada por la organización de sus medios, como por la forma de empleo y administración de los mismos.

Lo anterior trae consigo una permanente revisión de los procesos doctrinarios que regulan su actuar, como también una continua y permanente modificación de sus reglamentos, ordenanzas, disposiciones y otros, con el propósito de ir adecuándolos a los cambios tecnológicos a los cuales se encuentra a diario enfrentado.

Bajo este prisma de revisión permanente de procesos y funciones que regulan el hacer de la Institución, se dio inicio al presente estudio

que busca establecer un modelo de control de gestión del sistema de mantenimiento, centrado en una Unidad de Armas Combinada, a nivel Brigada Acorazada.

Mediante el empleo de una metodología denominada CRISP (Cross-Industry Standard Process), se efectuó un diagnóstico que permitió identificar la problemática que actualmente afecta la gestión de mantenimiento de la Unidad de Armas Combinada en estudio.

Focalizado el problema se estableció una estructura metodológica que permitió el diseño de un modelo de control de gestión de mantenimiento, adecuado para las funciones de mantenimiento que debieran efectuarse a nivel de Brigada Acorazada. Todo lo anterior contribuirá al cumplimiento de los objetivos establecidos en la Directiva de Apoyo a la Fuerza (DAF).



“Secuencia metodológica del desarrollo de la memoria”.





## Desarrollo de un modelo para estimar la demanda real de orugas para el tanque Leopard 1V.

Alumnos Tesistas: CRL. Hernán Velásquez Melo y  
CAP. Christian Díaz Serrano.  
Profesor Guía: Julio Canales Fernández.

### Resumen

**E**l objetivo del presente trabajo fue proporcionar un modelo de gestión de mantenimiento, que permitiera corregir las deficiencias observadas en el diagnóstico efectuado a los componentes críticos del subsistema de orugas del Tanque Leopard 1V. El trabajo realizado que se basó en el proceso de optimización de la función de mantenimiento establecido por la Institución, permitirá prolongar el ciclo de vida de dicho material.

Basado en un modelo estadístico se estableció la demanda real de rodadura para vehículos blindados, asegurando el nivel de disponibilidad y confiabilidad del repuesto asegurando con ello la mantención y el funcionamiento del material blindado.

El modelo está basado en antecedentes obtenidos del sistema de rodaduras del tanque Leopard 1V, el cual también podrá ser replicado al tanque Leopard 2A4. Cabe hacer presente que el presente trabajo se circunscribe solo al sistema de rodadura del tanque.

Uno de los elementos centrales del presente trabajo de investigación debiera servir de base o modelo para corregir las actuales deficiencias que presenta el sistema y, posiblemente, modernizar las prácticas logísticas que impulsadas por la disponibilidad de información permitan una eficiente y eficaz visibilidad de los acontecimientos, de las necesidades y requerimientos técnicos, lo que con una adecuada métrica permitirán valorar y entender la importancia de mantener una información logística al día.



“Tanque Leopard 1V”.



# Memorias de Pregrado

Promoción 2009-2013

## Ingeniería en Sistemas de Armas mención Vehículos Militares

### Identificación de daño estructural en una configuración metálica, utilizando redes neuronales.

Alumno Memorista: MAY. Juan Valenzuela Inostroza.  
Profesor Guía: PhD Sra. Viviana Meruane Naranjo.

#### Resumen



El estudio buscó desarrollar un algoritmo de detección de daño utilizando frecuencias de anti-resonancia y redes neuronales.

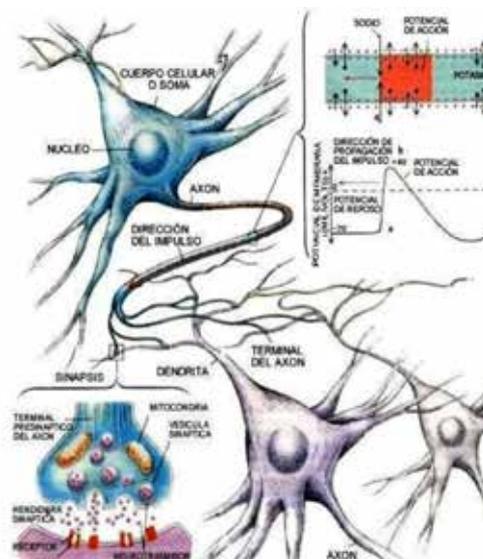
Las redes neuronales artificiales son eficientes técnicas computacionales, usadas ampliamente para solucionar problemas complejos en muchos campos del conocimiento. En este estudio se utilizaron redes neuronales para identificar daño en distintos sistemas estructurales. El método se validó mediante datos simulados y experimentales de estructuras con y sin daño. El objetivo general de la investigación buscó entrenar una red neuronal que sea capaz de detectar y localizar una falla en una configuración metálica. Para tal efecto, se materializó un levantamiento, basado en simulación con elementos finitos, de una pala de rotor principal de helicóptero MD-530, con el objeto de determinar frecuencias resonantes y antiresonantes.

Se programó una función en MATLAB, que reciba los factores de rigidez efectiva para la pala y devuelva las frecuencias características del sistema, resonantes y antiresonantes.

Se entrenó la red neuronal utilizando una base de datos generada con la función descrita en el objetivo anterior.

Se validó la red neuronal para datos experimentales de la pala del MD-530, con y sin falla.

Todo lo anterior se logró mediante la creación de un modelo numérico de la estructura y un algoritmo de identificación de daño. Para tal efecto se validó el algoritmo con datos numéricos y se verificó el comportamiento del algoritmo con datos experimentales.



“Red neuronal, vista biológica del sistema nervioso (Delgado, 2013)”.



## Desarrollo de un modelo térmico del carro Marder 1 A3.

Alumno Memorista: CAP. Oscar Rodríguez

Undurraga.

Profesor Guía: M.Cs. Sr. Fabián Hormazábal

Pollicardo.

### Resumen

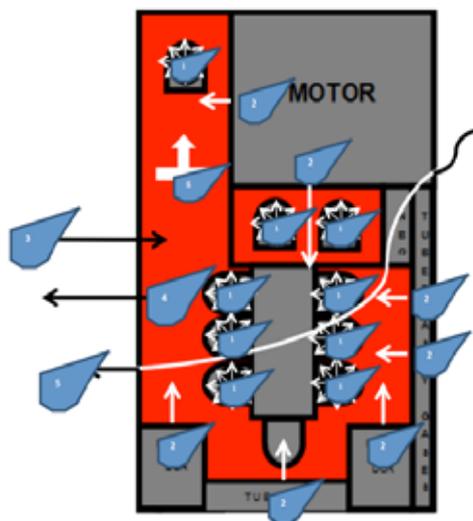
La presente investigación aportó a la solución del problema de sobrecalentamiento del compartimiento de combate del Carro Marder 1 A3. Dicho problema se presenta en la zona geográfica de la 2ª Brigada Acorazada “Cazadores” ubicada en Pozo Almonte, Il Región, debido a la presencia de altas temperaturas y al diseño del carro que no está concebido para desempeñarse en esa zona específica. Este problema conlleva que al entrenar y operar con el carro cerrado se produzcan altas temperaturas y humedad al interior del compartimiento de combate, provocando malestar en la tripulación que repercute en su eficiencia de combate.

El aporte del presente trabajo contribuyó a la solución del problema, mediante el desarrollo de un modelo térmico del volumen de control, representado por el compartimiento de combate del carro, constituyéndose en una herramienta conceptual basada en un balance de calor aplicado a un volumen real. De esta forma con la obtención de los flujos de calor que intervienen en el carro, se determinó la relevancia de los factores que producen el sobrecalentamiento del compartimiento de combate del carro.

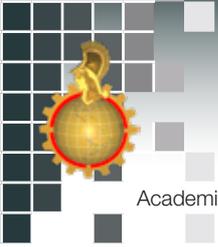
Este modelo térmico, se realizó a través de la caracterización del carro obtenido de mediciones realizadas por FAMA E en Pozo Almonte y utilizando las ecuaciones que gobiernan cada uno de los mecanismos de transferencia de calor que existen. Los cálculos y los flujos de

calor obtenidos representados como modelo fueron desarrollados en el programa computacional Microsoft Excel, el que fue sometido a análisis de sensibilidad para ver el impacto en las variaciones realizadas.

Los resultados obtenidos de esta investigación entregaron la estimación de la relevancia de los factores que producen el sobrecalentamiento del compartimiento de combate del carro, esto a través de comparación de los flujos de calor, lo que permitirá probar posibles soluciones que permitirán disminuir la temperatura y humedad del volumen de control, contribuyendo con ello a la obtención de un aporte real a la solución buscada.



“Representación gráfica del modelo térmico preliminar”.



## Diseño preliminar de silenciador para la SAF-200.

Alumno Memorista: CAP. Patricio Escobar Contreras.  
Profesor Guía: CAP. (IPM) Ricardo Massera García.

### Resumen



a presente memoria contribuyó al diseño preliminar de un silenciador para la Subametralladora SAF-200 fabricada por FAMA E.

El estudio se inició con una mirada retrospectiva de la historia de los silenciadores, lo que culminó con la identificación de aquellos ingenios bélicos que tuvieron éxitos como tales, respecto de aquellos que terminaron siendo un fracaso. Estos antecedentes fueron referentes importantes al momento de abordar la problemática de diseño del silenciador.

Seguidamente se desarrolló el diseño conceptual del silenciador, analizando la viabilidad del sistema a la luz de los requerimientos técnicos que debería cumplir el arma, continuando con los cálculos ma-

temáticos del subsistema, pasando por la determinación de los materiales a emplear en su fabricación, dimensiones a observar, espesores de sus componentes, etc.

Seguidamente se confeccionó la planimetría de cada uno de los componentes del silenciador, que concluyó finalmente con la fabricación del prototipo preliminar, procediendo seguidamente a su validación mediante pruebas experimentales de acuerdo a los protocolos diseñados para tal efecto. Cabe mencionar que este diseño también puede ser utilizado en la SAF Standard.

Importante en destacar fue el desarrollo del modelo matemático, el cual permitió modelar el silenciador y comprobar con ello el comportamiento esperado del sistema.



“SAF-200”.





## Caracterización del estado operacional de la barra de torsión desmilitarizada del APC M-113.

Alumno Memorista: CAP. Luis Parra Rojas.  
Profesor Guía: Dr. Ing. Sr. Aquiles Sepúlveda Osses.

### Resumen



El vehículo militar es por esencia un vehículo todo terreno, sometido a máximos esfuerzos al momento de entrar en combate.

determinan cuáles son los valores críticos que ameritan efectuar el recambio de dicho elemento.

Tal es el caso del carro de transporte M-113, concebido para ser empleado en toda clase de terreno, como un medio confiable, seguro y eficiente en el transporte de tropa.



Sin embargo algunos carros comienzan a presentar fallas repetitivas que compromete su estado operacional, producto del desgaste y uso que ha recibido a lo largo de sus prolongados años de uso en la Institución, situación que ha quedado en evidencia por las repetitivas fallas que presenta el sistema de suspensión, específicamente las barras de torsión, las cuales presentan fatiga de material y pérdida de sus propiedades mecánicas por desgaste de sus componentes.



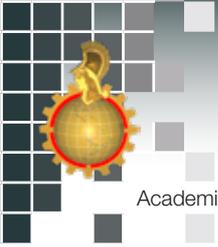
Su mal funcionamiento trae consigo además daños colaterales en el sistema de amortiguación.

“Desmontaje de barra de torsión”.

Para subsanar el problema detectado se estima necesario diseñar un procedimiento que permita a los mantenedores, contar con una herramienta que les permita determinar si una barra de torsión se encuentra operativa o debe ser reemplazada.

Paralelamente se analizó cómo estas barras de torsión afectaban al sistema de amortiguación del carro, lo que hizo necesario efectuar un levantamiento general de todos los esfuerzos (cargas) que actúan sobre

El trabajo se inicia identificando las variables que afectan el estado operacional de las barras de torsión, y posteriormente se



barras, antecedente este último que permitió definir finalmente un procedimiento que permite discriminar el estado operacional

de la barras de torsión en estudio, lo que evitará se produzcan daños colaterales a otros sistemas del carro (amortiguadores).

## Evaluación del efecto de la implementación de una tecnología en base a hidrógeno en el consumo de combustible de un motor Detroit Diésel 06V53N.

### Resumen

**L**a presente memoria tiene como objetivo evaluar el efecto que produciría la incorporación de tecnología en base a hidrógeno en un motor Detroit Diésel 06V53N. La evaluación se efectuará sobre la base de protocolos establecidos, los que se irán implementando al motor en estudio a través de un dinamómetro, con el objeto de recabar información técnica fundada que permita determinar el efecto de incorporar dicho gas al motor, con el objetivo de adoptar la decisión de implementar dicha tecnología, o en su efecto no incorporarla al material en estudio.

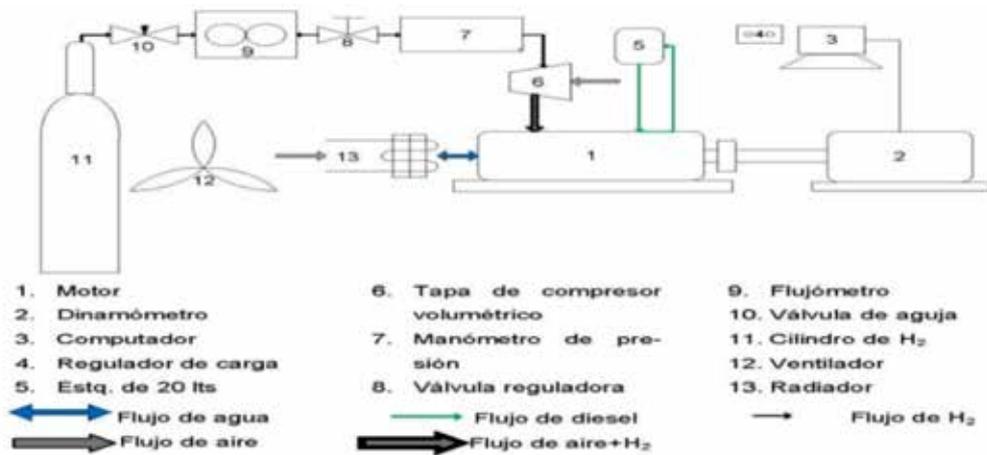
Estudiando el estado del arte en materias de tecnologías de ahorro de combustible en base a hidrógeno en motores diésel, se plantea que hay tres diferentes tecnologías como alternativas a usar. La primera es la aplicación de bi-fuel, que se refiere a un vehículo con motor de combustión interna que funciona con su combustible principal y con

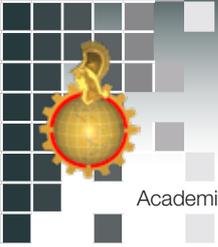
el hidrógeno como combustible alternativo. Una segunda aplicación es con la pila de combustible o celda de combustible, utilizado en vehículos con un motor eléctrico que en vez de utilizar una batería de litio, utiliza esta celda para producir electricidad por medio de hidrógeno y oxígeno. La tercera alternativa es la aplicación dual-fuel, la que consiste en utilizar un motor de combustión interna con mezcla de combustible principal con hidrógeno.

A través de un panel de expertos y mediante un proceso jerárquico analítico (AHP) con la ayuda de la herramienta informática Expert Choice, se estableció finalmente la no necesidad de modificar el motor original, seleccionando así la alternativa más viable y factible de aplicar a nuestra realidad Institucional.

Como resultado de dicho proceso se obtuvo que la alternativa a emplear según los criterios antes descritos sea la aplicación dual-fuel.







# Ingeniería en Sistemas Logísticos mención Abastecimiento

## Estudio de factibilidad técnica y económica de un sistema de alimentación en campaña.

Alumnos Memoristas: MAY. Claudio Pichara Abuyeres y Cap. Bernardo Palacios Cergna.  
Profesor Guía: TCL. (IPM) Sergio Nazar Martínez.

### Resumen

La presente memoria tuvo como objetivo evaluar la factibilidad técnica y económica de un sistema de alimentación que permita asegurar la subsistencia del personal en campaña y optimice los recursos logísticos y presupuestarios Institucionales.

doctrinarios y reglamentarios que dieron el marco conceptual al desarrollo del presente trabajo.

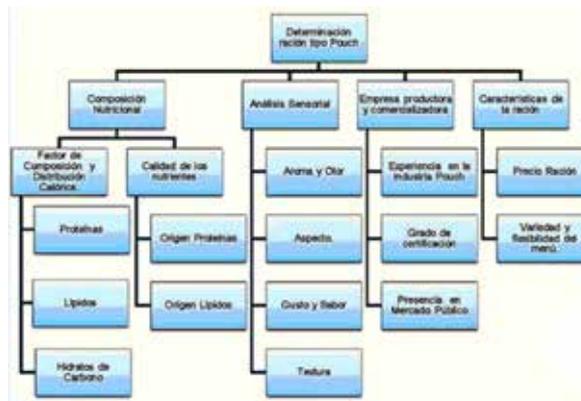
Seguidamente, se procedió a la determinación de la necesidad y requerimientos operacionales del sistema, apoyándose para ello en el uso de la metodología de Ingeniería de Sistemas.

En el proceso de evaluación el trabajo se centró en evaluar dos alternativas; correspondiendo la primera de ella a las raciones preparadas con el sistema Pouch, y la segunda, la implementación de una cadena de frío para abastecer alimentación tipo Cook and Chill.

En cuanto a la selección de las alternativas, mediante el Método Jerárquico Analítico (AHP), en el software Expert Choice, se determinó como mejor opción el sistema Pouch, y cadena de frío.

Se estableció un marco teórico, describiendo el actual sistema de alimentación, definiendo los conceptos básicos de las raciones Pouch y Cook and Chill, como a su vez, los aspectos centrales de una cadena de frío. En este marco teórico también se consideró los fundamentos

Como etapa final de la investigación, se procedió a desarrollar la factibilidad económica de las alternativas seleccionadas, empleando un enfoque de costo-eficiencia, en donde mediante el criterio de selección del Valor Actual de los Costos (VAC), se concluyó que la opción más factible es la implementación de la cadena de frío para las raciones Cook and Chill.



"Diagrama jerárquico, ración tipo Pouch".



## Gestión de la flota de transporte en el Ejército basado en indicadores de control.

Alumnos Memoristas: MAY. Carlos Gutiérrez Zúñiga y CAP. Aracely Morales Peña.  
Profesor Guía: CAP. (IPM) Cristian Barriá Huidobro.

### Resumen

**L**a inexistencia de indicadores de control de gestión en la flota de transporte Institucional, ha dificultado la administración de la información obtenida durante la ejecución de sus procesos administrativos y logísticos básicos, provocando un control deficiente, falta de trazabilidad de la información generada y posterior análisis de la misma.

La carencia de indicadores de control de gestión ha dificultado la toma de decisiones y por ende se ha dificultado la detección oportuna de los factores críticos que son necesarios tener bajo control para garantizar el éxito de la organización. El trabajo de la presente investigación se paralizó en diferentes etapas, los que en forma concatenadas fueron dando respuestas a los objetivos específicos y generales previamente trazados.

En una primera fase se realizó un diagnóstico institucional y se identificaron los procesos críticos de la organización y las tareas que se desarrollan en cada uno de ellos a través de la observación directa, entrevistas con el personal que interviene en cada proceso, apoyado con un análisis FODA aplicado a los departamentos en estudio, análisis de la documentación y reglamentos que regulan su actuar a la luz de la doctrina institucional.

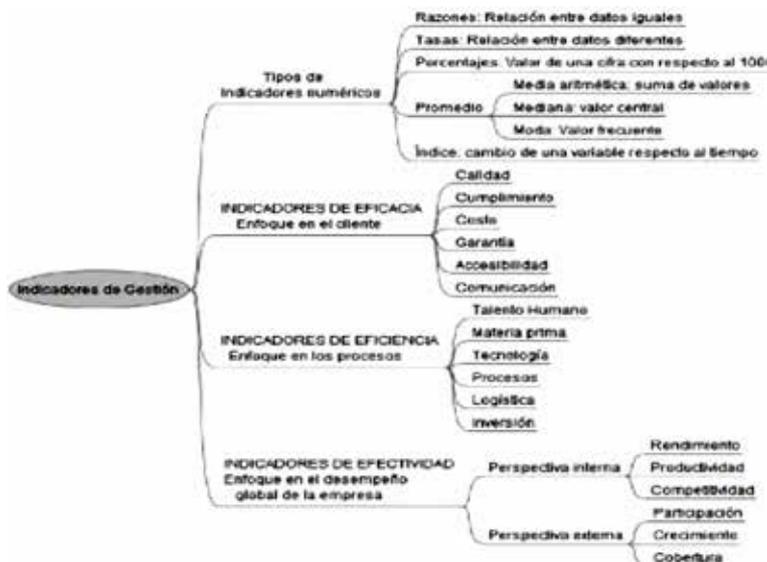
En una segunda fase, se realizó un análisis a distintas empresas civiles relacionadas directamente con la función logística de transporte y que administran centros de distribuciones logísticas propias, así como

también del centro logístico de la Armada de Chile. Como una suerte de benchmarking, se obtuvieron las mejores prácticas en relación al control y gestión de sus procesos.

En una tercera fase se definieron los indicadores de control que describen el funcionamiento y los objetivos por alcanzar, los parámetros que miden desempeño y los algoritmos utilizados para su cálculo. Este conjunto de indicadores fue presentado a un panel de expertos, quienes evaluaron los once criterios predefinidos, seleccionándose solo cinco de ellos para su desarrollo.

Con la definición de los indicadores se procedió a realizar la asignación de responsabilidades en relación con quién mide, y quién utiliza la información, entre otras responsabilidades. Para esto fue utilizada la matriz RACI, metodología de apoyo específica para la tarea de determinación y asignación de responsabilidades dentro de los procesos de una organización.

Finalmente, en una cuarta fase, con los indicadores ya definidos se tomaron medidas de los diferentes procesos que fueron definidos como críticos, siendo comparados con datos de periodos anteriores, lo que permitió analizar la fiabilidad de la medición. Luego fueron formalizados a través de la elaboración de una ficha técnica que resume las características técnicas de cada indicador (nombre del indicador, responsables de su ejecución y control, objetivo, fórmula para el cálculo del índice, gráfico y registro de datos), todo lo anterior persiguiendo dar una solución robusta a la problemática institucional.



"Clasificación de los indicadores de gestión".

## Modelo de aprovisionamiento para optimizar la gestión de stock del Almacén Militar del Ejército.

Alumnos Memoristas: CAP. Ariel Valenzuela Verdugo y CAP. Leopoldo Araya Magnere.  
Profesor Guía: CAP. (IPM) Verónica Caselli Benavente.

### Resumen

La presente memoria está centrada en desarrollar un modelo estadístico que permita optimizar la gestión de stock del Almacén Militar del Ejército (AME). Se busca con ello satisfacer las preguntas claves en logística y manejo de inventarios como son: ¿Cuánto comprar?, ¿Cuándo comprar? y ¿Cómo hacerlo?. Este modelo se propone para los artículos de vestuario que se ofrecen en el AME, conforme las necesidades que demanda la Institución.

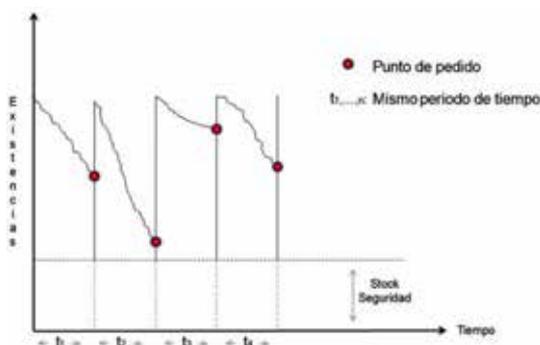
productos que ofrece a los miembros de la Institución, lo que se traduce en una demanda insatisfecha, generando incertidumbre en sus clientes y ocasionando un problema real y al cual, a través del desarrollo de la presente memoria se pretende dar solución.

Para construir el modelo de aprovisionamiento es necesario desarrollar diferentes etapas. Para ello fue preciso generar objetivos específicos que permitieran realizar un diagnóstico de la cadena de abastecimiento del AME, identificando las variables que actúan en el aprovisionamiento de vestuario. Además de lo anterior, se efectuó un análisis a la literatura



tura existente, centros de distribución civil y otros organismos de defensa y seguridad con la misión de evaluar los modelos de aprovisionamiento de gestión de stock que son comúnmente utilizados. Todo lo anterior permitió desarrollar un modelo estadístico de aprovisionamiento propio.

Finalmente, se valida el modelo desarrollado, al confrontar la realidad vivida por el AME durante el año 2013, al comparar lo acaecido con la prenda de vestir: buzo deportivo, bajo el prisma que establecía el antiguo modelo de aprovisionamiento de stock con el actual sistema propuesto.



"Gráfico de aprovisionamiento periódico".

## Propuesta de un modelo de cálculo de stocks razonables para el servicio de esterilización del Hospital Militar de Santiago.

Alumnos Memoristas: CAP. Gonzalo Tisi Yávar y CAP. Juan Pablo Araya Troncoso.  
 Profesor Guía: MAY. (IPM) David Burboa Rojas.

### Resumen



La presente memoria tuvo por objeto aportar a la gestión de stock del Hospital Militar de Santiago (HMS), específicamente al Servicio de Esterilización, mediante la propuesta de un modelo de cálculo de stocks razonables.

El aporte de la investigación a la solución del problema, fue a través de la aplicación de un modelo de aprovisionamiento de inventarios que busca mejorar los indicadores de rendimiento como el nivel de servicio, cobertura y rotación. Para el análisis se consideró en su

inicio un diagnóstico de la situación actual del servicio de esterilización que permitió conocer a fondo la gestión de los insumos clínicos.

Terminado el diagnóstico, además de obtener los insumos relevantes para el estudio, se procedió a la aplicación de los modelos de aprovisionamiento, proponiendo la implementación del modelo de aprovisionamiento periódico que logra una disminución del inventario promedio anual valorizado en un 33%.





Mediante un análisis del movimiento de los insumos del servicio y aplicando el principio de la clasificación de ABC (metodología de segmentación de productos de acuerdo a criterios preestablecidos), se obtuvo los principales insumos requeridos en el servicio, a través del criterio del consumo anual valorizado. Estos insumos pasaron a ser los elementos en estudio, los que se calculan en un consumo anual valorizado de más de \$ 260.000.000.

Considerando todos los factores se optó por estudiar dos modelos que eventualmente mejorarían con respecto a los actuales indicadores de gestión del servicio, como lo son el modelo de aprovisionamiento periódico (AP) y el modelo de aprovisionamiento por punto de pedido (APP).

El indicador más relevante para evidenciar quiebres de stock es el nivel de servicio. Los indicadores de rotación y cobertura muestran una similitud en el movimiento de sus stocks.

El valor total del inventario promedio anual de los insumos en estudio, entrega la cuantificación monetaria del inventario estacionalizado

durante dicho período. Esta variable ayuda a determinar qué modelo se ajusta mejor a las políticas internas del HMS, y a los objetivos propuestos por el servicio.

El HMS realiza sus pedidos de forma mensual a sus proveedores, por lo cual no sería recomendable cambiar su forma de comprar, lo que favorece aún más la utilización del modelo AP por sobre el APP que realiza pedidos semanales.

El modelo AP es especialmente útil cuando se trabaja con grandes cantidades de artículos, pues permite racionalizar el proceso de la gestión de pedidos al dotarlo de una cierta estabilidad. La presente investigación permitió a los memoristas profundizar temas relevantes e importantes en la gestión de stock, encontrando el que mejor se adecúa al servicio de esterilización, tanto por sus movimientos, consumos, estacionalidades y políticas de compra del HMS, llegando a la conclusión que el modelo de aprovisionamiento periódico es el que trae mayores beneficios al servicio de esterilización, al HMS, al COSALE y, finalmente, al Ejército de Chile.



“Movimiento del stock”.





# Ingeniería en Sistemas Logísticos mención Mantenimiento

## Metodología para determinar componentes críticos para el cálculo de confiabilidad en un sistema de armas de uso en el Ejército de Chile.

Alumnos Memoristas: MAY. Mario Soto Álvarez y MAY. Rafael González Hidalgo.

Profesor Guía: TCL. (IPM) Gonzalo Sobarzo Véliz.

### Resumen



El Ejército de Chile actualmente opera y mantiene sistemas de armas que han requerido modificar y adecuar la función de gestión de mantenimiento. Los registros incompletos de datos de mantenimiento en algunos sistemas de armas, sumado a la falta de una metodología que permita analizar la información que se obtiene para identificar y determinar componentes o piezas críticas que aseguren confiabilidad de los medios empleados, hace necesaria la elaboración de una metodología que permita contar con indicadores de mantenimiento, que mejoren sustancialmente el uso de estos recursos de Defensa.

El conocer la confiabilidad de los sistemas de armas resulta ser un antecedente de valor para el Comandante, sobre todo cuando debe planificar su empleo, lo que redundará en mejores tomas de decisiones.

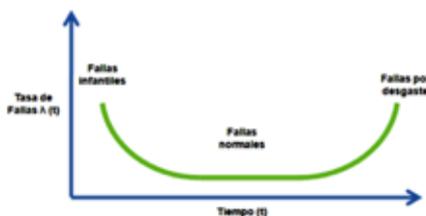
El mantenimiento que realiza FAMA E a los sistemas de armas, debe garantizar un 70% de disponibilidad referida a una flota acorazada, lo se traduce como el porcentaje de vehículos

que se encuentran operacionales y listos para ser utilizados en el instante requerido.

Para contar con este indicador de confiabilidad se necesita una base sólida de registros de datos de mantenimiento, como también saber cuál de los subsistemas, componentes, partes o piezas del sistema son relevantes para ser considerados en el cálculo de confiabilidad.

La metodología desarrollada requirió analizar los componentes críticos de un sistema de armas, asignándoles un valor a la frecuencia de falla y determinación del nivel de criticidad del componente analizado. El trabajo de esta etapa concluyó especificando si los componentes analizados son merecedores de ser ingresado al cálculo de confiabilidad.

La investigación desarrollada concluyó con la entrega de una metodología sencilla, simple y de fácil acceso y empleo para el usuario, sin perder de vista el cumplimiento de los requerimientos técnicos necesarios para obtener resultados reales, fundamentados y confiables.



“Curva de la bañera”.



# Diseño conceptual del sistema de mantenimiento del Hospital Modular de Campaña del Ejército.

Alumno Memorista: MAY. Alejandro González Salazar.  
Profesor Guía: GDB. (IPM) Carlos Villalobos Vera.

## Resumen

Desde hace aproximadamente dos décadas, el Ejército de Chile se ha visto envuelto en un proceso de modernización constante y vertiginosa, lo que ha permitido dar un salto tecnológico trascendental a la Institución. Es en ese contexto donde la función mantenimiento cobra su real importancia en la organización, ya que en ella recae la responsabilidad de mantener operativo los recursos de defensa que a diario adquiere la Institución.

Bajo este prisma, es que el presente estudio se enmarca con el propósito de elaborar el diseño conceptual de un sistema de mantenimiento para el Hospital Modular de Campaña (HMC) del Ejército.

Para ello y utilizando una metodología sistémica, que busca asegurar la disponibilidad operacional del HMC, se dio inicio a la presente investigación que abarcó cuatro etapas, las que permitieron ir cumpliendo los objetivos específicos previamente definidos.

En la primera etapa, se sintetizó toda la información necesaria para configurar una base teórica que puso énfasis en la clasificación de los sistemas, los indicadores de gestión del mantenimiento y en las metodologías necesarias para el análisis y selección de alternativas.

Posteriormente, se identificaron aquellas prácticas utilizadas por otras instalaciones de salud en el mantenimiento de los equipos médicos, obteniéndose una base empírica que colaboró con la estructuración de las diferentes alternativas de solución.

Luego, en la tercera etapa se seleccionó el módulo piloto al cual se le estudiaron sus equipos, clasificándolos de acuerdo a su criticidad, para finalmente en la última etapa, elaborar el diseño conceptual del sistema utilizando como metodología la Ingeniería de Sistemas, la que fue validada por un panel de expertos.



“Sistema integral de mantenimiento y operación”.



## Aplicación del modelo PHM (Proportional Hazard Model), para el cálculo del riesgo de los componentes de un activo de defensa.

Alumnos Memoristas: MAY. Guillermo Salas Kurte y CAP. Alberto Urizar Vega.

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

### Resumen



En el desarrollo de la industria, tanto civil como militar, las organizaciones han implementado diferentes metodologías y estrategias para optimizar el uso de los recursos, es así como entre estas metodologías se han incorporado las utilizadas en otras ciencias, como es específicamente la medicina, en la que a través de la aplicación de modelos probabilísticos de regresión de Cox, se puede establecer la condición del cuerpo humano por medio del análisis de la sangre y así establecer la probabilidad de sobrevivencia en el tiempo. Esta metodología es homologada por el profesor Andrew Jardine para determinar el riesgo de ocurrencia de fallas en diferentes sistemas: mecánicos, electrónicos, hidráulicos, entre otros.

Para el desarrollo e implementación de la metodología antes señalada, especialmente en los casos de aplicación en motores, transmisiones, sistemas hidráulicos u otros sistemas que utilicen fluidos para su funcionamiento, se hace necesario el estudio de muestras de estos fluidos y que para el presente estudio se centró en el análisis de un motor Detroit diésel de dos tiempos 6V serie 53, turbo de aspiración natural.

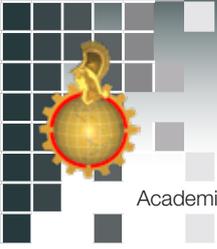
Para realizar el análisis antes mencionado se utilizó una metodología llamada tribología (del griego tribos “frotar o rozar”), que es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación. Para lo anterior y a través de esta metodología se extraen muestras de

los fluidos del sistema y se realiza el estudio de los residuos de material particulado con espectrómetros que funcionan en base a análisis infrarrojo, para determinar la cantidad de partículas presentes en el fluido. Paralelo a este procedimiento, se establecieron las variables que determinarán el riesgo de ocurrencia de una falla crítica en el sistema, producto de un desgaste que sobrepase los parámetros establecidos por el fabricante, la organización, o el usuario, a fin de establecer las acciones destinadas a recuperar la condición original del componente.

Junto con lo anterior y a través del seguimiento de las fallas del sistema, mediante un análisis estadístico se estableció la tasa de fallas, mediante el análisis de la función de Weibull, que permite determinar la etapa del ciclo de vida en que se encuentra dicho sistema.

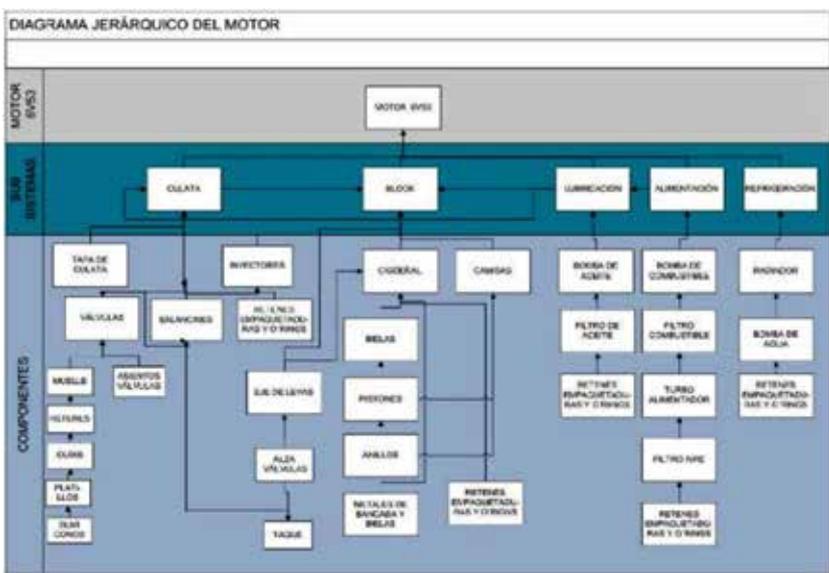
El seguimiento y posterior análisis de las fallas del sistema es relevante para el cálculo de los estimadores o atributos variables de riesgo y de esa manera generar el modelo de regresión de Cox.

Determinados los valores de riesgo por la regresión de Cox, como la determinación de la etapa del ciclo de vida en que se encuentra el sistema, se integraron las funciones para realizar el cálculo final y señalar, cuál es la probabilidad de riesgo de que al sistema presente una falla por desgaste en sus componentes.



Es recomendable que la Institución implemente esta metodología como parte de sus estrategias de mantenimiento, dada

su utilidad y factibilidad de materializar que redundará en menores costos por reparación.



“Diagrama funcional del motor 6V53”.

### Diseño conceptual del sistema de mantenimiento para el sistema de comunicaciones de emergencia del Ejército.

Alumno Memorista: MAY. Pablo Silva Ibaceta.  
Profesor Guía: TCL. (IPM) Juan Lopizic Balic.

### Resumen



El 27 de febrero de 2010, dejó en evidencia la importancia de contar con telecomunicaciones capaces de integrarse entre diversos organismos gubernamentales y civiles, que permitirían a la autoridad que la necesite, contar con información oportuna y fehaciente para enfrentar situaciones de emergencia, desastres o catástrofes.

de colaboración, teniendo como objetivo común el “Dotar al país de un sistema de telecomunicaciones para el empleo en situaciones de emergencia y catástrofes”.

Producto de lo expuesto, se le entregó al Comando de Telecomunicaciones del Ejército a través de su Jefatura de Comunicaciones (JEFCOM) la responsabilidad, de “Diseñar, implementar, operar y mantener” un sistema de telecomunicaciones de misión crítica.

El Ejército de Chile y la ONEMI, a partir del año 2011 han protocolizado convenios





En un primer diagnóstico se evidenció una limitada capacidad de la Institución para relacionarse con las autoridades civiles encargadas de atender situaciones de emergencias, en todo lo que dice relación con las telecomunicaciones.

Utilizando la metodología de ingeniería de sistemas se diseñó conceptualmente una solución al problema planteado, integrando al proceso la función de mantenimiento.

Este proceso implicó, determinar los stakeholders, elaborar y validar requerimientos operacionales (ROs.), estableciendo su arquitectura dentro de la organización, diagramando los procesos y, finalmente, validando el diseño.

En síntesis, la investigación propuso, mediante la metodología de ingeniería de sistemas, una solución organizacional de soporte de mantenimiento para el sistema de telecomunicaciones de emergencia del Ejército.



“Uno de los requerimientos del Gobierno de Chile al Ejército”.

## Aplicación de un mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para la ejecución de un mantenimiento recuperativo integral para el sistema de armas M-113 de uso en el Ejército.

Alumnos Memoristas: MAY. Jorge San Miguel Pino y CAP. Juan Madariaga Vásquez.

Profesor Guía: CRL. (IPM) José Millán Palavecino.

### Resumen

El presente estudio tuvo por objetivo la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, como base en la recuperación integral del carro M-113 de uso en el Ejército de Chile.

En una primera fase se efectuó la recopilación de antecedentes sobre el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Posteriormente, se establecieron ciertos criterios y conceptos, que sumados a la in-



ducción efectuada por un panel de experto, permitieron focalizar la metodología elegida al caso específico del carro M-113, como parte constitutiva fundamental de las unidades acorazadas a lo largo del territorio nacional.

Seleccionado el material para su estudio, se procede a la aplicación de una metodología que desglosa el carro en 10 subsistemas y 49 componentes, los que son analizados en modo de falla y sus efectos (FMEA), determinando la criticidad de alguno de estos subsistemas o componentes.

Mediante un análisis de Pareto se analiza el 20% de los componentes y subsistemas que producen fallas, los que son causantes del 80% de indisponibilidad del material, en una muestra de 48 carros en un período de 2 años (2.434 fallas).

El análisis anterior arrojó los 3 subsistemas críticos del carro: subsistema eléctrico, subsistema motor, subsistema combustible.

A estos subsistemas se les realizó el análisis de modo de falla y sus efectos a la totalidad de sus componentes dada su criticidad como subsistema.

No obstante lo anterior, existía la probabilidad de encontrar componentes críticos en subsistemas que no lo eran, para lo cual en conjunto con un panel de expertos se construye una matriz de criticidad, ponderando la frecuencia de la falla y la consecuencia de ella, de este modo se detectan componentes críticos en subsistemas que no lo eran realizándoles por ende el análisis de modo de fallas y sus efectos como parte de la metodología RCM.

Finalmente la aplicación de la metodología RCM arroja 24 componentes críticos, que en su análisis determinaron la lista de actividades de mantenimiento (LAM) como el producto entregable de los memoristas, estableciendo los estándares necesarios en la homologación para futuros memoristas, en otros sistemas de armas de uso en el Ejército.

En conclusión, los tópicos abordados en la presente memoria son atingentes a las diferentes áreas del mantenimiento, en donde se ha podido evidenciar en algunos casos, lo transversal y fundamental que es esta actividad en diferentes áreas productivas del quehacer industrial nacional.



“Matriz de criticidad”.





# Manual de uso para el aseguramiento de la calidad de un programa de mantenimiento.

Alumno Memorista: CAP. Claudio Rubio Estay.  
 Profesor Guía: CRL. (IPM) Jorge Sepúlveda Angulo.

## Resumen



La presente memoria tuvo como objetivo elaborar un manual de uso del aseguramiento de la calidad en un programa de mantenimiento basado en la gestión de calidad, tomando como referencia la norma ISO 10006 y la familia de normas ISO 9000.

El tema de investigación fue desarrollado mediante una secuencia metodológica que permitió dar cumplimiento a los objetivos específicos y generales definidos para este trabajo.

La introducción al tema permitió entender de mejor manera el concepto de gestión de calidad asociado a la función de mantenimien-

to recuperativo integral, como producto del análisis exhaustivo efectuado a las normas ISO 10006 y 9000, respectivamente.

Finalmente, se propone un manual de aseguramiento de la calidad, el cual puede servir de guía para formular otros tipos de mantenimiento recuperativo integral en cualquier sistema de armas.

Junto con lo anterior se realiza la validación de este manual de aseguramiento de la calidad en un programa de mantenimiento con personal especializado en el tema de calidad y mantenimiento, para finalmente aportar con las conclusiones generales y específicas del presente trabajo de investigación.



“Escala de tiempo de la calidad”.





# Aplicación de una metodología de cuadro de mando integral para unidades de mantenimiento.

Alumno Memorista: CAP. Juan LeBert Barison.  
Profesor Guía: CAP. (IPM) Héctor Reyes Campaña.

## Resumen



El desarrollo del presente trabajo de investigación, consistió en aplicar una metodología de cuadro de mando integral en una unidad de mantenimiento de la Institución y de esta forma crear una herramienta de gestión que permita administrar los activos de defensa.

La elaboración de la presente investigación se estructuró bajo un enfoque sistémico, que considero diferentes etapas y tareas intermedias que se fueron sucediendo en forma secuencial durante el desarrollo de la misma.

La primera etapa permitió distinguir los diferentes elementos que componen un cuadro de mando integral, y del mismo modo se analizó e identifico los distintos tipos de mantenimientos que se realiza en la Institución. Sobre estas bases se sustenta la presente

investigación, teniendo como referencia la reglamentación vigente y el estado del arte que aplica para este trabajo.

La siguiente etapa considero la realización de un diagnóstico y selección de una unidad piloto de mantenimiento que se utilizó como base para el presente estudio.

La tercera etapa comprendió la elaboración de un cuadro de mando integral incorporando a este proceso la unidad de mantenimiento seleccionada.

Por último, se validó la presente investigación mediante la aplicación del cuadro de mando integral y de esta forma se comprobó que este tipo de metodología es aplicable y repetibles a las unidades de mantenimiento de la Institución.



"Metodología de cuadro de mando integral".



# Diseño conceptual de un sistema móvil de generación de electricidad a base de energía renovable no convencional para el apoyo de las unidades del teatro de operaciones norte del país desplegadas en terreno.

Alumno Memorista: CAP. Christian Martínez Bauer.  
 Profesor Guía: BGR. (IPM) Víctor Aguilera Acevedo.

## Resumen



Los sistemas fotovoltaicos autónomos representan una tecnología de gran utilidad práctica para la electrificación de lugares aislados de las redes eléctricas convencionales, aprovechando las ventajas de libre disposición para acceder a la fuente energética y de la autonomía que entrega el uso de las instalaciones creadas para tales fines.

Cabe destacar que el desarrollo de la tecnología fotovoltaica se ha originado en general sin un aprovechamiento integral respecto de la experiencia acumulada existe a la fecha.

Su desarrollo obedece más a iniciativas individuales que a proyectos colectivos que buscan subsanar falencias energéticas mediante la explotación de instalaciones creadas con tales fines.

La presente investigación busca reducir los costos de mantenimiento e implementación de los grupos electrógenos que se encuentran actualmente en servicio en las unidades del Teatro de Operaciones Norte del país, utilizando fuentes de energías renovables no convencionales (ERNC), para la generación de electricidad a menor costo.

La solución al problema se realizó a través de la selección de la mejor alternativa de energía renovable no convencional sin perder de vista la importancia en que las Unidades

no disminuyan su capacidad de combate. Para ello se tomaron en cuenta todos los tipos de ERNC y por medio de una tabla de decisión se determinó la que mejor cumplía con los requisitos.

Finalizada la selección de la ERNC que presentó las mejores prestaciones, se realizó un estudio completo de los niveles de radiación solar en todo el territorio nacional determinando la zona geográfica que genera mayor cantidad de energía solar y luego un estudio de la radiación solar mensual y anual en el Teatro de Operaciones Norte del país para comprobar la posible eficiencia del sistema.

Por otro lado, también se realizó un estudio detallado de la energía solar fotovoltaica, analizando su objetivo, la descripción de sus componentes y equipos necesarios para su implementación y sus características básicas para su instalación.

|   | Hidroeléctrica | Biomasa  | Eólica    | Geotérmica | Marcoturbina | Solar Fotovoltaica |
|---|----------------|----------|-----------|------------|--------------|--------------------|
| Facilidad de instalac.                  | X 0%           | X 0%     | O 10%     | X 0%       | X 0%         | O 20%              |
| Facilidad de mantención                 | X 0%           | ✓ 10%    | ✓ 10%     | X 0%       | X 0%         | O 10%              |
| Escalabilidad de instalac.              | X 0%           | X 0%     | X 0%      | X 0%       | X 0%         | O 10%              |
| Adaptabilidad al terreno                | ✓ 0%           | ✓ 10%    | ✓ 10%     | ✓ 10%      | ✓ 10%        | O 10%              |
| Sin emisiones de contaminantes          | ✓ 0%           | O 10%    | ✓ 10%     | O 10%      | ✓ 0%         | ✓ 10%              |
| Rapidez de instalación e implementación | X 0%           | X 0%     | X 0%      | X 0%       | X 0%         | ✓ 10%              |
| Sin impacto al ecosistema               | X 0%           | O 10%    | O 10%     | X 0%       | O 10%        | O 10%              |
|   | 6 Puntos       | 8 Puntos | 11 Puntos | 2 Puntos   | 7 Puntos     | 13 Puntos          |

“Matriz de decisión de energías renovables”.



## Aumento de la confiabilidad del MBT Leopard 2A4 mediante técnicas de mantenimiento preventiva basada en la condición (MPBC).

Alumnos Memoristas: CAP. Renato Rojas Vargas y CAP. Felipe Vásquez Valenzuela.  
Profesor Guía: PhD. Sr. Luciano Chiang Sánchez.

### Resumen



El corazón de la gestión de activos son los modos de falla (fallos). La única forma de obtener buenos resultados perdurables en el tiempo, es a través de un correcto manejo de los modos de falla. Aunque no sea perceptible, el trabajo diario de mantenimiento consiste en corregir y evitar modos de falla, o bien mitigar sus consecuencias. No comprender este concepto, es no saber por qué se hace lo que se hace. Mantenimiento debe entender cabalmente porqué y para qué hace sus labores.

Cada acción tomada (reactiva o proactiva) tiene detrás al menos, un modo de falla. Sabemos que es requisito establecer el estándar de funcionamiento para la operación de un equipo. Luego, si se asume que los modos de falla son las razones o causas por las que no se cumple dicho estándar, el mantenimiento deberá “apuntar” a evitar la ocurrencia del modo de falla; lo demás, no tendrá sentido.

Un equipo es un conjunto de componentes relacionados tecnológicamente que podrán ser más o menos complejo en función de la cantidad de partes que lo constituyen y de la relación lógica que entre ellos exista.

Los sistemas con muchos componentes (multicomponentes) contemplan más de un modo de falla, y el espectro del árbol de fallos

de todo el sistema estará determinado por el aporte que cada elemento hace en forma individual.

El mantenimiento a través de sensores es una forma de mantenimiento predictivo, la idea matriz es establecer mediante mediciones experimentales la condición de una máquina y de acuerdo a la condición identificada hacer estimaciones acerca de potenciales fallas.

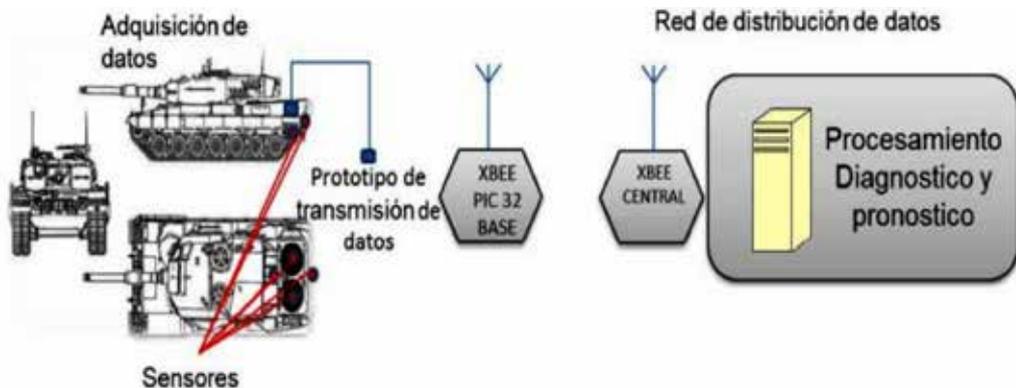
Se habla también de Mantenimiento Basado en la Condición Basada en Modelos (Model Based Condition Based Maintenance). Este concepto consiste en usar modelos basados en principios físicos para estimar la condición de una máquina. En estricto rigor el enfoque, propuesto en esta investigación puede clasificarse en esta categoría. Es un enfoque que es más nuevo que los anteriores y que se ha hecho posible gracias a los avances logrados en la modelación y simulación de la dinámica de cuerpos rígidos y de actuadores de tecnología electromecánica, y a la cada vez mayor capacidad de proceso de los computadores existentes en el mercado.

En términos prácticos el uso exitoso de la mantención predictiva con modelos dinámicos basados en principios físicos depende en gran medida de la capacidad de generar modelos de los sistemas de una manera expedita, pero a la vez de alta fidelidad.



El principal obstáculo hasta ahora para la difusión de este enfoque es la dificultad en

generar buenos modelos calibrados en un tiempo razonable.



“Esquema simplificado de sistema de sensores y comunicación con central de procesamiento”.

## Plan de mantenimiento basado en la condición para los grupos electrógenos del sistema de respaldo de energía del Hospital Militar de Santiago.

Alumno Memorista: CAP. Eduardo Pereira Díaz.  
 Profesor Guía: CAP (IPM) Rodrigo Cámpora Oñate.

### Resumen

Una de las preocupaciones actuales del Hospital Militar de Santiago (HMS) es reducir sus costos, buscando disminuir el déficit operacional que en los últimos años se manifiesta por distintos motivos.

Para lograr este objetivo, existen variadas actividades que se pueden realizar y complementar.

Esta investigación propuso un plan de mantenimiento que se basa en la condición de los grupos electrógenos del sistema de respaldo de energía del Hospital Militar de

Santiago, a través de la metodología RCM II, para ser integrado al mantenimiento de estos y así conseguir una mejor gestión del mismo, permitiendo al personal encargado anticipar posibles fallas, evitando que se produzcan pérdidas materiales y económicas.

Los resultados de la investigación permiten afirmar que es posible hacer mejoras al mantenimiento que se ejecuta hasta el día de hoy, aumentando la frecuencia de funcionamiento de los grupos electrógenos.

Todo el estudio se justifica, ya que los equipos no son ocupados según los parámetros del





fabricante, produciendo fallas aun cuando estos han entrado en funcionamiento menos de 70 horas en los cinco años que tienen de operación en el HMS.

Por otra parte, cabe destacar que lo equipos se encuentran sobredimensionados, lo que incrementa la probabilidad de falla, por trabajar a menos del 50% en modo de emergencia, que es lo que indica el fabricante, afectando en forma directa los distintos subsistemas del grupo electrógeno.

Finalmente, con este plan se busca aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos prolongando la ventana de reacción ante fallas funcionales, aplicando técnicas de monitoreo de condición que ataquen el modo de falla que podrá vislumbrarse luego de analizada y contrastada la información obtenida, de los equipos de monitoreo, con parámetros específicos en un tiempo dado bajo normas que existen alrededor del mundo.



“UPS en funcionamiento en el HMS”.



# Ingeniería en Sistemas de Tecnologías de Información y Comunicaciones mención Informática y Computación

## Diseño preliminar del sistema de hoja de vida y calificaciones digital del Ejército de Chile.

Alumno Memorista: MAY. Javier Loyola Klenner.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Rodrigo Riquelme Pinto.

### Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo el diseño preliminar del sistema de hoja de vida y calificaciones digital para el Ejército de Chile, acorde a las políticas de modernidad en que está inserta la Institución.

Lo anterior tiene por propósito mejorar la gestión de la función "Personal", en lo referido a gestión de la información y rapidez en sus procesos. El trabajo consistió en la entrega física de un software que incorpora un diseño preliminar.

El marco teórico establecido permitió a la presente investigación incluir un estudio de conceptos tales como: gestión de tecnologías de la información, ingeniería de software y sistema de calificaciones, entre otros.

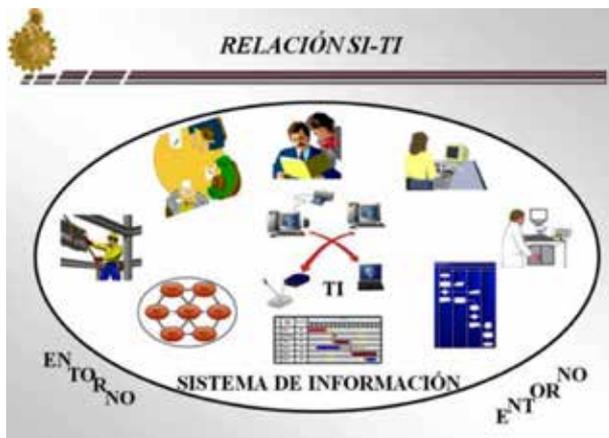
Ocupando la metodología de causa y efecto, se identifica el problema a solucionar y

se establecen las metodologías a emplear, para este caso en particular se da énfasis en ocupar la metodología de ingeniería de software.

Basándose en la metodología de Ingeniería de requerimientos, se establece el ciclo de vida del software y se realizan los requerimientos del sistema, referido a sus funciones y requerimientos técnicos.

Se continúa con el diseño preliminar de la herramienta informática propiamente tal, para lo cual se elabora el esquema de solución, diseño de interfaz gráfica, estructura de módulos, capa de negocios.

Finalmente, se elaboran las conclusiones generales, específicas y sugerencias que el memorista puede aportar al término del presente trabajo.



"Relación Sistemas de Información, Tecnologías de la Información".



# Diseño preliminar de software de gestión docente para la Academia Politécnica Militar.

Alumnos Memoristas: MAY. Pedro Zamanillo Gálvez y CAP. Javier Pinto Agüero.  
Profesora Guía: PC. Sra. Roxana Muñoz Oñate.

## Resumen

**S**e dio inicio al presente estudio utilizando la metodología del árbol causa y efecto, que permitió identificar el problema a resolver.

Se generó una proposición de solución basada en el diseño preliminar de un software de gestión docente, validada por especialistas del Depto. de Control y Gestión Docente de la ACAPOMIL.

Tras efectuar un análisis se determinó que el problema estaba definido como *“la insuficiente capacidad para acceder a la información académica-docente”*, en términos de confiabilidad y oportunidad para gestionar dicha información. Se determinó que la solución podría ser lograda en parte, a través de la elaboración de un diseño de un software de gestión docente para la Academia Politécnica Militar (ACAPOMIL).

El diseño del software se basó en dos pilares fundamentales: el primero de gestión, donde se diseñaron los indicadores para poder medir el grado de cumplimiento de las actividades docentes conforme a los objetivos planteados, y el segundo pilar, la utilización de la ingeniería de software, donde se utilizó como base el Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML) para realizar el diseño del software.

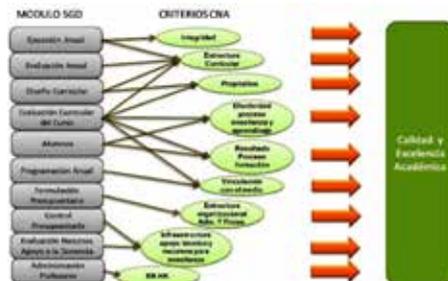
En consecuencia se determinó la necesidad del logro de tres objetivos específicos, los que consideran una descripción de la situación actual, la especificación de requisitos con los que debiera contar el sistema y el diseño de la solución ideal, basado en las reales necesidades de la ACAPOMIL.

El diseño se basa en una plataforma web, de igual modo que el actual SIGED, y el tiempo de implementación una vez terminado el diseño es de aproximadamente dos años.

Para lo anterior, se diagnosticó la situación actual por medio de la descripción del estado del arte de la organización en cuanto a gestión, hardware y software, respecto a sistemas semejantes y las experiencias de otras organizaciones.

El diseño del software, permite presentar en pantalla de manera simple el resultado de indicadores y la generación de informes, permitiendo al usuario inducir el funcionamiento y personalizar las opciones visuales de su pantalla de inicio.

Se identifican los requerimientos operacionales, funcionales y técnicos requeridos para el desarrollo del diseño, de acuerdo al diagnóstico efectuado previamente, procesos y elementos técnicos con que cuenta la Academia y al análisis de los indicadores requeridos para el logro de los objetivos de control y gestión docentes.



“Módulos SIGED y sus relaciones con criterios de evaluación CNA”.



## Diseño preliminar de los módulos central de tiro de grupo y batería del simulador de artillería SIMART.

Alumnos Memoristas: CAP. Álvaro Melo Chávez y  
CAP. Álvaro Baker Weiss.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Flavio Narvárez Biénzobas.

### Resumen

La presente investigación que se centró en el desarrollo de los módulos de central de tiro de grupo y batería, corresponde a la continuación del proyecto Simulador de Artillería de Campaña (SIMART) que lleva a cabo la ACAPOMIL. El trabajo permitió definir un prototipo, que sin tener todas sus funcionalidades, muestra de manera simple una aproximación cercana del producto final y además, desarrolla los cálculos de tiro necesarios para el entrenamiento del proceso de fuego tradicional de artillería de campaña, que va desde la adquisición de objetivos hasta el fuego de efecto por parte de las baterías de combate.

El aporte de este estudio contribuirá al entrenamiento de las unidades de artillería de campaña que no pueden cumplir su planificación anual por falta de recursos.

Para lograr lo anterior, se recopilaron los antecedentes necesarios que permitieron establecer un marco conceptual, posteriormente se analizaron los requerimientos obtenidos de las entidades comprometidas y se diseñaron los módulos ya mencionados. Finalmente, se construyó un prototipo que representa las funcionalidades de estos módulos basadas en los requerimientos.

Para diseñar los módulos de central de tiro de grupo y batería, es necesario tener una base conceptual del diseño del sistema SIMART,

la cual se obtuvo del “Estudio exploratorio para el diseño y/o adquisición de un sistema de simulación para la artillería de campaña” realizado el año 2008, que permitió obtener principalmente los requerimientos operacionales del sistema y también, para definir los requerimientos y alcances asociados específicamente a la presente memoria.

El uso de herramientas como son la ingeniería de requerimientos, ingeniería de software, ingeniería de sistemas, análisis multicriterio para la toma de decisiones (AHP), aplicaciones de diseño gráfico (Visio, Power Designer, Balsamiq Mockups), aplicaciones de diseño e implementación de base de datos (SQL Server 2012 Express), plataformas de ambiente de desarrollo (Visual Studio 2012) y planillas de cálculo (Excel), ayudaron a dar solución a los objetivos planteados, lo que permitió entregar un producto que formará parte del SIMART

El prototipo es un desarrollo experimental que deben ser mejorados principalmente en la etapa de pruebas del sistema, en donde se podrán rescatar las experiencias de los usuarios finales.



“Sistema de entrenamiento SETAC2 WEB”.



## Desarrollo de un módulo estadístico para el sistema de control de accidentes.

Alumno Memorista: CAP. Jaime Lorenzini Venegas.  
Profesor Guía: CAP. (IPM) Cristian Barria Huidobro.

### Resumen



La presente investigación incorporó un sistema de información para el control estadístico de accidentes que ocurren en la Institución, mediante la sistematización en el registro de los datos sobre accidentabilidad reportados, los que permitirán generar información útil y relevante en la toma de decisiones que deban adoptarse para prevenir la ocurrencia de accidentes.

En la doctrina institucional siempre ha estado presente la prevención de riesgos como parte de las tareas de ocurrencia de accidentes inherentes a la profesión militar, donde están considerando los factores de riesgo característicos de las actividades militares. Sin embargo, y pese a estar establecidos claramente los procedimientos institucionales referidos a la función de prevención de riesgos, no siempre se analizan las causales de accidentabilidad que ayuden a disminuir su ocurrencia.

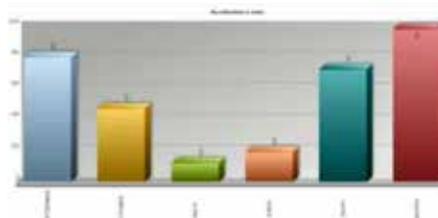
El problema se encuentra dado por la incapacidad de los procedimientos y/o herramientas actuales para registrar la información que ingresa, y con ello generar información estadística relevante que permita apoyar o implementar acciones tendientes a disminuir la accidentabilidad en el Ejército.

Desde un punto de vista sistémico y estadístico, la Institución no tiene actualmente capacidad de gestión respecto de la información de accidentabilidad a la que tiene acceso, motivo por el cual se hace necesario construir un sistema de información que contenga un módulo de análisis estadístico, que

permita al mando apoyar las decisiones que este adopte en su proceso por disminuir los riesgos asociados a los que están expuestos los miembros de la Institución.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo-descriptivo, y su diseño fue del tipo no experimental transeccional, ya que el estudio se realizó en un período de tiempo determinado y no se consideró la manipulación de las variables de origen.

La metodología de investigación se realizó en cuatro fases: 1ª fase, diagnóstico de la situación actual, 2ª fase, especificaciones de requerimientos, donde se tomarán en cuenta modelos de reportes estadísticos de otros organismos de gobierno y empresas privadas para definir necesidades, 3ª fase, desarrollo del modelo estadístico que consulta la ejecución y extracción de datos y generación de algoritmos que permitirán el análisis estadístico de la información y, finalmente, la 4ª fase, construcción del módulo estadístico, de acuerdo al modelo de los datos antes definidos y que resultaron significativos en el apoyo al proceso de toma de decisiones.



“Cuadro estadístico entregado por el Sistema de Control Estadístico de Accidentes (SICEA)”.

# Memorias de Pregrado

Promoción 2010-2014



## Ingeniería en Sistemas de Armas mención Armamento

### Diseño preliminar de un cajón de los mecanismos en aleación de aluminio para el fusil SIG 543-1 calibre 5,56x45 mm FAMAE.

Alumno Memorista: MAY. Jorge Villegas Martínez.  
Profesor Guía: Dr. Ing. Sr. Aquiles Sepúlveda Osses.

#### Resumen



La presente investigación permitió efectuar el diseño preliminar de un cajón de mecanismos en aleación de aluminio para el fusil SIG 543-1 calibre 5,56x45 mm. Dicho trabajo se enmarcó en los distintos estudios que se debieron realizar a los diferentes procesos productivos que Fábricas y Maestranzas del Ejército (FAMAE) ocupa en la fabricación de armamento menor, con miras a modificar sus actuales líneas de producción.

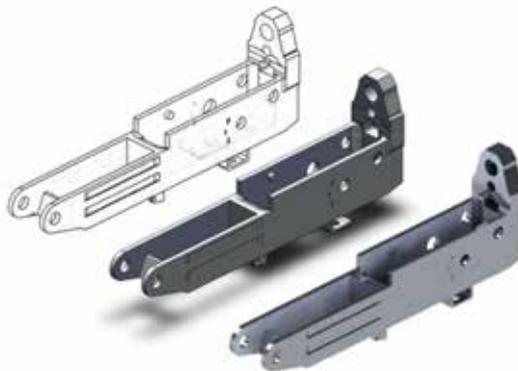
FAMAE, en conjunto con una importante industria internacional de reconocido prestigio en el área de la defensa, se encuentran desarrollando un importante proyecto de co-fabricación de nuevos fusiles calibre 5,56x45 mm para el Ejército de Chile.

Es en este contexto donde este tipo de investigaciones cobra su real relevancia, ya que

permitió aportar con tecnologías de simulación y procesos modernos de manufacturas, al proceso general de transformaciones que se están llevando a cabo.

El diseño de un cajón de mecanismos para el fusil SIG 543-1 en aleación de aluminio, con iguales condiciones de prestaciones de servicio y a un menor costo, permitirá reemplazar en el futuro cercano al actual mecanismo que es fabricado en acero laminado.

La investigación buscó aportar al proceso de modernización de los actuales procesos productivos de FAMAE, mediante la inclusión de mejores tecnologías y nuevos componentes a integrar en las líneas de producción, lo que permitirá a esta importante industria de la defensa, mejorar sus líneas productivas de armamento menor para seguir siendo un referente tecnológico en el Cono Sur.



“Cajón de mecanismos fusil SIG 543-1”. (Fuente: I2D FAMAE)





# Diseño conceptual de un afuste tipo pedestal para un lanzagranadas MK-19 40x53 mm en un jeep Ail Storm 240.

Alumno Memorista: CAP. Rodrigo Roca Cofré.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Rodrigo Guajardo Santana.

## Resumen



El trabajo desarrollado por esta investigación permitió diseñar conceptualmente un afuste tipo pedestal para soportar un lanzagranadas MK-19 40x53 mm que pesa sobre 35 Kg sin munición, a ser montado en un jeep Ail Storm modelo 240, con la finalidad de mejorar el actual rendimiento táctico-técnico del sistema.

Cabe hacer presente que la investigación desarrolló el diseño conceptual, fase inicial del proceso de ingeniería de sistemas, por lo que no se diseñó un prototipo físico.

Se inicia el presente estudio con un detallado conocimiento del lanzagranadas MK-19, su empleo táctico, las prestaciones de servicio que brinda, datos técnicos del arma y todo aquello que repercutirá en el diseño futuro del afuste. Posteriormente se continúa de idéntica manera con el estudio del jeep Ail Storm M-240, vehículo liviano donde se emplazará el lanzagranadas, poniendo especial énfasis en lo que dice relación con el centro de gravedad (CG) del mencionado vehículo, y en él como este ingenio bélico llamado afuste, al ser emplazado en el chasis del jeep, produce desplazamiento de su CG lo que afecta la condición de equilibrio y maniobrabilidad del vehículo en estudio.

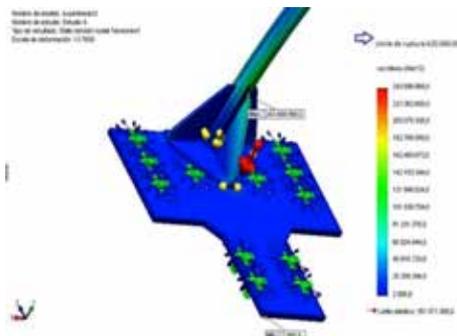
En la siguiente fase, y con los antecedentes previos obtenidos, se procede al diseño y cálculo del afuste, donde se contempla entre otras muchas variables a considerar en el

diseño, los esfuerzos máximos, dinámicos y estáticos a los que estará sometido el soporte con el arma, cálculo del nuevo CG, interfaz de acoplamiento del afuste al chasis del vehículo, concluyendo con el respectivo set de planos del afuste diseñado.

Finalmente, se procede a validar el diseño del afuste mediante el uso del software Solidworks Simulation, que muestra un resultado aceptable a las cargas de trabajo al que fue sometido.



“Desplazamiento del centro de gravedad, vertical y horizontalmente”.



“Diagrama que muestra el máximo esfuerzo presentado en el afuste, menor al esfuerzo de fluencia del material”.



## Elaboración de un modelo de predicción para trayectoria y comportamiento de munición, estabilizada por aletas de trayectoria parabólica.

Alumno Memorista: CAP. Rodolfo Contreras León.

Profesor Guía: MAY. (IPM) Rodrigo Guajardo Santana.

### Resumen

La presente investigación permitió elaborar un modelo de predicción para trayectoria y comportamiento de munición estabilizada por aletas de trayectoria parabólica.

Este trabajo expone la problemática y poco conocimiento que se tiene en la implementación de modelos de predicción de trayectoria para el diseño de munición de trayectoria parabólica y su posterior implementación en el sistema de control de fuego.

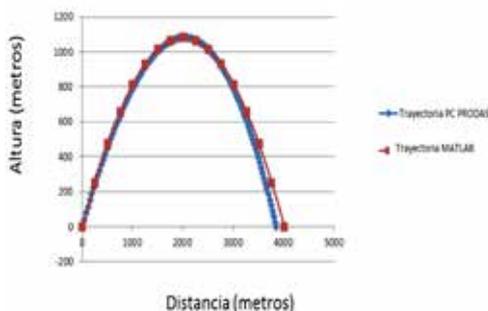
Se inicia el trabajo con la descripción de los distintos modelos de predicción de trayectoria para munición estabilizada por aletas (morteros). Se describen las distintas variables que inciden en la trayectoria de este tipo de proyectil, para luego establecer la implementación del modelo de predicción, su implementación computacional y, finalmente, su validación a través de un software.

La presente investigación nace como necesidad por desarrollar una herramienta computacional que dé cuenta de los problemas balísticos a los que se ven enfrentados quienes deben desarrollar munición de armamento menor con trayectoria parabólica.

La metodología de trabajo usada, basó el desarrollo del trabajo en el estudio de la

información existente, especialmente de aquella que dice relación con los modelos de trayectoria, su estructura y métodos de predicción de las mismas en munición de morteros. Seguidamente se comenzó a correlacionar los modelos existentes con las variables propias del proyectil balístico y del entorno que las envuelve, estableciendo el modelo matemático y su implementación computacional.

Finalmente, en su última etapa se valida el trabajo con técnicas existentes en la Institución (PC-PRODAS). Cabe hacer presente que la validación fue realizada bajo condiciones estándares, más que como una herramienta real de trabajo, puesto que el objetivo final de la investigación fue la elaboración de un método de predicción de trayectoria asociado a un modelo matemático.



“Comparación de trayectorias”.



# Ingeniería en Sistemas Logísticos mención Administración y Finanzas

## Metodología para la evaluación y definición de la brecha del conocimiento en la Institución.

Alumna Memorista: TCL. María Acevedo San Martín.  
Profesor Guía: TCL. (R) (IPM) Andrés Briceño Sedano.

### Resumen



El Ejército de Chile ha venido desarrollando un interés creciente en lo que dice relación con la tecnología, innovación y búsqueda de mejoras continua que contribuyan a la modernización de la Institución, como consecuencia de la adquisición de sistemas modernos de armas cada vez más complejos y sofisticados.

Los avances tecnológicos realizados y las adquisiciones de material se encuentran íntimamente relacionados con los procesos de innovación, creación y transferencia del conocimiento, siendo estos factores determinantes para el aumento de la capacidad militar.

El presente trabajo tiene como propósito elaborar una metodología para la evaluación y definición de la brecha del conocimiento en la Institución, utilizando para ello una metodología con un enfoque mixto donde se emplearán técnicas y procedimientos cuantitativos y cualitativos en su evaluación.

En una primera etapa se sintetizó toda la información para configurar una base teórica, poniendo énfasis en las diferentes teorías y modelos de creación, transmisión y uso del conocimiento.

Posteriormente, se recopiló toda la información doctrinaria y reglamentaria sobre la situación de la gestión del conocimiento en la Institución, obteniéndose una base para el análisis del tema y la consecución de

variables relevantes para la evaluación de la brecha del conocimiento que se produce por la adquisición de nuevos sistemas de armas.

En la tercera fase y trabajando con un equipo multidisciplinario y con la ayuda de una matriz de análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), se establecieron las variables para la construcción del modelo que permitirá calcular la brecha del conocimiento en la Institución.

Posteriormente, y una vez construido el modelo, se procedió a seleccionar un sistema de armas (Marder 1 A3) y OME del conductor del carro como objetos referentes para el presente estudio.

Paralelamente, se solicitó información relevante a diversas Unidades de la Institución, referida a la capacitación que debió haber recibido el conductor de carro Marder en su proceso de formación conforme a necesidades por OME. La información solicitada consideró un período de 7 años que incluía: tasa de capacitación (N° cursos), cantidad de alumnos por curso, cantidad de cursos realizados por años, cantidad de alumnos por curso en cada año, total de capacitaciones al año, total de calificados por años, entre otros antecedentes.

Este estudio permitió evidenciar, que a través de las capacitaciones no es posible cubrir la brecha, sino que esta debe ser utilizada para resolver un caso coyuntural al momento de incorporar un nuevo sistema de armas a la Institución y en espera de la actualización de la

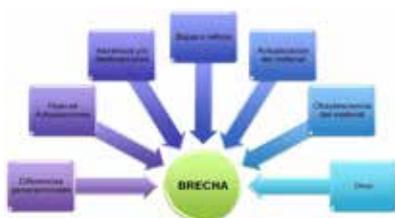


doctrina para así poder traspasar esta formación a la docencia, instrucción y entrenamiento.

perseguir a modo de optimizar los recursos de capacitaciones.

Finalmente, en la última etapa se validó el trabajo por juicio de expertos, determinándose que la metodología propuesta es aprobada y que podrá ser aplicada para alimentar una base de datos de cualificaciones que se debe

Por otra parte, esta herramienta será útil en el impacto directo de la determinación de demandas de alumnos formados en las escuelas, de capacitaciones y de cualificación a través de la instrucción y entrenamiento.



“Causas de brechas”.

## Propuesta metodológica para medir el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la Institución respecto de la planificación financiera.

Alumno Memorista: MAY. Alex Hermosilla Espinoza.  
 Profesor Guía: MAY. (IPM) Víctor Farías Sepúlveda.

### Resumen



La presente memoria propuso una metodología que permitiera medir el cumplimiento de los objetivos estratégicos y operativos en base a la ejecución presupuestaria del Ejército, con la finalidad de mejorar el proceso de toma de decisiones y de planificación financiera, al controlar el grado de cumplimiento de los objetivos trazados por la Institución y optimizar el empleo de los recursos financieros de los distintos programas que componen la estructura financiera institucional.

procedimientos de control, que son aplicables a la Fuerza Aérea de Chile e instituciones del sector público. Además se identifican los procedimientos que realiza el Ejército en la medición de los objetivos estratégicos y operativos de su planificación financiera.

Seguidamente se reconocen y analizan las variables que son elemento constitutivo de la presente propuesta metodológica y que tienen, además, injerencia en los procesos relacionados con el ciclo presupuestario que rige a las instituciones públicas del Estado, y consecuente con ello hacer una selección de ellas.

Primeramente, se estableció un marco teórico basado en material bibliográfico, se identifican





Concluido lo anterior, se construye la propuesta metodológica en la cual se establecen procedimientos para su aplicación, y además se construyen los indicadores de gestión que permitan medir el cumplimiento de los objetivos estratégicos y operacionales respecto de la ejecución presupuestaria en la Institución.

Finalmente, se realiza una aplicación de la propuesta metodológica al primer semestre del año 2014, en la cual se materializan los procedimientos señalados anteriormente y se aplican los indicadores de gestión a fin de generar información respecto del uso de los recursos en la Institución, para concluir con la validación de dicha propuesta metodológica a través de un panel de expertos.



“Actividades realizadas en la Planificación Estratégica”.

### Sistema de control de gestión de la Jefatura de Adquisiciones del Ejército.

Alumna Memorista: MAY. Verónica Isbej Morales.  
Profesor Guía: CRL. (IPM) Rafael Mesa Feres.

#### Resumen

**G**n esta investigación se efectúa el diseño de un sistema de control de gestión para la Jefatura de Adquisiciones del Ejército (JAE). El énfasis del estudio está basado en el empleo de múltiples metodologías de trabajo para abordar una realidad compleja como la que presenta esta Jefatura.

El diseño propuesto se presenta en dos partes: la primera entrega una arquitectura de información básica señalando los flujos de información y los indicadores, producto del enfoque de sistemas blandos (Soft System Methodology), la segunda parte entrega el diseño de una organización obtenida mediante el enfoque de sistemas duros utilizando la ingeniería de sistemas.





El proceso de adquisiciones de cualquier organización es fundamental para el desarrollo de las actividades y obtención de los resultados asociados a las metas u objetivos planteados. El costo, oportunidad, cantidad y calidad del material requerido son consecuencia de un trabajo ordenado (procesos optimizados), con personal idóneo para permitir el funcionamiento adecuado que requiere la organización. Para lograr esto es esencial, entre otras cosas, contar con un adecuado sistema de control de gestión (SCG) que permita un mejoramiento continuo de los procesos de compra, que asegure una adecuada capacitación del personal, la satisfacción de los requerimientos del material y el cumplimiento de los contratos.

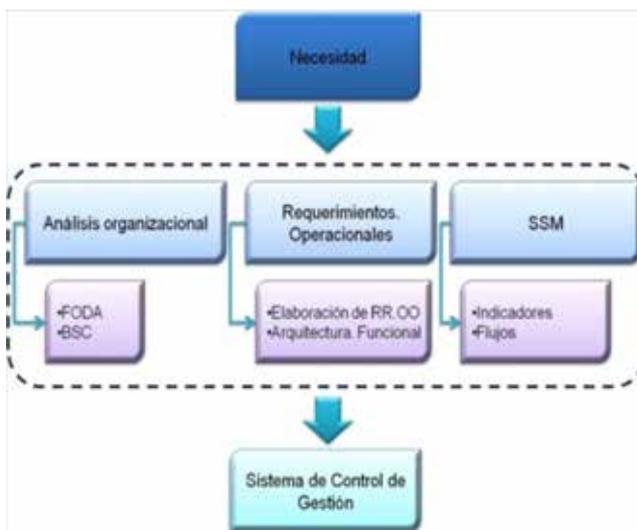
El estudio considera solo el levantamiento de los procesos de las adquisiciones Clase I, II y III de la demanda operacional, con fondos presupuestarios en moneda nacional. Cabe mencionar que la elección de las tres clases antes mencionadas obedece a un requeri-

miento de la Unidad, dado que estas clases incluyen los recursos fundamentales para el funcionamiento de la Institución (subsistencia, vestuario y combustible).

El estudio se realiza considerando solo los fondos presupuestarios en moneda nacional, desde que llega el requerimiento, hasta que se emite la orden de compra de las adquisiciones, mediante convenios marco, licitación pública, privada o compra directa.

El trabajo entrega un sistema de control de gestión a nivel conceptual, el que incluye: análisis situacional, objetivos, actividades, entidades, responsables e indicadores de gestión para los procesos de adquisición.

Finalmente, se realiza un diseño conceptual de la organización del SCG empleando la ingeniería de sistemas, elaborando dos configuraciones, las cuales fueron evaluadas por un grupo de expertos para seleccionar la configuración final.



“Elementos del diseño de sistema de control de gestión para el Depto. I de la JAE”.





# Evaluación financiera de los efectos de la implementación del arancel Ejército en los fondos de salud.

Alumno Memorista: MAY. Jorge Gómez Ortiz.  
Profesores Guía: CRL. (IPM) Erick Miranda Díaz y MAY. (IPM) Marcelo Bravari Rodríguez.

## Resumen



El Sistema de Salud del Ejército (SISAE) se destaca por ser un sistema con amplia cobertura y bajas cotizaciones. En los últimos años se ha generado un incremento sostenido del gasto, debido principalmente al aumento indiscriminado de la demanda y al desarrollo de nuevas tecnologías que encarecen la salud como un todo. Esto último ha comprometido progresivamente la sustentabilidad del fondo principal (FODEMECU).

Con la finalidad de asegurar la sustentabilidad del SISAE, el Comandante en Jefe dispuso al Comando de Salud del Ejército (COSALE) una serie de acciones y medidas. De las medidas implementadas, la de mayor impacto fue la modificación en la metodología de cobertura en el SISAE, incorporando una brecha entre el arancel de cobertura y de los prestadores, generando un copago con cargo al beneficiario. Los parámetros fueron establecidos provisoriamente, sujetos a una evaluación. Ha pasado más de un año desde su implementación y se requiere una retroalimentación,

para así poder optimizar los beneficios con un fondo sustentable.

Para poder estudiar el efecto de las medidas sobre los fondos de salud, se desarrolló un modelo matemático, posteriormente se estimaron las variables de dicho modelo en base a la historia para finalmente, calcular los ingresos y gastos.

Los resultados fueron presentados en tres escenarios: más probable, favorable y desfavorable. Se determinó que las medidas impactaron de la manera esperada, especialmente en el fondo principal. Con respecto al fondo complementario, se debe disponer de más antecedentes y disponer de un arancel homologado, para poder afinar los cálculos.

La metodología empleada permite extrapolar el estudio a otros fondos y tipos de beneficiarios, como también a estudios para fijaciones de precios en nuevos convenios, implementación de nuevos beneficios o en la determinación de políticas de salud.



"Comportamiento FODEMECU escenario más probable".



# Modelo de gestión de cobranzas para el Hospital Militar de Santiago.

Alumna Memorista: CAP. Maritza Bonet Hernández.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Sergio Valenzuela Verdugo.

## Resumen



El desarrollo del presente trabajo de investigación permite mostrar la importancia estratégica del proceso de gestión de cobros del Hospital Militar de Santiago (HMS). Al mismo tiempo presenta como propuesta un modelo de gestión de cobros para la realidad de esta organización.

Durante el desarrollo del trabajo se pudo comprender el origen de la investigación realizada, lo cual fue enfrentado con una propuesta de modelo de gestión de cobranzas diseñada especialmente para el HMS.

En este trabajo se logró profundizar en conceptos teóricos y técnicos de gran utilidad, que durante el desarrollo de la temática permitirán comprender con mayor facilidad lo que la autora describió en cada capítulo.

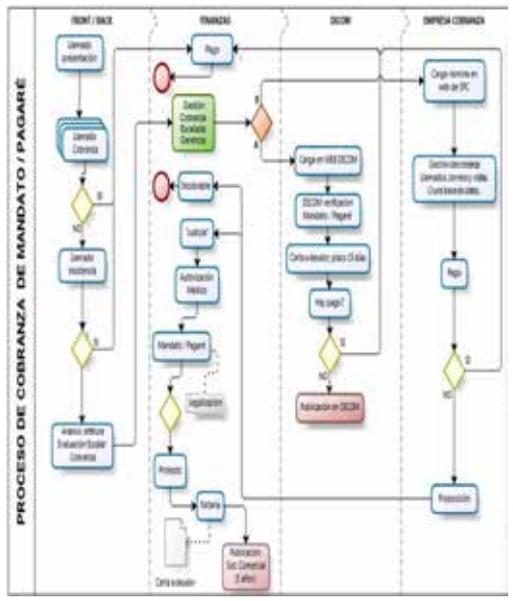
De esta manera se profundizó en el actual método de cobranza empleado por el HMS, donde se buscó ir desde lo general a lo particular. Para ello fue necesario destacar la estructura orgánica del hospital, denotando qué direcciones o estamentos intervienen en la gestión de cobranza. Lo que fue complementado mediante un análisis FODA, que determinó, a través de la matriz, debilidades v/s amenazas, la situación actual de cobranzas del HMS.

Después de profundizar en la estructura del HMS, sobre todo en lo que dice relación con las estructuras relacionadas con cobranza, finaliza este proceso con un diagnóstico

interno, y se comienza a estructurar una solución al problema planteado, el cual es contrastado con las mejores prácticas existentes en el mercado de cobranzas relacionados con salud.

Todo lo anterior permitió seleccionar aquellos procedimientos y funciones rescatadas del “salir de la caja”, los cuales fueron de real utilidad a la hora de comenzar el diseño de la propuesta del modelo.

Finalmente, las anteriores instancias permitieron cimentar y estructurar las condiciones y requerimientos necesarios para el diseño de la propuesta.



“Proceso de cobranza de mandato/pagaré ASOMEDUC”.



# Metodología de costeo de los retiros voluntarios del personal del Ejército de Chile.

Alumna Memorista: CAP. Lilian Muñoz Orellana.  
Profesor Guía: CAP. (IPM) Fernando Lepin Rueda.

## Resumen

La valorización del recurso humano en el Ejército ha tomado gran importancia en los últimos años, lo que se vio reflejado en la reestructuración planeada en el año 2010, con el fin de modificar aspectos doctrinarios relacionados con la forma de planificar, organizar y dirigir las actividades y los recursos institucionales. Esta reestructuración tuvo como finalidad considerar a la función personal como un sistema integrado, con el fin de relacionar los procesos y tareas que impactan en la capacidad de generar soluciones tendientes a cooperar a la motivación y compromiso del personal.

La presente investigación tuvo como propósito elaborar una metodología que permitiera cuantificar el costo de los retiros voluntarios tanto de Oficiales como del Cuadro Permanente, en sus diferentes grados y años de servicio. Este trabajo se desarrolló mediante una secuencia metodológica que comprendió tres etapas, cada una de las cuales permitió dar cumplimiento a los diferentes objetivos específicos, los que a través de un proceso secuencial y concatenado, permitieron dar cumplimiento al objetivo general de esta memoria.

En la primera parte se recolectaron los antecedentes necesarios, tanto históricos como actuales, en relación con los retiros del personal, para posteriormente cuantificarlos por categoría y grado. Por otra parte se revisó la literatura y marco legal que lo regula,

información que se utilizó como base teórica para el desarrollo de esta memoria.

Seguidamente, y a través de un panel de expertos, se identificaron y seleccionaron los factores que permitieron realizar los cálculos del costo de los retiros voluntarios, los cuales una vez analizados fueron cuantificados monetariamente.

En una tercera etapa y final, se procedió a diseñar la metodología, trabajo que permitirá a la Institución cuantificar la pérdida económica que conllevan los retiros voluntarios del personal. La elaboración y estructura de la metodología fue validada por un panel de expertos y materializada a través de una minuta de procedimiento.



“Criterios y alternativas AHP”.



# Ingeniería en Sistemas Logísticos mención Mantenimiento

## Diseño preliminar de un sistema de mantenimiento para el sistema de comunicaciones de emergencia del Ejército.

Alumno Memorista: TCL. Víctor Fuenzalida Saavedra.  
Profesor Guía: TCL. (IPM) Juan Lopzic Balic.

### Resumen



El Ejército de Chile y la ONEMI, a partir del año 2011 protocolizó un convenio de colaboración, el cual tiene como objetivo fundamental el “*dotar al país de un Sistema de Telecomunicaciones para el empleo en situaciones de Emergencia y Catástrofes*”.

El Comando de Telecomunicaciones del Ejército, a través de su Jefatura de Comunicaciones (JEFCOM), asumió la responsabilidad de “Diseñar, implementar, operar y mantener” un sistema de telecomunicaciones de misión crítica.

En un diagnóstico preliminar se evidenció una limitada capacidad en la organización Ejército, para dar respuesta a los requerimientos de mantenimiento que implica estar inserto en una red de emergencias.

Seguidamente se recopiló y analizó información sobre el tema, para posteriormente describirlo y contrastarlo con información bibliográfica

existente, lo que permitió definir cuáles eran las actividades que mejor respondían a un buen servicio de mantenimiento.

Posteriormente, y utilizando la metodología de ingeniería de sistemas, se diseñó preliminarmente una solución que permitiría entregar el soporte de mantenimiento requerido durante el ciclo de vida del sistema.

Este proceso implica diseñar una arquitectura organizativa a integrar a la actual organización del Sistema de Telecomunicaciones del Ejército (SICOE), como también permitió definir los requerimientos técnicos del sistema, que determinaron las condiciones de diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para el sistema el cual fue finalmente validado.

En síntesis, la investigación propuso, mediante la metodología de ingeniería de sistemas, una solución organizacional de soporte de mantenimiento para el sistema de comunicaciones de emergencia del Ejército.



“Sistema de comunicaciones de emergencia en la red permanente”.



# Variación de la vida útil de propelentes en función de las variables ambientales.

Alumno Memorista: TCL. Nelson Rojas Tapia.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Leonardo Albornoz Salinas.

## Resumen



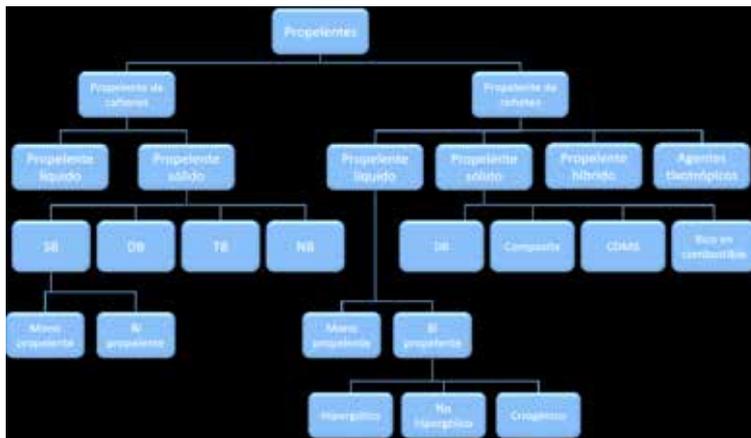
n esta investigación se ha establecido un método para determinar la variación de la vida útil de propelentes en función de las variables ambientales. En este caso se habla de la variable temperatura, la que está íntimamente relacionada con la vida útil del propelente.

Mediante una adaptación al modelo que combina un modelo de reacción de orden cero con uno de orden uno, aplicado a perfiles variables de temperatura, tomando en cuenta lo que indica la constante de Arrhenius, es posible determinar el contenido de estabilizante en el tiempo para temperatura constante y ajustar una curva a los valores medidos.

Para el estudio se tomaron cuatro valores de contenido de estabilizante asociados a tres temperaturas. El modelo permitió validar

el período de muestreo de cuatro horas de la temperatura utilizado por el Instituto de Investigaciones y Control (IDIC), el cual no presentó diferencias significativas en los cálculos comparado con un muestreo de media hora. Además, se pudo comprobar que el consumo de estabilizante resultó mayor en el ambiente de temperatura controlado de IDIC (en torno a 20 °C promedio) que en los polvorines de Batuco y Linares, debido a que estos sitios presentan temperaturas bajas en grandes períodos del año. Esto indica que en climas templados o fríos, el propelente dura mucho más que en climas cálidos.

Se estima que el modelo será de utilidad para una mejor gestión de los propelentes almacenados, ya que permite evaluar la vida del propelente frente a perfiles de temperatura especialmente cálidos.



"Clasificación de los propelentes en términos de sus aplicaciones".





## Diseño conceptual de una unidad de mantenimiento modular móvil y autónomo, montada en contenedores para vehículos de campaña de una brigada acorazada.

Alumno Memorista: MAY. Jorge González Lazo.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Eduardo Grez Miguel.

### Resumen



El Ejército de Chile se ha visto envuelto en un proceso constante y vertiginoso de modernización, lo que ha permitido dar un salto tecnológico trascendental, posicionándolo dentro de los ejércitos más modernos de Sudamérica.

Este salto tecnológico se debe principalmente a que la Institución ha incorporado modernas tecnologías militares a través de nuevos sistemas de armas, obligándola a establecer renovados y claros lineamientos para su operación, y especialmente en lo que dice relación con la función de mantenimiento.

Es en tales circunstancias donde tiene su origen esta investigación, cobrando su real vigencia cuando se establece la necesidad de diseñar conceptualmente una unidad de mantenimiento modular móvil y autónoma montada en contenedores, con el propósito de brindar mantenimiento a los vehículos de una brigada acorazada cuando estos se encuentren en campaña.

El estudio es enfrentado mediante la utilización de la metodología de ingeniería de sistemas, que tuvo como objetivo básico primordial el desarrollo de una unidad móvil de mantención montada en contenedores, con capacidad para disminuir los tiempos medios de reparación y aumentar la disponibilidad operativa del par-

que de vehículos de una brigada acorazada en campaña.

La investigación se desarrolló siguiendo una secuencia que comprendió cuatro etapas, las que permitieron ir cumpliendo los objetivos generales y específicos previamente definidos.

En la primera etapa se sintetizó toda la información necesaria para configurar una base teórica sólida, donde se incluyó y clasificó a todos los vehículos que son parte orgánica de una brigada acorazada (específicamente la 3ª BRIACO).

Posteriormente, se identificaron aquellas prácticas utilizadas por empresas nacionales y extranjeras, que utilizan plataformas modulares para atender las necesidades de mantenimiento en terreno de sus medios de transporte y/o de trabajo, obteniéndose una base empírica que sirvió para proyectar el diseño propio de la unidad móvil de mantenimiento modular.

En una tercera etapa se clasifican los vehículos de la brigada bajo ciertos criterios técnicos que los identifican como críticos. Lo cual permite definir seguidamente el tipo de herramientas a considerar en el módulo de mantención, destinado a la atención de vehículos en terreno (herramientas: manuales, eléctricas, neumáticas, soldadoras, prensas hidráulicas, etc.).



Finalmente, en la última etapa se termina de elaborar el diseño conceptual de la unidad de mantenimiento modular móvil

montada en contenedor, siendo posteriormente validado su diseño por un panel de expertos.



“Camión polibrazo del proyecto Yareta, que podrá ser usado en el transporte del módulo de mantenimiento”.

## Sistema de mantenimiento basado en la condición y monitoreo remoto de fallas en tiempo real para el tanque Leopard 2 A4.

Alumnos Memoristas: MAY. Alex Hellman Navarrete y CAP. Luis San Martín Riveros.  
Profesor Guía: Ph.D. Luciano Chiang Sánchez.

### Resumen



El poder de combate de una fuerza terrestre es determinado tanto por el poder de fuego que disponga, como por la protección de la fuerza, el liderazgo de los comandantes y la movilidad en el campo de batalla, para ejecutar la maniobra que el comandante haya decidido realizar en la búsqueda del cumplimiento de un objetivo.

Los sistemas de armas modernos se caracterizan por dar al comandante la posibilidad de emplear sus medios de forma celer, oportuna y efectiva contra las unidades opositoras, permitiéndole proyectar sus unidades en la totalidad del campo de batalla.

La movilidad señalada tiene sustento, aparte de los desarrollos tecnológicos modernos,



en la capacidad que tenga la unidad de mantener en condiciones operacionales sus sistemas de armas, con el fin que puedan cumplir cabalmente la misión para la cual fueron diseñados.

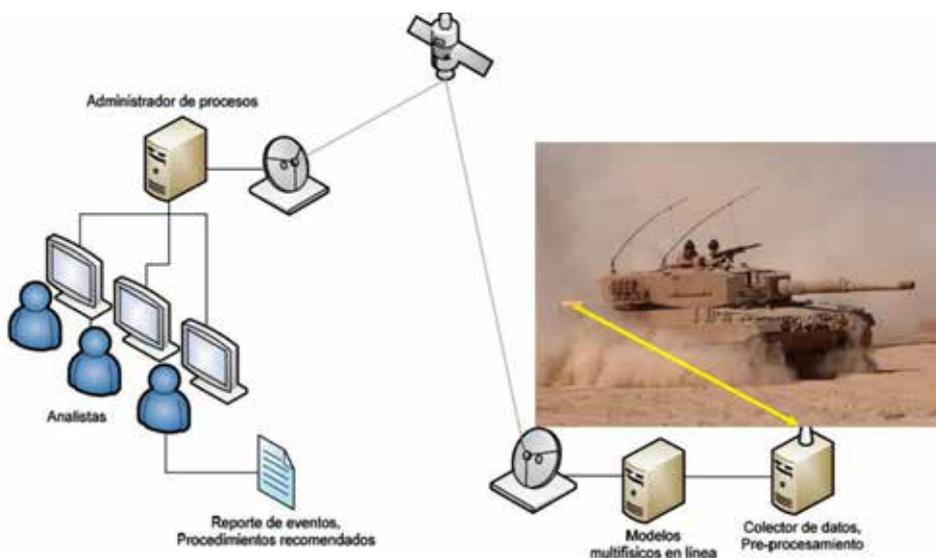
En esta contexto, surge la necesidad de disminuir al mínimo los tiempos de mantenimiento de los sistemas y la ocurrencia de fallas, que puedan llevarlos a una condición de “no operacionalidad”, presentándose el mantenimiento predictivo como una solución para el problema ya planteado.

El mantenimiento predictivo basado en modelos multifísicos es la modalidad de procedimiento que sustenta la presente investigación, desarrollándose en dos fases, según responsabilidades: la primera, de responsabilidad de la Academia Politécnica Militar, con el objetivo de desarrollar un sistema para la captación y extracción de datos, y la segunda, de responsabilidad de la Pontificia Universidad Católica

de Chile, con el objetivo de desarrollar los modelos matemáticos de predicción de fallas.

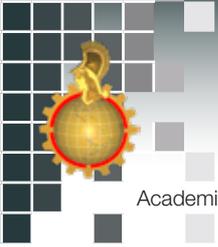
La investigación desarrollada consta de cuatro partes asociadas cada una a un capítulo de la memoria de título. La primera parte corresponde al Capítulo N° 1 y dice relación con la revisión del estado del arte y sistemas relacionados con el mantenimiento predictivo. La segunda parte corresponde al Capítulo N° 2, en el cual se realiza un estudio de factibilidad técnica que considera aspectos de criticidad y factibilidad de captación de señales, así como de la integración del sistema.

La tercera parte se relaciona con el proceso de diseño de un prototipo, desde la fase conceptual hasta aquella preliminar, estando asociado al Capítulo N° 3. Finalmente, la cuarta parte corresponde al proceso de validación del sistema diseñado, desarrollado en el Capítulo N° 4 de la investigación.



“Esquema del sistema predictivo”.





## Optimización al actual sistema de mantenimiento de vehículos aéreos no tripulados de carga en el Ejército y su aplicación en el UAV LASCAR.

Alumno Memorista: MAY. Oscar Saavedra Arévalo.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Flavio Narváez Biénzobas.

### Resumen



El proceso de modernización del Ejército ha dado cabida a un nuevo tipo de sistema de armas sofisticado y sin precedentes, los vehículos aéreos no tripulados UAVs (Unmanned Aircraft Vehicles), por sus siglas en inglés, que potencian la capacidad de la fuerza terrestre integrándose a sistemas de comunicación y mando y control.

El Ejército desde el año 2008 comienza el diseño y desarrollo de una plataforma volante de orden táctico en la categoría de Mini-UAV, en colaboración con la Universidad de Concepción, la que pueda ser fabricada casi íntegramente en Chile y en un futuro transformarse en la plataforma táctica aérea estándar del Ejército, el UAV "LASCAR".

Como es de suponer, al no existir precedentes en relación a este material y a su alto nivel de sofisticación es que la Institución

requiere un sistema específico que logre profundos niveles de mantenimiento a un mínimo costo para garantizar la integridad de este material durante el transcurso de su ciclo de vida.

La presente memoria tiene por finalidad la optimización del actual sistema de mantenimiento de los vehículos aéreos no tripulados de carga en el Ejército y su aplicación en el UAV "LASCAR", considerando indicadores de gestión de mantenimiento como la disponibilidad operativa y la confiabilidad de la aeronave en misión.

La investigación se desarrolló en una primera parte a través de una metodología descriptiva que recopilaba los antecedentes, que concluye con un diagnóstico de la situación actual, para posteriormente a través de ingeniería de sistemas modelar la optimización del sistema de mantenimiento.



"Sistema Lascar".





## Metodología para la determinación de la vida útil remanente de los vehículos de una flota de transporte Institucional.

Alumno Memorista: MAY. Mario Contreras Baeza.  
Profesora Guía: CAP. (IPM) Lorena Gajardo Sánchez.

### Resumen

**E**n el cumplimiento a las misiones inherentes que debe desarrollar rutinariamente el Ejército, la modernización de sus activos y procedimientos que se mantienen por más de dos décadas son mejorados periódicamente a lo largo del año.

Es en este plano donde tiene su origen la necesidad por conocer el estado operacional y de funcionamiento del Servicio de Transporte, específicamente en lo que dice relación con la vida útil de sus activos.

El transporte es un factor transversal que se encuentra presente en todas las actividades que a diario realiza la Institución. En tal sentido, y para el cumplimiento de su misión, el Ejército cuenta con una flota de transporte de alto tonelaje que demanda un alto grado de disponibilidad operacional, confiabilidad y compromiso con su quehacer profesional. Su administración física y técnica es realizada rutinariamente por la Jefatura de Transporte.

Bajo este contexto se ha estructurado el presente trabajo, que pretende dar respuestas a las interrogantes planteadas, mediante el diseño de una metodología que permita conocer cuál es la vida útil que tienen los vehículos que componen la flota de transporte de alto tonelaje Institucional, y, de esta manera, conocer su confiabilidad y disponibilidad operacional.

La determinación de la vida útil remanente de un activo permite monitorear el desempeño de

los programas de mantenimiento y proyectar la etapa de retiro del activo por obsolescencia técnica y/o por el aumento de sus costos de mantención y operación.

Entrando en materia, podemos extraer que la literatura presenta variados métodos destinados a la estimación de la vida útil remanente de un vehículo motorizado. Para el presente estudio, se estimó pertinente establecer como metodología aplicable para el cálculo de la vida útil remanente de los vehículos que componen la flota de transporte Institucional el siguiente procedimiento:

- Registro de datos históricos de fallas y detenciones que han presentado los vehículos, desde su fecha de puesta en servicio, con la finalidad de poder establecer el comportamiento de los indicadores de mantenimiento de la flota.
- Evaluación anual de los indicadores y costos de mantenimiento de cada vehículo, kilometraje que registra el tacómetro y antigüedad del vehículo, con la finalidad de comparar estos parámetros con la recomendación del fabricante y la normativa institucional.

La vida útil remanente de un vehículo será finalmente determinada teniendo a la vista tres criterios, los cuales se alinean con las prácticas utilizadas por empresas de clase mundial, estos criterios son:



- Kilometraje máximo de 1.000.000 de kilómetros.
- Costo de mantenimiento no superior a \$ 85 por kilómetro recorrido.
- Antigüedad máxima de 12 años.

Esta metodología será aplicada teniendo presente que la condición para determinar la vida útil remanente de un vehículo de la flota será el primer criterio que alcance el respectivo límite fijado.

Con ello se evidenciará anualmente el estado de la flota y la brecha de capacidad que está por perderse, esto permitirá gestionar la renovación del material en forma periódica.

La validación de la presente metodología fue aprobada por un panel de expertos y se encuentra disponible para su aplicación.



“Evaluación típica de la tasa de fallas de una población homogénea”.

## Estudio de la implementación de revistas técnicas a los procesos de mantenimiento del material de cargo del Ejército.

Alumno Memorista: MAY. Joaquín Aguirre Amarales.  
 Profesor Guía: CRL. (IPM) Juan Guerra Bazaes.

### Resumen



Si bien existe una evolución en el reemplazo de las Revistas Técnicas por las Listas de inspección del material (LIMs), existen debilidades en la aplicación de las LIMs, que son principalmente:

- a) Problemas en la adquisición y stock de repuestos.
- b) No existe un reservorio de datos que permita gestionar la información.
- c) No existe, como parte del procedimiento, un análisis de la disponibilidad de los sistemas de armas en cada Unidad.
- d) No existe compromiso por parte de los usuarios con su cargo.

Dichas debilidades deben abordarse para así optimizar el sistema de mantenimiento, que redunde en un aumento de la disponibilidad de los sistemas de armas y en una mejor gestión de los recursos que posee el Ejército.

Habiendo analizado en la presente memoria la problemática anterior, se estableció las posibles soluciones, como “Modelos Conceptuales”, estudiando el cálculo de disponibilidad y análisis de criticidad con los distintos sistemas de armas y el problema psicológico del porqué los usuarios de los sistemas de armas no se sienten comprometidos con el cargo.



Respecto al cálculo de disponibilidad y análisis de criticidad, se puede concluir que no es una metodología compleja, ni tampoco se requiere de un software o elementos especiales, solo saber utilizar el programa Excel a nivel usuario. Esto supone una ventaja, ya que debiera ser de rápida implementación y su aplicación podría ser constante en el tiempo.

Por otro lado, el cálculo de disponibilidad, como parte del procedimiento de las Revistas de Inspección aplicadas al cargo, adquiere importancia fundamental en el sistema de mantenimiento, ya que estandariza la manera en que las unidades entregan la información, permite medir el desempeño real de la unidad respecto del sistema de mantenimiento y, lo más importante, controlar que la disponibilidad de los sistemas de armas se encuentre dentro de parámetros aceptables y pueda irse optimizando en el tiempo.

La incorporación de parámetros de gestión de mantenimiento permite evaluar y gestionar los procesos que se hacen cargo de esta importante área de la Institución.

Respecto al problema psicológico del por qué los usuarios de los sistemas de armas no se sienten comprometidos con el cargo, se puede concluir que es necesario:

- a) Incorporar en las instrucciones al personal, el por qué es importante para el Ejército mejorar el sistema de mantenimiento, ya que como se mencionó en el Capítulo III, una persona no se comprometerá con algo en lo que no cree.
- b) Valorar el esfuerzo del trabajador, tales como reconocimiento en forma personal o al frente de sus pares en el trabajo y generar, como parte del procedimiento, que dichos reconocimientos sean documentados en su respectiva hoja de vida y calificaciones.
- c) Producir mejoras al personal que no cumple, de manera de que quienes si lo hacen sigan motivados en el desarrollo de sus deberes.

Por último, al revisar el análisis FODA para el caso de Revistas Técnicas, se evidencia que una de sus fortalezas, era el compromiso del usuario con su sistema de armas a cargo, lo cual se lograba con la técnica de reconocimientos.



"Matriz de criticidad".





## Aplicación de un método de mantenimiento basado en confiabilidad de los componentes críticos de un sistema de armas de uso en el Ejército.

Alumno Memorista: MAY. Sebastián Vera Soto.  
Profesor Guía: TCL. (IPM) Héctor Inostroza Montero.

### Resumen

**L**os avances tecnológicos permanentes y la adecuada manipulación de los activos bélicos que posee la Institución, contribuirán significativamente al aumento de la vida útil de estos sistemas, siempre y cuando se cuente con un confiable sistema de datos e información pertinentes que contribuyan decididamente al mejoramiento de la disponibilidad operacional de cualquier activo. En consecuencia el manejo de datos e información relevante de cualquier sistema de armas, contribuirá siempre al mejoramiento de los estándares de mantención y la confiabilidad de cualquier activo de defensa.

La presente memoria tiene por objeto aplicar una metodología de mantenimiento a un sistema de armas con más de 20 años de uso en la Institución, el sistema de armas seleccionado corresponde a los carros Mowag.

El problema se genera porque no existe una doctrina o metodología adecuada para el levantamiento de data relacionada con fallas, averías o problemas que presentan los sistemas en general.

En consecuencia, existe la necesidad por contar con una herramienta que permita prever, anticipar y solucionar las posibles fallas que presentará el sistema de armas, lo que permitirá a los comandantes y organización encargada del mantenimiento, efectuar una planificación acorde a los tiempos y ajustada

a criterios técnicos que respalden su intervención en forma apropiada.

La investigación está estructurada en base a cinco capítulos, que en forma secuencial fueron cumpliendo con el objetivo general y específicos trazados.

El capítulo uno desarrolló el marco conceptual sobre el cual se construyó la presente investigación.

El capítulo dos permitió estudiar en profundidad el sistema carro Mowag.

El capítulo tercero permitió analizar e identificar los componentes críticos del carro, estableciéndose que el grupo motopropulsor y sistema eléctrico como los más críticos. En lo que respecta a la toma de datos e identificación de modos de falla, se recomienda utilizar el actual Sistema de Información Logística del Ejército (SIGLE), el cual funciona adecuadamente para el propósito que se necesita.

El capítulo cuarto desarrolló la estimación de la confiabilidad de un activo, basado en la distribución de Weibull, que resulta ser la herramienta probabilística que mejor se acomoda a los equipos mecánicos y donde su parámetro de forma permite una mejor lectura.

El capítulo quinto permitió aplicar el modelo propuesto sobre la base del historial de mantenimiento existente del carro Mowag



Matrícula EJTO-8042, utilizado como central de tiro. Los cálculos materializados permitieron identificar los porcentajes de confiabilidad del vehículo, buscando tener un pronóstico de las horas de uso que no presentarán falla y, al mismo tiempo identificando el sistema crítico que afectará su funcionamiento futuro.

Contar con un método siempre facilita y optimiza los procesos de una organización, estimulan el trabajo en equipo y disminuyen los costos en recursos materiales y humanos, evitando la duplicación de información

## Metodología para la determinación de la vida útil remanente de material optrónico de uso en la Institución.

### Resumen



El Ejército, por casi dos décadas, se ha visto inmerso en un proceso de modernización constante que ha revolucionado la logística y la planificación de empleo del material bélico que ha adquirido en todo este tiempo.

En este proceso, es donde cobra especial relevancia la administración y gestión eficiente de estos activos; primero para hacer uso correcto de ellos y en un segundo término para mantener y aumentar el ciclo de vida de un activo.

Bajo este contexto, contar con una metodología para la determinación de la vida útil remanente de material optrónico, proporciona a la Institución un indicador de gestión que se traduce en el incremento de la disponibilidad de sus equipos y confiabilidad en su operación.

y canalizando de manera ordenada los antecedentes o datos.



“Carro EJTO-8042 central de tiro”.

Alumno Memorista: CAP. Francisco Fuentes Medina.

Profesor Guía: CAP. (IPM) Ricardo Massera García.

Para que este indicador pueda ser replicado en otros activos optrónicos, se requerirá una metodología que brinde la posibilidad de efectuar la transformación de un problema real en un modelo matemático, que capture sus características principales y lo plasme en una serie de ecuaciones y procesos para ser analizados posteriormente.

En su desarrollo, el presente trabajo se dividió en cinco capítulos: el capítulo uno permitió estructurar un marco teórico que entregó una serie de aportes y conjugó una amplia gama de materias, conocimientos y fenómenos que permitieron iniciar el estudio enfocando los esfuerzos bajo un punto de vista científico en común.

El capítulo dos permitió seleccionar un vehículo acorazado como caso de estudio, el cual



debía contar con medios oprónicos para el desarrollo de sus funciones de operación y entrenamiento. Dicha selección fue llevada a cabo bajo el Proceso Jerárquico Analítico (AHP), seleccionado para el caso en estudio al tanque Leopard 2 A4.

El capítulo tres permitió efectuar una descripción funcional del tanque Leopard 2 A4 y sus componentes oprónicos, que finalizaron con la selección de un subsistema oprónico para ser empleado bajo la metodología propuesta en el capítulo siguiente. El componente electrónico seleccionado fue el subsistema PERI R-17 y el subsistema Unidad Electrónica del PERI R-17.

El capítulo cuatro permitió conformar una metodología para la determinación de la vida útil remanente del material oprónico en estudio, mediante análisis estadístico determinando un modelo de probabilidad de Weibull biparamétrico.

Finalmente, en el capítulo cinco, se aplica la metodología propuesta a los datos de mantenimiento proporcionados por el Departamento de

Ingeniería de FAMAE, llegándose a la conclusión que estos siguen una distribución exponencial, lo que indica que las fallas de dichos subsistemas se deben solo a factores aleatorios.

El presente trabajo ratifica la hipótesis de que las fallas en el tiempo de un dispositivo se ajustan muy bien al modelo de Weibull y producto de su análisis se concluye que este activo finalizará sus funciones en el Ejército o se reemplazará por factores externos a su composición y utilización, como lo son la obsolescencia tecnológica, la obsolescencia logística, la variación de la amenaza y la obsolescencia económica.



“PERI R-17”

## Desarrollo de una metodología que permita mejorar las listas de inspección y operación del material, de acuerdo a perfiles de uso y utilización real de los vehículos blindados en la Institución.

Alumno Memorista: CAP. Cristóbal Kufeke Marchant.  
Profesor Guía: TCL. (IPM) Héctor Inostroza Montero.

### Resumen



El Ejército de Chile, desde su modernización e incorporación de vehículos con nuevas tecnologías, ha debido sortear el desafío permanente que implica el mantener

operativo el activo de defensa entregado para su operación.

En el desarrollo de esta memoria se ha considerado determinar y analizar la situación del



material blindado de la Institución y la realidad de los perfiles de uso, que son los parámetros que regulan la utilización de estos activos y con los cuales se realiza la planificación para el entrenamiento de las unidades que cuentan con este tipo de material.

Para el presente trabajos se utilizó la herramienta Expert Choice, basado en el método Jerárquico Analítico, se seleccionó un vehículo blindado que debía cumplir con ciertos criterios fijados por un panel de expertos, resultando elegido para este estudio el carro M-113.

Seguidamente se realizó un diagnóstico de la situación actual del material escogido, utilizando para ello las cinco fuerzas de Porter, apoyadas por un análisis FODA, que permitieron determinar las PDRLs (Potencialidades, Desafíos, Riesgos y Limitaciones), lo que permitió estructurar algunas estrategias para dar soluciones reales a los problemas de mantenimiento de la Institución.

Finalmente, en la determinación de las mejores prácticas relacionadas con el proceso de mantenimiento, se ejecutaron varias visitas profesionales a empresas que cuentan con altos estándares de mantenimiento. Una de las empresas líderes visitada utilizaba la metodología del *benchmarking* dentro de sus departamentos de mantenimiento, lo que les permitía generar una retroalimentación de la información para mejorar los procesos existentes. Dicha experiencia hizo comprender que el modelo adoptado por esa empresa podría ser uno de los mecanismos a desarrollar para la Institución.

También se determinó la necesidad por mejorar las LOM y LIM actualmente empleadas por la Institución, estableciéndose cinco parámetros de medición los que permitirán efectuar un mejoramiento continuo de dichos protocolos.

En una primera etapa, se analizó la obtención de los datos entregados por la Compañía Logística de la 1ª Brigada Acorazada “Coraceros”.

En una segunda etapa, a través de la información obtenida, se consideró solo las fallas funcionales y se incorporó al análisis el mantenimiento oportunista, lo que resultó útil y permitió disminuir los tiempos fuera de servicio, determinando de esta manera la “disponibilidad inherente”, la cual tiene notoria diferencia respecto a la “disponibilidad operacional institucional”.

Con todo este análisis y considerando el mantenimiento oportunista, las fallas funcionales y disminuyendo los tiempos fuera de servicio, se realizó el gráfico de dispersión logarítmica, en la cual se identificaron los reales subsistemas críticos.

Con los antecedentes antes mencionados se determinaron los criterios que deben abarcar los protocolos que permiten analizar las LOM y LIMs, que entregarán información relevante y necesaria para definir la disponibilidad inherente, confiabilidad y mantenibilidad. Todos estos cálculos se pueden determinar gracias a la base entregada por los nuevos conceptos incorporados a los protocolos, permitiendo de esta forma cumplir con la misión fundamental del mantenedor, que es maximizar la disponibilidad de la flota al mínimo costo global.



“Perfiles de uso”.



# Metodología para determinar parámetros de cálculos de vida útil remanente del arma principal de un carro de combate de infantería de uso en el Ejército.

Alumno Memorista: CAP. Javier Méndez San Martín.  
Profesor Guía: MAY. (R) (IPM) Camilo Gálvez Parkes.

## Resumen



La presente investigación propuso una metodología que permite establecer parámetros relevantes en la determinación de la vida útil remanente del cañón MK20 Rh202 diseñado por Rheinmetal y utilizado como arma principal del carro de combate de infantería M-113 y Marder 1A3 en uso en la Institución.

El cañón seleccionado para el presente estudio corresponde al fabricado por OERLIKON, modelo KBA 25mm, escogido mediante el uso de la herramienta de análisis jerárquico analítico.

Los criterios de evaluación fueron seleccionados por el IDIC, gracias a la información técnica existente que fue proporcionada por el proveedor y complementada con un volumen importante de registros de pruebas balísticas, todo ello avalado por personal especialista del IDIC.

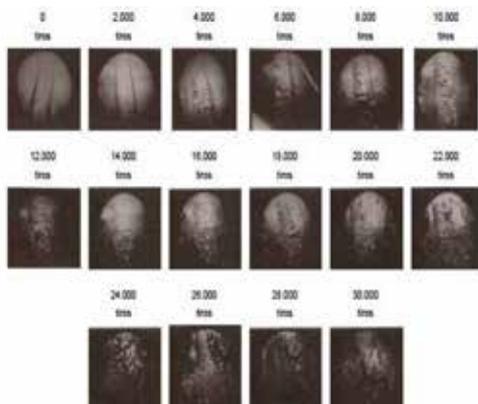
El estudio permitió validar la presente metodología referida al cálculo de vida remanente y de los factores que producen el desgaste de este sistema de armas, de acuerdo a las indicaciones entregadas por un Panel de Expertos.

Estadísticamente se determinó que el modelo más representativo para determinar la vida útil remanente del arma es el de regresión lineal, que utiliza como variable explicativa la

cantidad de tiros disparados. Estableciéndose en tal sentido, que la vida útil remanente del cañón MK20 Rh202 es de 32.000 tiros en promedio.

Como producto final de la investigación, se propone un modelo matemático, para la estimación de la vida útil remanente del arma seleccionada, con un error del 7%.

La presente investigación puede estimarse como un aporte en la administración y gestión del armamento mayor, así como en la toma de decisiones respecto a las políticas futuras de reemplazo de material de guerra. Del mismo modo, los resultados obtenidos pueden ser empleados como base para continuar en investigaciones futuras sobre otros sistemas de armas.



"Prueba de desgaste en un tubo".



## Proposición de solución preliminar para la prevención de fisuras del tercer estanque de combustible del carro VCI Marder 1A3.

Alumno Memorista: CAP. Roberto Contreras Guerrero.  
Profesor Guía: CRL. (IPM) José Luis Millán Palavicino.

### Resumen



El Ejército de Chile cuenta con un cargo importante de vehículos de combate de infantería VCI Marder 1A3, los cuales están encuadrados en las Brigadas Acorazadas y actúan en estrecha colaboración con las unidades de tanques.

El carro Marder posee una gran rapidez en sus desplazamientos y una autonomía que depende de la capacidad de almacenaje de combustible en sus tres estanques.

Sin embargo, la operatividad del carro se ve afectada por las continuas fallas que presenta el subsistema de alimentación de combustible, específicamente por las fisuras que aparecen en el tercer estanque de combustible, el más grande de los tres, con una capacidad de almacenamiento que es mayor al 50% del total que transporta.

En consecuencia, las causas de indisponibilidad del VCI Marder 1A3 se deben básicamente a las fallas que presenta el subsistema de alimentación de combustible.

Las posibles causas de aparición de fisuras en el tercer estanque de combustible estarían dadas por las vibraciones que produce el carro en funcionamiento y que transmite a través de su chasis al estanque. La transmisión de estas vibraciones se produce por intermedio de tres soportes antivibración que unen el estanque al chasis. Por uso,

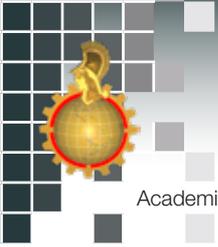
estos soportes presentan pérdida de propiedades mecánicas y desgastes, al punto que no son capaces de aislar y/o suprimir las vibraciones que recibe el estanque cuando el vehículo está en funcionamiento, lo que aumenta la aceleración del proceso de fatiga del material lo que contribuye a su posterior fractura.

Para analizar el comportamiento del tercer estanque de combustible frente a las vibraciones se utilizó el software de simulación SolidWorks Simulation, el cual mediante el método de elementos finitos permitió analizar el comportamiento de esta estructura bajo diferentes variables que lo afectan tales como: la presión ejercida por el combustible en las paredes del estanque, peso del combustible y las vibraciones que debe soportar por diseño. Este último dato fue extractado del manual entregado por el fabricante MIL-STD 810 G.

Este trabajo permitió proponer una solución en la prevención de fisuras en el tercer estanque de combustible, ya que se pudo establecer la causa que producía este problema y el cómo se solucionaba.

El criterio empleado para elegir el soporte antivibración que se propone para sustituir al actual, consideró lo siguiente:

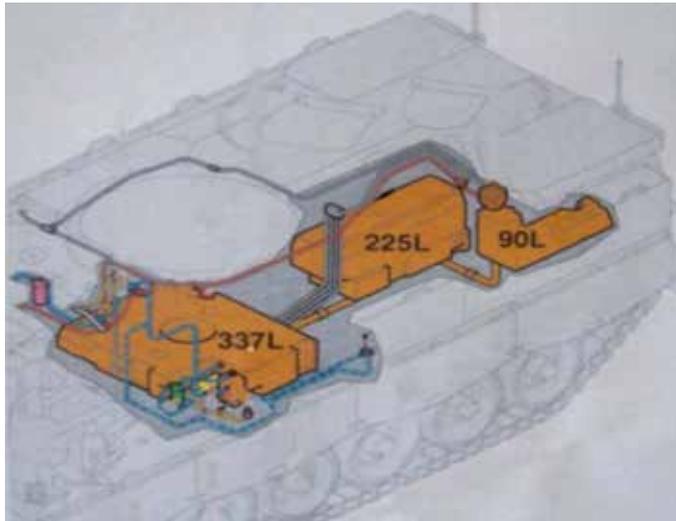
1. Que los tres soportes antivibración que unen el estanque con el chasis debían



soportar el peso total del estanque lleno con combustible.

2. Que las dimensiones del nuevo soporte antivibración debían ser similares al que se reemplazaba y que dimensionalmente debía usar el mismo espacio disponible para su instalación.

Después de buscar e investigar diferentes mercados dedicados a la fabricación de soportes antivibración se optó por el ofertado por la empresa AMC Mecanocaucho con su diseño BRB 30, el cual cumple con las especificaciones técnicas del fabricante del carro VCI Marder 1A3.



“Representación de los tres estanques del VCI Marder 1A3”.





# Ingeniería en Sistemas de Tecnologías de Información y Comunicaciones mención en Comunicaciones

## Diseño conceptual de una red móvil aéreo-terrestre en una plataforma aérea como base para soporte de radiocomunicación IP del proyecto STOMT-Baquedano en el norte altiplánico.

Alumno Memorista: CAP. Danilo Contador Rojas.

Profesor Guía: Ph.D. Fernando Ulloa Vásquez.

### Resumen



El Ejército de Chile se encuentra enfrentado a un permanente desafío tecnológico, producto de los cambios que a diario introduce como consecuencia de la incorporación de nuevas capacidades, equipos y herramientas, que resultan del proceso de modernización que la Institución se encuentra desarrollando.

Uno de estos procesos que revolucionó las telecomunicaciones fue sin duda la incorporación de modernas tecnologías de comunicaciones y mando y control, a través del proyecto STOMT-Baquedano, el que tuvo un impacto directo en la doctrina institucional, en los procesos de capacitación de su personal y en la ampliación de la infraestructura, en términos generales, para cobijarlo, lo que removi6 la cimentación existente en cuanto a planificación se refiere.

Producto de lo anteriormente expuesto nace este estudio, que busca dar solución a la brecha tecnológica que presentan las telecomunicaciones que operan en el norte altiplánico, específicamente en el teatro de operaciones de la brigada motorizada "Huamachuco", mediante el diseño conceptual de una red móvil aéreo-terrestre, montada en una plataforma aérea como base para soporte de radiocomunicación IP, con el objeto de apoyar las comunicaciones tácticas de la unidad de teatro, en la que, a pesar del

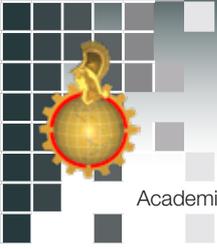
potente salto tecnológico que entregó este proyecto, existe un factor determinante a la hora de comunicarse en el altiplano producto de lo irregular que resulta ser el terreno y las grandes alturas que predominan en la zona, las que afectan directamente las comunicaciones en las bandas de frecuencia VHF y UHF, que son utilizadas principalmente en este nivel.

En una primera etapa se hace una descripción del material incorporado por el Proyecto STOMT-Baquedano y las características de propagación y su comportamiento de radio enlace, con el propósito de construir una base teórica que sirva de sustento e identifique el entorno del presente estudio.

En una segunda etapa se identifican las distintas plataformas aéreas existentes a nivel nacional e internacional que pueden servir de soporte a la radiocomunicación, identificando sus características técnicas y de empleo, para finalmente seleccionar una de ellas para continuar con el estudio.

En la tercera etapa se definen los requerimientos operacionales del sistema que serán la base para el diseño conceptual. Desarrollo que se realizó por medio de la metodología de ingeniería de sistemas.

Finalmente se realizó la arquitectura funcional del sistema, que representa el diseño



conceptual de la red de comunicaciones aéreo-terrestre, la cual cumple con todos los objetivos impuestos, encontrándose dispo-

nible para su materialización si la Institución así lo dispone.



"Organización propuesta con el nuevo sistema".

### Proposición de una solución a la interceptación de los sistemas de telefonía celular con que cuenta el Alto Mando Institucional.

Alumno Memorista: CAP. Rodrigo Reyes Martínez.  
Profesor Guía: MAY. (IPM) Álvaro Vera Soto.

#### Resumen



Los sistemas de telefonía celular, a partir de los sucesos de escucha telefónica a mandatarios europeos en octubre del año 2013, se han convertido en una preocupación para aquellas personas que manejan a través de estos equipos una gran cantidad de información personal y laboral.

crados en el caso antes mencionado y de los cuales fueron extraídos datos personales de los usuarios afectados.

Por tal razón, la Institución, preocupada por estas situaciones, dispuso a la Dirección de Inteligencia estudiar el tema en conjunto con la Jefatura de Guerra Electrónica, con el propósito de enfrentar esta nueva amenaza y evitar la ocurrencia de hechos como los acontecidos en Europa.

Actualmente, el Alto Mando institucional no cuenta con equipos móviles con capacidad de encriptación, sino que poseen teléfonos fijos con cifrado de voz, con flujo de información limitado a lo esencial y prioritario. Utilizan en sus comunicaciones inalámbricas un celular de mercado, equipos similares a los involu-

Bajo este contexto se da inicio al presente trabajo, que busca dar solución a la interceptación de los sistemas de telefonía celular con que cuenta actualmente el Ejército. Para ello y utilizando una metodología secuencial





basada en cuatro objetivos específicos se comienza la investigación.

El primer objetivo específico permitió identificar la situación actual de seguridad de las comunicaciones en las bandas de telefonía celular en Chile.

El segundo objetivo, exploró las vulnerabilidades que presentan los sistemas actuales de telefonía celular, definiendo los métodos utilizados para interceptar y controlar estos equipos.

El tercer objetivo, analizó el sistema de telefonía celular empleado actualmente por la Institución, permitiendo determinar sus capacidades y vulnerabilidades.

Mediante un panel de expertos, se estudiaron tres alternativas de solución, las que fueron descritas y analizadas según los criterios previamente definidos para tal efecto.

Con el cuarto objetivo específico se definió una propuesta de solución, la que se obtuvo mediante la utilización del enfoque basado en la metodología de análisis multicriterio

denominado Proceso Jerárquico Analítico (AHP), donde se consideró la efectividad operacional del sistema a través de los criterios de rendimiento y disponibilidad operacional.

Finalmente, a través de la revisión y aprobación de los puntos anteriormente expuestos, el panel de expertos validó el resultado obtenido corroborando con esto la rigurosidad del trabajo realizado en la selección de una alternativa de solución, determinando que un producto de seguridad ofrecido en el comercio especializado cumple con los criterios establecidos, al aumentar la eficiencia de las comunicaciones de los sistemas de telefonía celular empleados por el Alto Mando Institucional.



“Segmento de radio telefónico entre estaciones repetidoras”.

## Estudio técnico y económico para la actualización de los sistemas de alimentación eléctrica de la red norte del Sistema de Comunicaciones del Ejército.

### Resumen



El objetivo de la investigación fue realizar un estudio técnico y económico para la renovación del sistema de alimentación

Alumno Memorista: CAP. Rodrigo Valenzuela Galleguillos.

Profesor Guía: MAY. (IPM) Rodrigo Eló Rodríguez.

eléctrica del Sistema de Comunicaciones del Ejército (SICOE), que permita solucionar el problema de alimentación eléctrica fotovoltaica que en estos momentos afecta



a las estaciones repetidoras microondas de dos vías del SICOE.

Para lograr lo anterior y empleando una metodología cuantitativa exploratoria, se desarrolló el marco teórico que permitió encausar el desarrollo de la presente investigación.

En un primer capítulo se realizó el levantamiento de todas las estaciones repetidoras de la red norte del SICOE, analizando los datos de consumo y respaldo eléctrico, lo que concluyó finalmente con un diagnóstico situacional que permitió definir los problemas que afectan actualmente la red norte del SICOE, entre los cuales destaca prioritariamente el sistema de acumuladores de energía (baterías) y el sobreconsumo.

En un segundo capítulo se levantaron los requerimientos operacionales, empleando para ello la metodología de Ingeniería de Sistemas, los que fueron avalados por un panel de expertos.

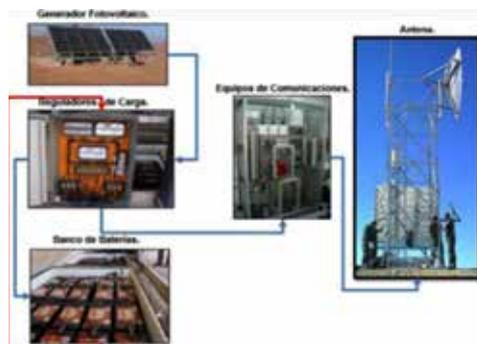
En un tercer capítulo se presenta como la fase donde se tomaron decisiones alusivas a la elección de las tecnologías que satisfacen los requerimientos deseados.

En un cuarto capítulo se evaluaron, por medio de un proceso de toma de decisiones y

utilizando como herramienta de análisis el software Expert Choice, las Baterías AGM, Níquel Sodio y OPzS, que se presentan como posibles soluciones al problema planteado, resultando de este proceso como mejor evaluada técnicamente la Batería de Níquel Sodio, y con la más baja la Batería de AGM.

En el quinto capítulo se efectúa un análisis de costos por medio de un indicador de Costo-Eficiencia. Este indicador es el Valor Actual de Costo (VAC), el que fue aplicado a las tres alternativas con un horizonte proyectado de seis años, determinándose que de adoptarse la resolución de implementar la solución con la batería de menor costo económico, esta resultaría ser la batería AGM, en contraste con la batería mejor evaluada técnicamente Níquel Sodio, que si bien es cierto representa una implementación con un 32% más en los costos, a largo plazo resulta ser una alternativa a tener en consideración, ya que posee un mayor rendimiento y dobla en años su vida útil y ciclaje.

Con esta propuesta se daría solución al problema de sobreconsumo y déficit de respaldo energético de las estaciones repetidoras con sistema de alimentación fotovoltaico de dos vías del Sistema de Comunicaciones del Ejército.



“Diagrama de sistema de alimentación eléctrica fotovoltaico del SICOE”.



## Estudio de un patrón de radiación similar al de los perturbadores de operaciones de guerra electrónica.

Alumno Memorista: CAP. Álvaro Cabané Riveros.

Profesor Guía: MAY. (IPM) Álvaro Vera Soto.

### Resumen

**L**a adquisición a la Fuerza Terrestre de equipos de guerra electrónica ha entregado a los comandantes nuevas capacidades para interceptar, localizar y perturbar unidades adversarias.

Sin embargo, dentro de la integración a los procesos de planificación y operación de estos sistemas, se mantienen dudas sobre las condiciones en que su operación podría degradar los propios sistemas de mando y control.

Para dar respuestas a las interrogantes que plantea el presente trabajo de investigación el estudio se estructuró en base a cuatro capítulos. El primer capítulo entregó un diagnóstico de la situación doctrinaria y tecnología de las operaciones de Guerra Electrónica (GE) en la Institución.

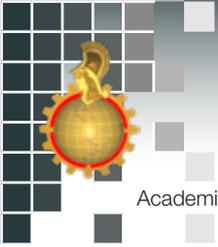
El segundo capítulo tuvo por finalidad la determinación de una antena como objeto de estudio, que tuviese características técnicas similares a las usadas por los equipos de operaciones de GE. Para ello se analizaron primero las características relevantes de las antenas de uso en la Institución y luego, utilizando un proceso Jerárquico Analítico (AHP), se seleccionaron dos antenas, la PLC1369 y HL046E.

El tercer capítulo permitió evaluar la potencia de propagación electromagnética que alcanzan las antenas seleccionadas mediante el empleo de una herramienta de simulación, que para el caso se utilizó el software HTZ de la empresa ATDI (permite realizar cálculos de propagación,

tanto de equipos de comunicaciones como de sensores electromagnéticos).

El capítulo cuarto permitió determinar los efectos de la propagación electromagnética de las antenas en estudio. Importante resulta destacar de esta investigación, es lo que dice relación con la variable terreno como factor capaz de proteger sistemas de comunicaciones de la acción (voluntaria o involuntaria) de unidades de GE, y también cómo puede influir en la degradación de la capacidad de acción de estos sistemas. Se pudo comprobar como el relieve disminuía significativamente la cantidad de energía que un sistema de GE era capaz de proyectar sobre un punto particular del terreno. Por otra parte, el análisis en la determinación de efectos de propagación electromagnética del presente capítulo demostró que la antena PLC1369 proyecta más energía que la HL046E, tanto en el caso de un objetivo terrestre como aéreo.

Esta investigación finaliza entregando algunas conclusiones generales donde es destacable rescatar algunos alcances a tener en consideración en la planificación y operación de estos sistemas de perturbación electromagnética tales como: al planificar cómo protegerse de los efectos de unidades de perturbación electromagnética cobra suma importancia la variable terreno, donde se evidenció como relieves relativamente pequeños, podrían escurdir sectores de la acción de elementos de GE, que las probabilidades de ser perturbado involuntariamente por unidades propias de



guerra electrónica son bastante bajas según los resultados analizados en la presente investigación. Para que ello ocurriera, la distancia entre los equipos de comunicaciones debiese ser muy grande (fuera de lo que se espera de esos equipos) y la distancia al perturbador muy pequeña (demasiado cerca si es que se realiza una coordinación efectiva). A lo anterior, se debe agregar, tal como se consignó en los alcances de esta memoria, los equipos de comunicaciones están funcionando en frecuencias fijas y cuentan con sistemas de salto de frecuencia, por lo tanto, se debe agregar que aunque el perturbador logrará afectar la señal del equipo de comunicaciones, lo haría en solo algunas frecuencias de las que está

utilizando. Así, el equipo de comunicaciones podría seguir cumpliendo su función.



“El problema de la perturbación fratricida en el campo de batalla”.

## Proposición de una solución para el logro de la continuidad operacional de los sistemas de información críticos del Ejército de Chile.

Alumno Memorista: CAP. Enrique Letelier Hermosilla.  
 Profesor Guía: CRL. (IPM) Gonzalo Contreras Peña.

### Resumen



oy en día la continuidad operacional de nuestra Institución depende en gran medida de la continuidad de los servicios de tecnología de información (TI), de manera tal que una adecuada gestión de estos servicios conlleva a aumentar el éxito en el logro de los objetivos institucionales.

El alcance del presente trabajo de investigación es propender a buscar una solución para el logro de la continuidad operacional de los sistemas de información críticos del Ejército de Chile, desde un punto de vista técnico y considerando los costos estimativos que contempla poner en ejecución la solución que se propone. Como condiciones de borde se

considerarán estudios de costos de mantenimiento para la solución de acuerdo a su ciclo de vida con un límite de 6 años.

La Jefatura de Informática y Computación del Ejército (JIC) es la responsable del servicio de desarrollo de planes de continuidad operacional, los cuales tienen como objetivo el establecimiento de procedimientos específicos que respondan a interrupciones del servicio, con el fin de salvaguardar y recuperar las funciones críticas de la Institución que hayan sido impactadas por eventos naturales, o bien ocasionados por el hombre

Para el cumplimiento del presente trabajo, se desarrollaron seis capítulos. Cada uno





de ellos buscó dar solución a los diferentes objetivos específicos y general planteados.

En el primer capítulo “Marco teórico”, se presentaron los aspectos teóricos a conocer, con la finalidad de entender y desarrollar el análisis necesario que permita guiar la presente investigación.

El segundo capítulo “Situación actual de la plataforma de informática y comunicaciones del Ejército”, permitió conocer efectivamente su actual situación y analizar su comportamiento y topología empleada en la estructuración de la misma.

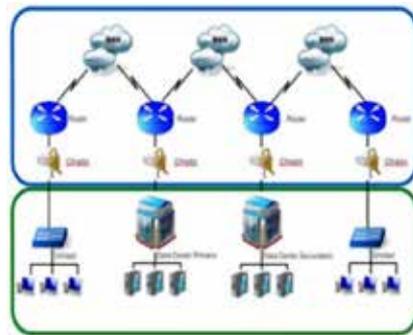
El tercer capítulo “Sistemas de información críticos del Ejército de Chile”, permitió obtener a través de una metodología aplicada la criticidad de los sistemas de información y, de la misma manera, seleccionar entre ellos cuales presentan prioridad respecto del sistema en su conjunto.

El cuarto capítulo “Identificación de la brecha de continuidad operacional de los sistemas de información críticos”, permitió establecer la brecha de continuidad operacional de los servicios TI.

El quinto capítulo “Posibles alternativas de solución al problema planteado”, presentó la

descripción y el detalle de las posibles alternativas de solución, identificando el porcentaje de cumplimiento de cada una de las alternativas e identificando los riesgos asociados junto con sus medidas de mitigación.

El sexto capítulo y final “Solución propuesta al problema planteado analizando las diferentes alternativas”, se presentó el análisis técnico tomando en consideración los criterios de evaluación aplicados, que fueron evaluados a través de un Análisis Jerárquico Analítico (AHP), en conjunto con la metodología propuesta por Thomas L. Saaty, que entregó como resultado una alternativa de solución técnica más factible de implementar.



“Esquema de conectividad de los Centros de Datos”.

## Diseño conceptual de un sistema de respaldo a la red permanente del Ejército a través de la capacidad satelital institucional vigente.

### Resumen



El Ejército de Chile cuenta con una extensa red de comunicaciones basada en microondas desde Arica hasta Puerto Montt, además

Alumno Memorista: CAP. Alejandro Olea Vidal.

Profesor Guía: CAP. (IPM) Iván Pérez Rodríguez.

de un enlace de fibra óptica desde Puerto Montt a Coihaique y otro satelital hasta Punta Arenas, que la convierte en la columna vertebral de las comunicaciones en la Institución.



Por otra parte, es dable decir que en la actualidad el Ejército no cuenta con un sistema de respaldo adecuado de la red, que permita resguardar las comunicaciones de voz, datos y videoconferencia, de manera integral. El respaldo de comunicaciones con que cuenta el SICOE es proporcionado por empresas externas, lo que representa un alto costo institucional, siendo muchas de las veces insuficiente al momento de requerirse una mayor demanda en comunicaciones.

El presente estudio pretende, al término de la investigación, proponer un diseño conceptual para contar con un sistema de respaldo de comunicaciones para la red permanente de microondas del Ejército a través de las plataformas satelitales en uso en la Institución.

Para lo anterior, el trabajo se estructuró en base a seis capítulos, los que, utilizando la ingeniería de sistema como herramienta de trabajo, fue dando respuesta a las diferentes actividades programadas en el marco de la investigación.

El primer capítulo permitió realizar un completo análisis de los servicios satelitales vigentes en la Institución, un análisis de los Requerimientos de Estado Mayor (REM) para la red permanente del Ejército y un diseño conceptual como solución.

El segundo capítulo desarrollo y puntualizó el marco teórico de la investigación, mediante un análisis de necesidades, definición de requisitos y alternativas de diseño conceptual.

El capítulo tercero abordó la temática relacionada con los requerimientos operacionales, que, si bien es cierto, para su validación exige una secuencia cronológica establecida por la Institución, en este caso puntual se realizó una validación Académica, donde intervinie-

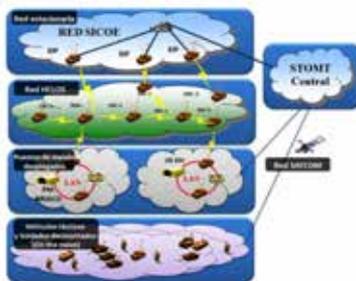
ron un panel de expertos del Comando de Telecomunicaciones del Ejército, y la División Doctrina como validador final.

El capítulo cuarto permitió determinar la demanda comunicacional institucional de los seis cuarteles Generales Divisionarios (I a la VI DE), además de las cuatro Brigadas Acorazadas (1ª a la 4ª BRIACOS), la Brigada de Operaciones Especiales (BOE) y la Brigada de Aviación de Ejército (BAVE), en lo referido a voz y data, en forma separada, que es lo que se pretende respaldar con el segmento satelital disponible del proyecto STOMT-Baquedano.

El capítulo quinto permitió efectuar un análisis y diagnóstico de la capacidad satelital vigente, determinándose la existencia de un ancho de banda disponible entre 11 a 15 MHz.

El capítulo séptimo permitió estructurar el diseño conceptual y su posterior validación.

Se puede concluir finalmente que, una vez obtenidas las demandas de voz y datos del Ejército, además de comprobar la capacidad ociosa satelital, la solución propuesta es factible de ejecutar; para ello se elaboró el diseño conceptual que permite obtener la solución a través de la arquitectura de comunicaciones de cada unidad, lo que se mostró de manera conceptual con la configuración de cada estación.



“Arquitectura del sistema STOMT-Baquedano”.



## Seminario Docente de la Jefatura de Estudios.



Los días 13 y 14 de marzo de 2014, se realizó el Seminario Docente organizado por la Jefatura de Estudios y dirigido al personal de profesores militares y civiles que realizan docencia en pregrado, además de los Jefes de Curso de los diversos CRIM. Su objetivo fue entregar las bases fundamentales y herramientas de gestión educativa necesarias para la implementación del modelo curricular de la Academia. Entre las temáticas que se destacaron se encuentran las siguientes:

- El marco curricular de la Academia.
- Las aplicaciones del escritorio del alumno.
- La preparación y evaluación de una clase.
- Los parámetros del proceso de evaluación del desempeño docente en aula.
- El Manual Interno de Evaluación, sus principales características y efectos en el proceso educativo.
- Las etapas de desarrollo y aplicaciones del Sistema de Gestión Docente (SIGED).

- La formulación presupuestaria de los diversos cursos docentes.
- Proceso de reclutamiento de profesores.

Todas estas exposiciones fueron desarrolladas por personal militar y civil de la Jefatura de Estudios y el Departamento de Control de Gestión. De esta manera, se da inicio al proceso educativo y junto a la reflexión académica, se entregan las bases para implementar el modelo curricular de la Academia, sustentado en el mejoramiento continuo de la gestión pedagógica en el aula.



## ACAPOMIL realiza Simposium Internacional “Sistemas de armas y vehículos militares: innovación tecnológica para la fuerza terrestre”.



El martes 8 de abril, en el marco de las actividades de extensión, la Academia Politécnica Militar realizó el Simposium Internacional denominado: “Sistemas de armas y vehículos militares: innovación tecnológica para la fuerza

terrestre”. Esta actividad estuvo presidida por el Comandante de la División Mantenimiento, GDB. Héctor Ureta Chinchón y contó con la presencia del Comandante de la División Escuelas y División Educación, GDB. Hernán Ramírez Coydan, como asimismo autoridades



del ámbito civil y militar vinculados a esta temática.

Este encuentro académico tuvo como finalidad establecer las bases conceptuales y herramientas tecnológicas relacionadas con estas áreas del conocimiento, considerando los modelos institucionales, así como también, experiencias del Reino Unido, contando para ello con la participación de profesores e investigadores de la Universidad de Cranfield, que tiene una alianza estratégica de nivel académico con la Academia.

El simposium contó con las siguientes exposiciones:

| EXPOSITORES  | CONFERENCIAS  |
|--|---|
| Comandante de la División Mantenimiento, GDB. Héctor Ureta Chinchón. | "Modelo de estimación del ciclo de vida remanente de los sistemas de armas de la fuerza terrestre". |
| Sr. Dave Diskett.  | "Incorporando la salud, monitoreo y supervisión en el uso de equipos heredados".                    |
| Dr. John Economou.   | "Plataformas innovadoras y autónomas para control de sistemas de armas".                            |
| Dr. Hugh Goyder.   | "El uso de morteros en operaciones recientes".  |
| May. (IPM) Héctor Inostroza Montero.                                 | "Mantenimiento recuperativo integral".  |
| CrI. (IPM) Rodrigo Caro de Kartzow.                                  | "Innovación y municiones insensibles".  |
| Sr. Ezequiel Beneit.   | "Creatividad para innovar".   |

De esta manera, se pudo intercambiar ideas y experiencias de este ámbito, teniendo presente que es fundamental para el desarrollo de nuevas capacidades militares incorporar nuevas tecnologías tendientes a dar soluciones en el campo de la defensa.

Es importante señalar que esta actividad fue auspiciada por el Círculo de Ingenieros Graduados de la ACAPOMIL (CIG), División de Mantenimiento del Ejército (DIVMAN), Instituto de Investigaciones y Control del Ejército (IDIC), Instituto Geográfico Militar (IGM) y las Fábricas y Maestranzas del Ejército (FAMAE).



## Seminario "Gestión y planificación del mantenimiento".



El pasado 1 de agosto, presidido por el Director de la Academia Politécnica Militar, se realizó en dicho Instituto el Seminario "Gestión y planificación del mantenimiento", como actividad de extensión adscrita al Magister en Ingeniería de Sistemas Logísticos, que la Academia realiza en conjunto con la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

El objetivo de este seminario fue dar a conocer el estado del arte y tendencias en el ámbito de la gestión y planificación del mantenimiento, desde una perspectiva civil y militar con el objeto de incorporar dichas tendencias en los programas curriculares que al respecto se imparten en las carreras de pre y posgrado de los institutos involucrados.



El mantenimiento, en todas sus acepciones, constituye para el Ejército una fundamental materia de estudio, ya que permite agregar valor a los activos que el Estado confía para su operación, de acuerdo a su misión específica en el marco de la defensa nacional.

La sesión inaugural estuvo a cargo del GDB Carlos Villalobos Vera, Gerente de Investigación, Innovación y Desarrollo de FAMAÉ, continuando con los siguientes expositores:

| EXPOSITORES                          | CONFERENCIAS  |
|--------------------------------------|---|
| Tct. (IPM) Mariano Osorio Leiva.     | "Planificación del mantenimiento".  |
| Ph. D. Sr. Orlando Durán Acevedo.    | "Gestión y logística de repuestos".                                       |
| May. (IPM) Héctor Inostroza Montero. | "Gestión del mantenimiento".  |
| Ph. D. Sr. Adolfo Arata Andreani.    | "La ingeniería y la confiabilidad en la planificación del mantenimiento". |

Los asistentes, mayoritariamente oficiales y Cuadro Permanente ligados a la función de mantenimiento, así como alumnos y ex alumnos del área técnica de pre y posgrado de la Academia, pudieron intercambiar conocimientos específicos asociados a esta materia, tanto en activos militares como industriales, posibilitando crear conciencia

sobre la importancia de los procesos de mantenimiento en todos sus niveles.

Del mismo modo, cabe señalar que la Academia Politécnica Militar y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso se encuentran preparando la séptima versión del Magíster en Ingeniería de Sistemas Logísticos que se espera iniciar en mayo de 2015 y con ello continuar capacitando a profesionales civiles y militares, que se interesen en especializarse en la ciencia logística, elemento de gran importancia en el campo laboral, tanto en empresas como en las instituciones de la defensa.



## ACAPOMIL realiza Charlas Tecnológicas a la Escuela de los Servicios.



Con beneplácito fue recibida la actividad de difusión de charlas tecnológicas organizada por la Academia Politécnica Militar, a través de su Departamento de Postgrado y Extensión, realizada en el auditorium de la Academia Politécnica Militar el día 6 de octubre del presente año, para una participativa

conurrencia de oficiales, suboficiales, clases y alumnos de la Escuela de los Servicios.

La jornada tuvo como objetivo principal dar a conocer temas del área del conocimiento científico tecnológico de interés militar, con el propósito de incentivar a la audiencia por conocer materias profesionales, ac-



tualizar sus conocimientos y mantenerlos informados.

El temario desarrollado en la oportunidad fue el siguiente:

| EXPOSITORES                          | CONFERENCIAS   |
|--------------------------------------|--|
| May. (IPM) Álvaro Jofré Elorza.      | "Sistema de mantenimiento para vehículos militares y sistemas de armas". |
| Tcl. (IPM) Mariano Osorio Leiva.     | "Capacidades de las Fábricas y Maestranzas del Ejército".                |
| May. (IPM) Alejandro Gómez Abutridy. | "Definición y estado actual de la ciberguerra".                          |



## Seminario Tecnológico realizado por la ACAPOMIL en conjunto con la Escuela de Telecomunicaciones.



En un seminario tecnológico organizado por la Academia Politécnica Militar, a través de su Departamento de Postgrado y Extensión y la Escuela de Telecomunicaciones, se realizó en la sala Blanco Alcázar de ese Instituto, los días 28 y 29 de octubre del presente año.

El objetivo de esta actividad fue exponer temas insertos en las líneas del conocimiento científico-tecnológico, en particular, enmarcados en tecnologías de interés militar. Este tipo de actividad pretende actualizar a la mayor cantidad de oficiales y clases de la Institución, en el desarrollo actual y futuro de los sistemas de armas, como también mantenerlos informados respecto de las herramientas de ingeniería utilizadas en su gestión, a través de su ciclo de vida.

Para ambos propósitos, el programa consideró las siguientes ponencias:

| EXPOSITORES                            | CONFERENCIAS  |
|--|---|
| CrI. Iván Babić Lantermo.              | "Amenaza blindada y antitanque".  |
| May. (IPM) Álvaro Jofré Elorza.        | "Sistemas de mantenimiento para vehículos militares y sistemas de armas".   |
| May. (IPM) Dino Passalacqua Masafiero. | "UAVs y UGVs".  |
| CrI. Jorge Guerra Muñoz.               | "Proyectos STOMT-Baquedano y Thor".   |
| May. (IPM) Marco López Moraga.         | "Sistemas en uso en la Fuerza Terrestre y sus principales características". |
| CrI. (IPM) Luis Araya Cano.            | "Incorporación de nuevas capacidades militares".                            |
| May. (IPM) Alejandro Gómez Abutridy.   | "Definición y estado actual de la ciberguerra".                             |



# Resumen actividades

CIG Acapomil



## ACAPOMIL da inicio al curso de “Simulación para apoyar decisiones complejas”.



Con fecha 26 de julio del presente año, se inició en la ACAPOMIL, auspiciado por el Círculo de Ingenieros Graduados (CIG), el curso “Simulación para apoyar decisiones complejas”, el cual se extendió por 30 horas, con un total de 30 alumnos inscritos.

La capacitación tuvo como objetivo desarrollar competencias que puedan ser aplicadas en forma directa en los respectivos ámbitos de trabajo, utilizando herramientas de simulación con creatividad e innovación.

Lo anterior, considerando las innumerables ventajas que ofrece esta área de la ciencia y que van desde la reducción de riesgos para las personas, materiales, equipamiento, recursos y disminución en los tiempos de desarrollo de actividades y costos asociados a la ejecución.

Para el desarrollo del curso antes mencionado, se consideró la utilización de diferentes softwares de apoyo, como el software de simulación Arena y Bizagi, ambos de amplio uso a nivel mundial.





## Visita del Círculo de Ingenieros Graduados CIG Acapomil al Comandante en Jefe del Ejército de Chile.



El martes 7 de octubre del presente año, la Directiva del CIG ACAPOMIL, encabezada por su Presidente, CRL. Eduardo Estrada Romero, acompañado por el Vicepresidente del CIG, BGR. Marmaduke Abarzúa Astete y los Directores, GDB Óscar Bustos Carrasco y CRL. O'Higgins Bravo Sandoval, realizó una visita protocolar al Comandante en Jefe del Ejército, GDE. Humberto Oviedo Arriagada, oportunidad, en la que se

efectuó un saludo protocolar, hacia su persona y la Institución.

Del mismo modo, y aprovechando esta instancia protocolar, el CJE pudo conocer del funcionamiento, la organización, los objetivos que persigue y los principios que rigen al CIG.

El CJE junto con agradecer la visita, envió por intermedio de la Directiva del Círculo, un saludo cordial y afectuoso a cada uno de los integrantes del CIG.





## Ceremonia de lanzamiento oficial página web del Círculo de Ingenieros Graduados CIG ACAPOMIL y reconocimiento por años de egreso

Próximamente a cumplir el aniversario vigésimo quinto, el CIG ACAPOMIL desarrolló una ceremonia en el auditorium de la Academia, presidida por el GDB. Héctor Ureta Chinchón, Comandante de la División Mantenimiento del Ejército, en su calidad de socio e integrante del Círculo de Ingenieros Graduados, quien además recibió diploma por 20 años de egreso como IPM.

Previo a los actos conmemorativos, se realizó una conferencia del área de energía nuclear, desarrollada por el BGR. Víctor Aguilera Acevedo, especialista en la materia, la que fue seguida con atención por parte de la audiencia.

En la oportunidad, el Directorio invitó a la inauguración de la página web del CIG, al Brigadier Luis Mesa Mesa, Ex-director del Instituto y fundador del CIG "ACAPOMIL", para que efectuara el tradicional corte de cinta que daba por inaugurado el sitio web.

Del mismo modo, el Presidente de la Colectividad, Coronel Eduardo Estrada Romero, acompañado por el Vicepresidente Brigadier Marmaduke Abarzúa Astete, hicieron entrega de diplomas por años de egreso de la Academia, a 22 oficiales IPM, que se hicieron merecedores a estímulos por 10, 20, 30, 40 y 50 años de egreso.





## Ceremonia de entrega de paramentos y recepción del Círculo de Ingenieros Graduados CIG ACAPOMIL.



El 12 de diciembre del presente, en una ceremonia interna, en el auditorio de la Academia Politécnica Militar, se realizó la entrega de paramentos y recepción del CIG a 28 alumnos que después de 10 semestres de arduo estudio, dedicación y esfuerzo, se gradúan como Ingenieros Politécnicos Militares.

En la oportunidad, el Director de la Academia CRL. Eduardo Estrada Romero, se refirió al símbolo que una vez graduados podrán lucir con orgullo en la base de los parches de sus uniformes, el cual está compuesto por la fusión de dos legendarios elementos, la palma y la espada, que distingue a los oficiales que

han cursado los estudios para obtener esta especialidad primaria.

También se refirió a la recepción, por parte del Círculo de Ingenieros Graduados, expresándoles que al haber sido coronados con el éxito profesional y académico, cumplen con los requisitos y condiciones para, en forma voluntaria, pasar a formar parte de esta gran cofradía, la que reúne a los ingenieros militares de ayer, hoy y siempre.

Finalmente, el Director de la Academia, acompañado por el Vicepresidente del CIG, BGR. Marmaduque Abarzúa Astete, hicieron entrega de un obsequio a los oficiales graduados.





## Recepción del 1<sup>er</sup> Curso Regular de Ingeniería Militar 2014.



El viernes 3 de enero, el Director de la Academia Politécnica Militar, Coronel Eduardo Estrada Romero, dio la bienvenida a los nuevos alumnos que en esta fecha se integraron al I Año de Ingeniería Militar 2014, actividad que se desarrolló en el Patio de Honor del Instituto.

El CRIM está integrado por 20 Oficiales de Ejército, 1 Oficial de la FACH y 2 Oficiales de Carabineros de Chile, quienes darán inicio al período denominado “Curso de Introducción a las Ciencias de la Ingeniería” que tiene por objeto insertar al alumno en los ramos propios de la especialidad.

Durante el desarrollo de la actividad, el Director del Instituto se refirió a la importancia del estudio y el trabajo disciplinado y permanente como recursos claves para alcanzar el éxito, y los felicitó por haber elegido el camino de la ingeniería como forma de contribución al desarrollo y grandeza del Ejército. En este contexto, hizo un llamado a incorporar a sus familias en este camino de cinco años de estudios, ya que el núcleo familiar es pilar fundamental para lograr el éxito, lo que demanda esfuerzo, comprensión y apoyo de todo el conjunto.



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



Con fecha 6 de febrero, en el auditorium de la Academia Politécnica Militar, se dio inicio a la décima 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 40 alumnos de la institución, 2 alumnos extra institucionales y 6 alumnos





de Ejércitos extranjeros (2 de Argentina, 1 de Brasil, 1 de Colombia, 1 de España y 1 de México).

En la ocasión, el Director Subrogante de la ACAPOMIL, Teniente Coronel Rafael Mesa Feres, dio la bienvenida a los alumnos, incentivándolos a tener una participación proactiva durante el desarrollo de las clases, complementando con la experiencia profesional de cada uno los contenidos del diseño curricular. 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 144 horas docentes y que finalizó el 28 de febrero de 2014, es lograr que el alumno sea capaz de aplicar la metodología y herramientas de gestión para la adecua-

da preparación, formulación, evaluación y presentación de proyectos de inversión en defensa, acordes a las necesidades del Ejército, en conformidad a lo establecido en el D.S. N° 134 del Ministerio de Defensa Nacional, contribuyendo de esta forma, a mejorar la administración institucional de proyectos ante este organismo ministerial, lo que les permitirá, como futuro especialista primario, brindar asesoría al mando con mayor eficiencia y eficacia.



## ACAPOMIL inicia Curso Técnico de Nivel Superior “Supervisor Administrativo de Mantenimiento”.



on fecha 13 de febrero, la Academia Politécnica Militar, dio inicio al curso técnico de nivel superior “Supervisor Administrativo de Mantenimiento” para 19 integrantes del cuadro permanente de la Institución.

El objetivo de este curso es capacitar a dicho personal para asesorar al jefe técnico de mantenimiento de las brigadas acorazadas y/o RLEs, en la programación y gestión del mantenimiento, en labores administrativas, en





el control de los procesos de mantenimiento y en la gestión de recursos humanos y materiales en los niveles conservativo, programado y preventivo. Su duración es 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”.

En la ocasión, los alumnos fueron recibidos por el Director Subrogante, Teniente Coronel Rafael Mesa Feres, quien los motivó a aprovechar estas instancias de perfeccionamiento y capacitación con estudio y esfuerzo para que puedan, a futuro, entregar sus conocimientos profesionales en beneficio de la Institución.

## Alumnos de la Academia Politécnica realizan período de capacitación en FAMA E.



reinta alumnos del III CRIM participaron de una pasantía en los talleres de máquinas y herramientas de las Fábricas y Maestranzas del Ejército (FAMA E), con el propósito de complementar y profundizar sus conocimientos en los distintos procesos de producción.

El período de especialización, que además lo integraron 1 oficial de la Fuerza Aérea, 1 oficial de Carabineros y 2 oficiales de la Policía de Investigaciones, se desarrolló entre el 18 y el 26 de febrero del presente año.

Durante el programa los alumnos, además de realizar el período práctico en los talleres, visitaron el Centro de Laboratorios de Electrónica y Optrónica de FAMA E, el cual se posiciona como el más moderno de Sudamérica al contar con la última tecnología en electrónica, comunicaciones y transferencia de datos computacionales, y que además tiene la particularidad de operar en una infraestructura vanguardista para monitorear los procesos de calidad vinculados a los estudios de las áreas mencionadas.

Para el oficial de la Fuerza Aérea, STE. Luis Ulloa H., “experimentar en los mismos

talleres y ser testigo de toda la cadena de procedimientos involucrados en los talleres de máquinas y de herramientas, fue una experiencia docente muy enriquecedora”.





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

**L**os alumnos del III CREM de la Academia de Guerra (ACAGUE) concluyeron exitosamente el Diplomado en “Gestión y Administración de Recursos y Proyectos de Defensa” 2014, el que fue impartido en la Academia Politécnica Militar (ACAPOMIL) por profesores especialistas.

El objetivo de este diplomado fue brindar a los 40 oficiales del Ejército de Chile, 01 de la FACH, 1 de la Armada y 5 oficiales de ejércitos extranjeros, las herramientas para la preparación, formulación, evaluación y presentación de proyectos de inversión en defensa, a través de un programa de duración de 144 horas pedagógicas.

Las clases que comenzaron el 6 de febrero, incluyeron materias tales como “Marco Legal y Financiero de Adquisiciones del Ejército” e “Ingeniería de Requerimientos y Herramientas de Gestión de Proyectos”, entre otras áreas fundamentales para desempeñarse en un proyecto de inversión.

La ceremonia de clausura se realizó el 7 de marzo en el auditorium de la ACAPOMIL y

fue presidida por el Director de la Academia de Guerra, CRL. Esteban Guarda Barros, y además participaron el Jefe de Estado Mayor de la DIVESC, CRL. René Bonhomme Soto, el Director de la ACAPOMIL, CRL. Eduardo Estrada Romero, el Agregado de Defensa y Naval de Argentina en Chile, Capitán de Navío Fabián Gerardo D’Angelo, profesores del programa e invitados especiales.

En esta oportunidad, el premio al mejor rendimiento académico recayó en el Mayor Jaime Castro Valdivieso, y se distinguió al Mayor David Mora Meynet, con el premio Diplomado de Proyectos, por su participación en clases.

Por último, cabe señalar, la participación del Teniente Coronel del Ejército de Argentina, Gastón Salituri, quien fue despedido por el Director de la ACAGUE, en una ceremonia interna donde participaron el Subdirector de la ACAPOMIL, TCL. Rafael Mesa Feres y los oficiales del CREM integrantes de su grupo de estudio. En la ocasión, le desearon un feliz retorno a su patria y recalcaron la importancia de lo aprendido en el Diplomado para las labores que el oficial trasandino desempeña en el área de proyectos en el Ministerio de Defensa de su país.





## ACAPOMIL conmemora su 88° Aniversario.

**E**n una solemne ceremonia efectuada el 19 de marzo, la Academia Politécnica Militar conmemoró octogésimo octavo (88°) aniversario de su creación, acto que fue presidido por el Comandante en Jefe del Ejército, General de Ejército Humberto Oviedo Arriagada.

A la actividad además asistieron el Comandante del CEDOC, GDD. Alberto González Martín; el Comandante General del Personal y de Industria Militar e Ingeniería, GDD. Guido Montini Gómez; el Alcalde de la Comuna de La Reina, Raúl Donckaster Fernández, Oficiales Generales, autoridades académicas de organismos públicos y privados, Agregados Militares de las Embajadas de países amigos, Oficiales Superiores, Jefes y Subalternos e invitados especiales.

En su saludo de aniversario, el Director de la ACAPOMIL, CRL. Eduardo Estrada Romero, junto con agradecer la presencia de las autoridades civiles y militares, efectuó una reseña histórica de las múltiples actividades que ha realizado esta Academia, como también, recordó los aspectos más importantes del 2013, resaltando que “se dio cumplimiento a un importante hito: el egreso de 34 Ingenieros Politécnicos Militares, la primera promoción formada bajo la nueva malla curricular, totalizando 1.256 alumnos egresados de nuestras aulas”.

Con respecto al compromiso y proyección futura de la ACAPOMIL, el CRL. Estrada, señaló que “nuestra Academia perfecciona anualmente los planes de estudio, los contenidos curriculares, los sistemas de enseñanza

y aprendizaje basados en competencias, con la finalidad que nuestros futuros Ingenieros Politécnicos Militares, sean capaces de manejar las bases conceptuales en las nueve menciones que impartimos”.

Además, instó a los integrantes de este Instituto a “renovar los votos para que en el cumplimiento de sus distintas tareas y labores, les asista la eficiencia y entrega profesional y que en sus mentes y corazones cobijen un sentimiento de afecto y respeto a esta Academia”.

En la ceremonia se efectuó la entrega de premios al personal destacado del Instituto. Así, por su sobresaliente desempeño profesional, el siguiente personal fue merecedor de un estímulo:



- Mejor Oficial Jefe: MAY. Dino Passalacqua Masafiero.
- Mejor Oficial Subalterno: CAP. Mary Ann Lepin Rueda.
- Mejor Suboficial: SG1. Gerardo Yáñez Sepúlveda.
- Mejor Clase: CB1. Juan Espinoza Rojas.
- Mejor Profesor Pregrado: PC. (Brigadier)



- Víctor Aguilera Acevedo.
- Mejor Profesor de Posgrado: PC. CRL. Sergio Quijada Figueroa.
  - Mejor Profesor Administrativo: PC. Roxana Muñoz Oñate.
  - Mejor Empleado Civil: PAC. Ana Alicia Santander Morales.

Por último, en este contexto, se entregó la condecoración Estrella Militar de las Fuerzas Armadas en el grado de “Gran Estrella al Mérito Militar”, por 30 años de servicio al Director de la ACAPOMIL, CRL. Eduardo

Estrada Romero, impuesta por el CJE, GDE. Humberto Oviedo Arriagada.



## ACAPOMIL presente en FIDAE 2014.



on el propósito de dar a conocer la labor docente, la oferta académica y los desarrollos en áreas de tecnología militar, la Academia Politécnica Militar está presente en una nueva versión de la Feria Internacional del Aire y del Espacio 2014, que este año se desarrolla desde el 25 al 30 de marzo, y que cuenta con la participación 562 expositores.

El stand de la ACAPOMIL fue visitado por el CJE, General de Ejército Humberto Oviedo Arriagada, acompañado por el Comandante de Industrias Militares, General de División Guido Montini Gómez y el Director de Fábricas y Maestranzas del Ejército, General de Brigada Mauricio Heine Guerra, quienes interactuaron con el Jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo del Instituto, Mayor Alejandro Gómez Abutridy sobre algunos proyectos de investigación que desarrolla actualmente la Academia.

La FIDAE, cuya primera versión se realizó en el año 1980, es la exposición más importante de su tipo en Latinoamérica y quinta a nivel mundial.





## Clase inaugural del año lectivo en la ACAPOMIL.



Con el propósito de dar inicio al año académico, la Academia Politécnica Militar (ACAPOMIL) realizó el 28 de marzo la clase inaugural denominada: “El sector eléctrico en Chile, evolución y desafíos”, dictada por el Sr. Juan Contreras Sepúlveda, Ingeniero Civil Eléctrico de la Universidad de Chile.

Durante esta conferencia, que contó con la presencia de autoridades del mundo académico y militar, como asimismo alumnos de los cursos regulares de Ingenieros Politécnicos Militares, el Sr. Contreras se refirió principalmente a la evolución y desafíos del sector eléctrico de nuestro país.

Para ello, comenzó haciendo una referencia histórica respecto al desarrollo que ha tenido esta temática desde 1999, destacando el proceso que ha tenido la matriz eléctrica de generación, mediante el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y el Sistema Interconectado Central (SIC), considerando sus segmentos de generación, transmisión y distribución.

Teniendo presente estas variables, el conferencista manifestó que es importante aclarar, para entender el futuro en esta materia a nivel nacional, que no existirían mayores dificultades respecto a la evolución del SING, ya que sería capaz de satisfacer las necesidades de suministro, considerando que se van a realizar nuevos proyectos de

centrales de energía solar y eólica que podrán en el presente y en un futuro cercano tener un suministro equilibrado en la zona norte del país.

Sin embargo, el SIC tendría una serie de dificultades al considerar que el factor sequía es y será un aspecto relevante en el desarrollo de este, y por ello la importancia de formular políticas públicas favorables al correcto devenir de este sistema.

Para finalizar, los presentes realizaron una ronda de preguntas donde se pudo hacer un intercambio de ideas y experiencias sobre esta temática.

Al término de la actividad, el Director de la ACAPOMIL le hizo entrega de un presente recordatorio en agradecimiento a su participación en esta importante actividad académica, la que es relevante para el futuro desarrollo del país.





## ACAPOMIL da inicio de clases con la Universidad de Cranfield en el contexto del Magíster en Ciencias de la Ingeniería mención “Sistemas de Armas y Vehículos Militares”.



El Ejército de Chile, a través de la Academia Politécnica Militar, se encuentra desarrollando el primer programa del segundo ciclo del Magíster en Ciencias de la Ingeniería con mención en Sistemas de Armas (SAs) y Vehículos Militares.

El objetivo del magíster es entregar conocimientos relacionados con tecnologías incorporadas en los sistemas de armas y vehículos militares, en el diseño de soluciones tecnológicas a nivel sistema que dicen relación con vehículos de combate, armas, municiones, propelentes, explosivos y en la integración tecnológica relacionada con sistemas de armas y vehículos militares, así como en la modernización de SAs en operación bajo el concepto de ciclo de vida. Además, asesorar al mando en la toma de decisiones tendientes a la adquisición, incorporación, despliegue, operación y actualización de tecnologías asociadas a sistemas de armas y vehículos militares.

Motivo de lo anterior, el lunes 31 de marzo se dio inicio al ciclo de clases desarrolladas en la

Academia, por profesores de la Universidad de Cranfield, considerando las asignaturas de Dinámica y Control e Integración de Sistemas. Posteriormente a esto, durante el mes de mayo se dio inicio a una pasantía de los alumnos en Inglaterra, donde desarrollaron la asignatura de Armas Guiadas, aprovechando la oportunidad de llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en aula mediante la utilización de los diferentes laboratorios con que cuenta la universidad antes mencionada. Esta actividad además se verá complementada, con visitas a diferentes empresas relacionadas con el rubro de la defensa en el Reino Unido.



## Jefe del Departamento II “Operaciones de Paz” del Estado Mayor Conjunto 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 25 de abril en el salón auditorium de la ACAPOMIL, el Capitán de Navío Enrique Marín Palma, Jefe del Departamento II “Operaciones



de Paz” del Estado Mayor Conjunto, dictó una charla profesional denominada “Misiones y tareas del accionar de las Fuerzas Armadas de Chile en Haití”, mediante la cual se dieron a conocer las diferentes actividades que se están realizando en ese país, como asimismo narrar las experiencias y lecciones aprendidas de esta misión.

En el contexto de lo expuesto, hizo una breve síntesis del rol del Estado Mayor Conjunto (EMCO), desde su creación en 2010 conforme a la ley N° 20.424, para suceder al Estado Mayor de la Defensa Nacional, estableciendo que se definió como el organismo de trabajo y asesoría permanente del Ministro de Defensa Nacional, en todas aquellas materias que tienen relación con la preparación y el empleo conjunto de las Fuerzas Armadas.

Asimismo, que en esa calidad, le corresponde ejercer el “Mando Militar” de las fuerzas terrestres, navales, aéreas y conjuntas asignadas a las operaciones, en conformidad a la planificación estratégica de la defensa

nacional, como también, ejercer el mando de las tropas y medios nacionales que participen en misiones de paz, constituyéndose como la Autoridad Militar Nacional para tales efectos.

Finalmente, el Director Subrogante de la ACAPOMIL agradeció al Jefe del Departamento II del EMCO, la excelente exposición sobre la materia, la que sin duda sirvió para entregar un conocimiento más acabado y detallado de las distintas actividades que está realizando el país en el extranjero, por intermedio de sus Fuerzas Armadas.



## ACAPOMIL da la bienvenida a Oficial Extranjero como Profesor Invitado.

En el marco de los acuerdos bilaterales entre el Ejército de Chile y Argentina, el 12 de mayo fue presentado oficialmente en la Academia Politécnica Militar, el Teniente Coronel (IPM) Gabriel Félix María Arriaga, perteneciente al Arma de Comunicaciones, quien se desempeñará como profesor invitado hasta el mes de diciembre de 2014. El oficial es Ingeniero Militar Mecánico, con mención en Mantenimiento, habiendo cursado en la Escuela Superior Técnica entre 1996 a 1999.





Entre las destinaciones más importantes de su carrera militar destacan las siguientes:

- Batallón de Comunicaciones 181.
- Escuela de Suboficiales “Sargento Cabral”.
- Base de Apoyo Logístico “Salta”.
- Batallón de Comunicaciones 141.
- Dirección General del Material.

- Subdirector de la Fábrica Militar “Fray Luis Beltrán”.

El TCL. Arriaga cumplirá funciones en el ámbito de la docencia e investigaciones, encuadrado en el Departamento de Posgrado y Extensión.

## Charla de Estrategia Nacional de Seguridad y Defensa.



Con fecha 16 de mayo de 2014 y dando continuidad al proceso de desarrollo profesional y de formación Académica de los futuros oficiales Ingenieros Politécnicos del Ejército de Chile, el CRL. (EM) José Joaquín Pérez Manríquez, del Depto. de Posgrado y Extensión de la ACAPOMIL, dictó una charla profesional denominada “Estrategia Nacional de Seguridad y Defensa”, mediante la cual se dio a conocer a los CRIMs, la significación que tiene para el Estado de Chile, el contar con un documento que permita entregar claras orientaciones políticas, para “establecer las capacidades estratégicas”, que deben dar origen al desarrollo de la fuerza militar.

En el contexto de lo expuesto, hizo una breve reseña histórica de la Defensa Nacional en Chile a través de los libros de la defensa posteriormente se refirió a los ámbitos que abarca y a los propósitos que persigue, y se refirió finalmente, a los objetivos de la estrategia y a la conformación de los medios, de acuerdo a los planes de desarrollo de las fuerzas.

El Director de la ACAPOMIL agradeció al CRL. Pérez la exposición sobre la materia, la que sin duda sirvió para entregar un conocimiento más acabado y detallado a los alumnos en su proceso de formación, acotando la importancia que ellos tienen como futuros integrantes de la Institución en el ámbito de la ingeniería militar, por la responsabilidad que les cabe en el sostenimiento de la fuerza terrestre en su integralidad.





## Aniversario de Material de Guerra.



Con motivo de celebrarse un nuevo aniversario del Servicio de Material de Guerra, el 23 de mayo el alumno del I CRIM, CAP. Juan Beyer Peña, desarrolló una charla alusiva a la especialidad en el salón auditorium del Instituto.

En la oportunidad, se refirió a las importantes tareas y los nuevos desafíos que tiene el servicio en cuanto a mantener la confiabilidad y la disponibilidad operacional del material, para la preparación de la Fuerza Terrestre.



## Aniversario de la República de Argentina.



Con motivo de conmemorarse el 25 de mayo, 204 años de la independencia de la República Argentina, el profesor invitado del Ejército Argentino, Teniente Coronel (IPM) Gabriel Félix María Arriaga, realizó una exposición mediante la cual ilustró a los profesores y alumnos de los diferentes CRIM, los acontecimientos históricos que fundamentaron la gesta independentista del país.

Al respecto, se explayó en términos generales del marco mundial a principios del siglo XIX, lo que motivó los acontecimientos de la "Gesta de Mayo" y el significado específico del 25 de mayo, como también de los hitos fraternales entre Chile y Argentina, los hechos históricos de 1982 en Malvinas, y finalmente sobre el desarrollo científico tecnológico nacional, como pilar de soberanía.

Finalmente, el Director de la Academia Politécnica Militar, Coronel Eduardo Estrada Romero, agradeció al Teniente Coronel Arriaga la presentación realizada, la que permitió conocer diferentes aspectos históricos que marcaron la libertad de la Argentina, y que permitieron posteriormente la independencia de nuestro país y del contexto sudamericano.





## Aniversario de la Armada de Chile.



Con motivo de conmemorarse un nuevo aniversario del Combate Naval de Iquique y las Glorias Navales, el día 30 de mayo el alumno del IV CRIM, Teniente 2°. Hugo Fuentealba Quiroz, oficial de la Armada de Chile, desarrolló una charla en el salón auditorium del Instituto.

En la oportunidad, el citado oficial resaltó 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, debido, entre otros aspectos, a que más del 90% de las exportaciones son realizadas vía marítima, por lo que se hace imprescindible que la Institución vele por la seguridad de la navegación, así como el ejercer la soberanía sobre nuestro mar.

Finalmente, dio a conocer la organización operativa, el despliegue geográfico y los recursos humanos y técnicos con que cuenta la Armada de Chile.



## Aniversario del Servicio de Transporte.



Al celebrarse un nuevo aniversario del Servicio de Transporte, el alumno del I CRIM, CAP. Rodrigo Elgueta Fuentes, desarrolló el día 30 de mayo una charla alusiva a la especialidad en el salón auditorium del Instituto.

En este contexto, el expositor destacó la celebración del 29 de mayo, fecha en que se conmemoraron 108 años del Servicio de Transporte del Ejército. Principalmente, el expositor se remontó a la creación de este





servicio en la Guerra del Pacífico, donde se encuentran los primeros antecedentes de una organización militar dedicada a materializar el apoyo de transporte a las tropas, representada por el conductor general de equipaje, encargado entonces del traslado de los bastimentos.

En la actualidad, el servicio de transporte presenta una organización moderna y flexible, con una misión clara y precisa, que es la de materializar la función logística del transporte institucional, tanto en tiempo de paz como en situaciones de emergencia y/o conflicto.

## Charlas “El Ejército de los Estados Unidos en la asistencia a desastres naturales” y “La importancia del liderazgo.



on fecha 13 de junio de 2014, y dando continuidad al proceso de desarrollo profesional y de formación académica de los futuros oficiales Ingenieros Politécnicos Militares, fue presentado el TCL. Humberto Boppell del Ejército de los EE.UU. de América, oficial que se encuentra en comisión de servicio en la DIVDOC, quién dictó una charla profesional denominada “El Ejército de los Estados Unidos en la asistencia a desastres naturales”, mediante la cual ilustró y dio a conocer a los CRIM, la organización y las principales misiones que desarrolla el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de su país, en este tipo de catástrofes.

En el contexto de lo expuesto, hizo una síntesis pormenorizada de esta participación en el huracán “Katrina”, describiendo la magnitud de los daños que ocasionó y de las diferentes actividades que hubo que generar para mitigar los efectos destructivos que tuvo sobre la población civil de Nueva Orleans y otras ciudades de la costa del Golfo de México.

La siguiente charla la llevó a cabo el CRL. Enrique Gloffka Reyes, quien desarrolló el





tema “La importancia del liderazgo”, la cual hizo referencia a las principales virtudes que debe tener todo comandante en el proceso de conducción del personal de su unidad, haciendo énfasis en la actitud y capacidad para cumplir con las misiones asignadas y la relevancia de contar con procesos de revisión de “Lecciones Aprendidas”.

Finalmente, el Director de la ACAPOMIL agradeció al TCL. Boppell y al CRL. (R)

## Charla “Misión, funciones y principales actividades desarrolladas por el CEOTAC”.



Con fecha 20 de junio de 2014 y dando continuidad al proceso de desarrollo profesional y de formación académica de los futuros oficiales Ingenieros Politécnicos Militares, el TCL. Sergio Sagredo Alvarado, Jefe del CEOTAC, dictó una charla profesional denominada “Misión, funciones y principales actividades que desarrolla el CEOTAC”, dando a conocer a los CRIM, en forma amplia y detallada las actividades que realiza, como parte del proceso de formación de los futuros comandantes y asesores primarios de la Institución, para la toma de decisiones.

En el contexto de lo anterior, realizó una pormenorizada síntesis de su génesis como proyecto, y posteriormente del desarrollo que ha tenido a lo largo de sus 23 años de existencia como organismo técnico especializado, dependiente de la Academia de Guerra del Ejército.

Finalmente, el Director de la ACAPOMIL agradeció al TCL. Sagredo la exposición

Gloffka, las exposiciones realizadas, las que sin duda permitieron ilustrar y entregar un conocimiento más acabado y detallado a los alumnos en su proceso de formación profesional, acotando la importancia que tiene el conocer las actividades militares en ejércitos de otras latitudes, como asimismo la condición de liderazgo que debe poseer todo militar, como responsable de sus actos en la profesión.

realizada, la que sin duda permitió ilustrar y entregar un conocimiento más acabado y detallado a los alumnos del rol que cumple en el proceso de formación profesional de los CREM y V CRIM, acotando la importancia que tiene el conocer integralmente las actividades desarrolladas en beneficio de la Institución y los aportes posteriores que pueden realizar a la optimización de este sistema, como futuros Ingenieros Politécnicos del Ejército.





## ACAPOMIL realiza charla profesional “El Ejército de Tierra de España, en operaciones bélicas en Afganistán”.



Con fecha 27 de junio de 2014 y dando continuidad al proceso de desarrollo profesional y de formación académica de los futuros oficiales Ingenieros Politécnicos Militares, el TCL. Antonio Matas Balibrea del Ejército de Tierra de España, oficial que se encuentra en comisión de servicio en la DIVDOC, dictó una charla profesional denominada “El Ejército de Tierra de España, en operaciones bélicas en Afganistán”, mediante la cual ilustró y dio a conocer a los CRIM, la organización, experiencias y lecciones aprendidas, como también parte de las principales misiones que desarrolló en este país, al ser parte integrante de las Fuerzas de la Operación ISAF-OTAN.

En el contexto de lo expuesto, hizo una síntesis pormenorizada del sector donde se empleó la fuerza Española en Afganistán (Provincia de Badghis) desde 2002 a la fecha, como asimismo de la organización del Destacamento de Infantería en esta misión, describiendo las capacidades militares que hubo que implementar para

enfrentar un conflicto asimétrico, fundamentalmente en los aspectos de empleo de tecnología militar y sus modificaciones y/o adaptaciones.

El Director de la ACAPOMIL agradeció al TCL. Matas la exposición realizada, la que sin duda permitió ilustrar y entregar un conocimiento más acabado y detallado a los alumnos en su proceso de formación profesional, acotando la importancia que tiene el conocer las actividades que desarrollan otros ejércitos.



## ACAPOMIL inició diplomado en Administración de Proyectos de Defensa.



Con fecha 1 de julio de 2014, el Director de Proyectos e Investigación del Ejército, GDB. René Palavecino Ponce, inauguró en la ACAPOMIL, el Diplomado en

“Administración de Proyectos de Defensa”, el que será impartido a partir de esta fecha y hasta el 28.NOV.2014, los días martes y jueves en modalidad vespertina, dirigido a 13 oficiales de Ejército, 1 oficial de la



Armada y 1 oficial de la Fuerza Aérea de Chile, como asimismo a 2 empleados civiles de la Institución.

El diplomado tiene un programa curricular de 144 horas docentes, y su objetivo fundamental es que al término del curso el alumno será capaz de utilizar la metodología ministerial e institucional y herramientas de control de proyectos, para el adecuado seguimiento, administración y control de los sistemas de armas, comunicaciones y mando y control que se incorporan a través de proyectos de inversiones en defensa, acordes a las necesidades institucionales y de conformidad a lo establecido por el Ejército para las actividades de licitación y adjudicación y posterior administración del sistema de armas, durante todo su ciclo de vida.

Finalmente, el Director de DIPRIDE felicitó a cada uno de los participantes y los instó a poner lo mejor de su parte para finalizar este curso con éxito, toda vez que la Institución requiere de una masa crítica capaz de administrar el proceso de desarrollo de capacidades militares y el ciclo de vida de los sistemas de armas, comunicaciones y mando y control.



## ACAPOMIL realiza charla titulada “La mediterraneidad de Bolivia a través de su historia”.

**E**n conformidad al ciclo de charlas impartidas por la ACAPOMIL, a través de su Departamento de Posgrado y Extensión, el día 4 de julio se realizó una conferencia titulada “La mediterraneidad de Bolivia a través de su historia”, dictada por el General de Brigada Fernando Hormazábal Díaz, quien se desempeña como Comandante del Regimiento Tradicional de Ingenieros “Lumaco”.

En la oportunidad, el General Hormazábal efectuó una reseña histórica sobre las causas e inicios de la Guerra del Pacífico y sus consecuencias posteriores, indicando su incidencia en las relaciones entre Chile y Bolivia. Además, el expositor aprovechó



la oportunidad para hacer una breve y clara explicación de la situación geográfica en Sudamérica durante la colonización española.



En la actividad se abordaron temas relacionados con el futuro de las relaciones diplomáticas entre Chile y Bolivia, especialmente con motivo de la demanda internacional que hiciera este último país contra Chile en la Corte Internacional de La Haya.

Este tipo de charlas tiene vital importancia para los futuros Ingenieros Politécnicos Militares, ya que les permite conocer en mayor profundidad la situación histórica actual y futura de temas tan sensibles como las relaciones diplomáticas con países vecinos.



## Diplomado en “Gestión de Instalaciones de Salud de las Fuerzas Armadas”.

Con fecha 2 de agosto del presente año, se dio inicio en la ACAPOMIL al Diplomado en “Gestión de Instalaciones de Salud de las Fuerzas Armadas”, el cual fue inaugurado por el Comandante de Salud del Ejército, General de Brigada Óscar Bustos Carrasco.

El programa tiene como objetivo desarrollar competencias que puedan ser aplicadas en la gestión de instalaciones de salud, en el desempeño de funciones en cargos directivos y ejecutivos de alto nivel en instalaciones de las fuerzas armadas. El diplomado tendrá una duración de 146 horas y contará con la presencia de oficiales del Ejército de Chile, Fuerza Aérea de Chile, Carabineros de Chile y personal civil.

El diplomado, entre otras áreas de conocimiento, considera desarrollar materias tales como: procesos de gestión del área de salud, recursos de salud y epidemiología.

Este tipo de programas son de vital importancia para los profesionales que se desempeñan en el área de salud tanto en el Ejército de Chile como en otras instituciones de las Fuerzas Armadas, pues permiten conocer en mayor profundidad nuevas herramientas de gestión que les permitan desarrollar sus funciones con mayor eficiencia en diferentes ámbitos de la salud.





## ACAPOMIL da inicio a curso de “Formulación de requerimientos” para alumnos de la ACAGUE”.

Desde el 5 de agosto del presente año, la ACAPOMIL desarrolla el curso de “Formulación de requerimientos”, el cual está dirigido a alumnos del II CREM de la Academia de Guerra.

El curso tiene como objetivo desarrollar competencias desde el punto de vista del conocimiento para recopilar, analizar y verificar las necesidades de la Institución en capacidad militar, correspondientes al área de adquisiciones, considerando las técnicas, metodologías, normas para su implementación y la especificación de los requerimientos operacionales y técnicos para los diferentes

sistemas de armas. Dentro de los tópicos más importantes considerados dentro del curso se consideraron los siguientes: conocimientos de los principios generales y del proceso de ingeniería de sistemas, formulación de requerimientos técnicos, protocolos de recepción y control de calidad.

Este tipo de actividades permite unificar conocimientos y criterios en temas relacionados con la formulación de requerimientos, especialmente considerando la importancia de este tema para la Institución, específicamente en lo referido al proceso de incorporación de la capacidad militar.



## Charla “Misión, objetivo y funciones de la Dirección General de Movilización Nacional”.

Con fecha 22 de agosto del presente año, el Capitán de Navío Jorge Montaner Vargas dictó en la ACAPOMIL, la charla “Misión, objetivo y funciones de la Dirección General de

Movilización Nacional”, la que tuvo como objetivo dar a conocer la misión, orgánica y marco legal a través del cual la Dirección General de Movilización Nacional desarrolla sus tareas a lo largo de Chile. Además, el expositor aprovechó



la oportunidad para exponer las diferentes tareas que desarrolla ese organismo y que tienen estrecha relación con la seguridad nacional.

Este tipo de charlas es de gran importancia para el proceso de formación de los Ingenieros Politécnicos Militares, pues les permiten conocer en mayor profundidad la importante labor que realizan instituciones de la defensa y su aporte a la seguridad nacional.



## Comandante de la DIVLOG realiza conferencia en la ACAPOMIL.



Con fecha 29 de agosto de 2014, el Comandante de la DIVLOG, General de Brigada Claudio Cubillos Larenas, dictó una conferencia profesional denominada “Sistema logístico institucional y sus procesos”, mediante la cual expuso a los alumnos, la misión, organización, responsabilidades y funcionamiento de la División Logística en el contexto de la Institución.

En este sentido dio a conocer los fundamentos de su creación, mediante el Proyecto de Estructura Funcional de la Logística a nivel Ejército, que creó el Comando de Apoyo a la Fuerza (CAF), cambiando la denominación del Comando de Apoyo Logístico del Ejército al de División Logística (DIVLOG) en el año 2005.

Asimismo, explicó que el organismo bajo su mando tiene por misión: planificar, coordinar, supervisar y controlar la subfunción de abastecimiento logístico, como también el desarrollo de las actividades generales de producción agrícola y/o ganado fiscal, investigación científica antártica, la promoción y protección del medioambiente de las instalaciones y predios institucionales y la prevención de riesgos en

el Ejército, con la finalidad de colaborar al sostenimiento de la fuerza terrestre.

Finalmente, el Director de la ACAPOMIL agradeció al Comandante de la DIVLOG, el aporte realizado a los alumnos del Instituto con esta conferencia, ya que permitió la actualización del conocimiento de los procesos logísticos de la fuerza terrestre, con centro de gravedad en el abastecimiento y el transporte, enriqueciendo de esa manera el proceso de formación profesional y dejando de manifiesto, que el aporte que puede hacer la Ingeniería Politécnica Militar en este ámbito es fundamental para el desarrollo y sostenimiento de la Institución.





## Jefe de la Gerencia de FAMAE realiza conferencia en la ACAPOMIL.



Con fecha 5 de septiembre de 2014, el Jefe de Ingeniería de la Gerencia de Investigación, Innovación y Desarrollo de FAMAE, ingeniero civil Sr. Néstor García Carvajal, dictó una conferencia alusiva al proyecto “Modificación del sistema de mando y control de fuego de los computadores de tiro del tanque LEOPARD 2A4”, mediante la cual dio a conocer a los alumnos el proceso generado para desarrollar, integrar y entregar un nuevo producto a la Institución, destinado a aumentar las capacidades de este material blindado.

En este contexto, explicó que el trabajo desarrollado tuvo como propósito diseñar una nueva tabla de tiro que pueda ser incorporada al sistema de control de fuego del LEOPARD 2A4, sin afectar su electrónica interna y otorgando una solución de fuego (alza), que garantice un disparo efectivo sobre el objetivo, puntualizando que desde el punto de vista del proyecto, constituyó una significativa fuente de conocimiento, tanto para proyectos similares

como relacionados con la obsolescencia de los subsistemas LEOPARD.

El Director Subrogante de la ACAPOMIL agradeció al Sr. García el aporte realizado a los alumnos del Instituto, ya que permitió ilustrarlos y actualizarlos de los procesos de desarrollo e innovación de FAMAE orientados a la Fuerza Terrestre, por cuanto desde el punto de vista del cliente Ejército, permite abordar nuevos proyectos desafiantes tecnológicamente, los que son trascendentes para la Institución.



## Jefe de la Jefatura de Administración del Patrimonio de Afectación Fiscal realiza conferencia en la ACAPOMIL.



Con fecha 12 de septiembre de 2014, el Jefe de la Jefatura de Administración del Patrimonio de Afectación Fiscal, Coronel Sergio Rosales Guerrero, dictó una conferencia alusiva al tema “Impacto de la tecnología militar en la primera guerra mundial”, mediante la cual dio a conocer a los alumnos la aplicación bélica de

los avances científico - técnicos de la civilización europea del siglo XIX y el uso de la producción industrial en masa, hicieron que sus efectos fuesen letales para millones de personas.

En este contexto explicó ingenios físicos y tecnológicos, tales como el tanque, periscopio, trincheras, lanzallamas, zepelines,



aviones, ametralladoras, obuses, morteros, ambulancias de campaña, guerra química, telecomunicaciones, torpedos, máquinas de cifrado y cargas de profundidad, entre muchos otros, fueron los llamados a modificar para siempre el curso de los acontecimientos en la guerra, desde ese momento y hacia el futuro.

Al término de la charla, el Director Subrogante de la ACAPOMIL agradeció al Coronel Rosales el aporte realizado a los alumnos del Instituto, ya que permitió ilustrarlos y actualizarlos sobre el impacto que produjo la tecnología militar en la primera guerra mundial.



## Profesor invitado realiza charla profesional en la ACAPOMIL.



Con fecha 27 de septiembre de 2014, el profesor invitado del Ejército Argentino, T.C.L. (IPM) Gabriel Arriaga, realizó una exposición respecto al tema “Ciencia, tecnología e innovación productiva del Estado nacional Argentino”, dando énfasis a aspectos de seguridad y defensa.

En este marco dio a conocer las actividades recientes y actuales de las principales instituciones y organismos públicos en el ámbito aeroespacial, nuclear y de defensa. Entre los temas abordados detalló principalmente el proyecto “Tronador II”, liderado por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), el “Sistema Geoestacionario Argentino de Telecomunicaciones”, a cargo de la empresa estatal “Argentina Satelital” (ARSAT), además, ilustró sobre el primer tomógrafo con emisión de positrones desarrollado íntegramente en el país por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la Universidad Tecnológica





Nacional, y finalmente se refirió al Proyecto “Hornero”, que consiste en la conversión del sistema eléctrico y cambio del turbo motor del helicóptero Bell UH-1H, bajo responsabilidad de la Aviación de Ejército, único centro regional autorizado por la casa matriz de los EE.UU. de América.

Finalmente, el Director Subrogante de la ACAPOMIL agradeció al TCL. Arriaga el aporte realizado a los alumnos del Instituto, ya que permitió ilustrarlos respecto a los principales desarrollos tecnológicos y de innovación que está realizando la República Argentina y que son relevantes en el marco del contexto de los países de la región.

## Pasantía del IV CRIM a Europa.



En el marco de la pasantía a Europa, los alumnos del IV CRIM de la Academia Politécnica Militar visitaron Francia, España e Italia entre el 12 y 28 de septiembre, y como una forma de acrecentar el bagaje cultural-profesional se realizaron visitas a las más modernas e innovadoras industrias del ámbito de la defensa, como lo son: Thales, Rheinmetall e Indra, con el firme propósito de intercambiar conocimientos y experiencias de las tecnologías allí desarrolladas.

En este contexto se visitó la empresa francesa Thales, donde la delegación pudo interiorizarse de tecnologías de simulación mecánica que utilizan volúmenes y elementos finitos, a través del programa ANSYS, luego se puso en evidencia cómo la evolución de la tecnología ha impactado en el desarrollo del avión de combate Euro Fighter, finalizando la visita con una muestra estática de tecnologías de visión nocturna.

En Italia, la delegación concurrió a instalaciones de la histórica fábrica Rheinmetall, donde fue posible adentrarse en el mundo de la defensa antiaérea, conjuntamente con imbuirse del modelo de negocio que desarrolla esta empresa, su organización con presencia en varios países (Alemania, España e Italia) y de las tecnologías desarrolladas en el núcleo Italia.

Al término de la pasantía, el IV CRIM se trasladó a Madrid, España, donde visitó la empresa Indra, considerada como la multinacional N°1 en tecnologías en ese país. Aquí se pudo conocer proyectos tanto para el ámbito civil como de defensa y también presenciar *in situ* la fabricación de las contra medidas electrónicas del avión de combate Euro Fighter, observando las líneas de producción, control de calidad y de pruebas para cada componente electrónico.





## ACAPOMIL inicia curso para postulantes a la Academia.



El 1 de octubre, la Academia Politécnica Militar dio inicio al curso presencial denominado "Preparación para postulantes", dirigido a oficiales de la Institución.

Al inicio de la actividad, el Director de la ACAPOMIL, Coronel Eduardo Estrada Romero junto al Jefe del Departamento de Posgrado y Extensión, TCL. Andrés Baladrón Derpich, dio la bienvenida a los oficiales que se incorporan a la capacitación y se refirió a la importancia que representa para el Instituto esta instancia, invitando a los oficiales a aprovechar al máximo esta oportunidad de preparación, cuyo objetivo se encuentra orientado a que al término del curso, los alumnos logren un mejor rendimiento en el examen de selección

al Instituto y sean capaces de aplicar los conceptos, fundamentos, propiedades y teoremas de la aritmética, álgebra, geometría y trigonometría en la resolución de problemas de situaciones reales.



## ACAPOMIL inicia curso de Excel.



El 6 de octubre del presente, la Academia Politécnica Militar, dio inicio al curso denominado "Herramientas Avanzadas de Excel", dirigido al personal de planta del Instituto.

En la oportunidad, el Director de la ACAPOMIL, Coronel Eduardo Estrada Romero, acompañado por el Jefe del Departamento de Posgrado y Extensión, TCL. Andrés Baladrón Derpich, junto con dar la bienvenida, se refirió a la importancia del manejo de este programa computacional, cuyo objetivo se encuentra orientado a que al término de la capacitación, los alumnos logren un mejor rendimiento en el manejo de las herramientas avanzadas de Microsoft Excel

para la administración de datos de diferentes categorías, de tal forma que le permitan gestionar la información, optimizando de esa manera su trabajo profesional en la Institución.





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



En fecha 7 de octubre del presente, en el auditorium de la Academia Politécnica Militar, se dio inicio a la decimoprimer versión del Diplomado en Gestión y Administración de Recursos y Proyectos de Defensa, modalidad presencial, dirigido al II año del Curso Regular de Estado Mayor de la Academia de Guerra, contando con la participación de 39 alumnos de la institución.

En la ocasión, el Director de la ACAPOMIL, Coronel Eduardo Estrada Romero, dio la bienvenida a los alumnos, incentivándolos a tener

una participación proactiva durante el desarrollo de las clases e indicando la importancia del conocimiento en el área de formulación y administración de proyectos, durante el proceso de formación de un especialista primario.

El objetivo del programa, que cuenta con 144 horas docentes y que finalizó el 30 de octubre de 2014, es lograr que el alumno sea capaz de aplicar la metodología y herramientas de gestión para la adecuada preparación, formulación, evaluación y presentación de proyectos de inversión en defensa, acordes a las necesidades del Ejército.



## Alumnos del II CREM concluyeron diplomado en la ACAPOMIL.



Con una ceremonia encabezada por el Comandante de la División Escuelas y División Educación, GDB Hernán Ramírez C., el 4 de noviembre se realizó la graduación del

Diplomado en Gestión y Administración de Recursos y Proyectos en Defensa que imparte la Academia Politécnica Militar (ACAPOMIL) a los alumnos del Segundo Curso Regular de Estado Mayor de la Academia de Guerra (ACAGUE).



Durante su alocución, el Jefe del Departamento de Posgrado y Extensión de la ACAPOMIL, TCL. Andrés Baladrón D., felicitó a los graduados por el logro obtenido. “Estamos seguros que su desempeño profesional como futuros especialistas primarios optimizará los procesos institucionales en beneficio del Ejército de Chile”, finalizó.

Durante un mes de capacitación y 144 horas pedagógicas los alumnos recibieron contenidos y herramientas fundamentales para la formulación, evaluación y presentación de proyectos de inversión en defensa.

Los alumnos destacados durante el período docente en la ACAPOMIL fueron los siguientes:

- Premio Diplomado de Proyectos: MAY. Cristian Concha Vidal.
- Premio al Mejor Rendimiento Académico: MAY. Enrique Rebolan Soler.



## ACAPOMIL realiza conferencia “Liderando en la complejidad: una experiencia al mando de un exitoso equipo de personas”.



Con fecha 7 de noviembre de 2014, el GDD Antonio Cordero Kehr, dictó una conferencia titulada “Liderando en la complejidad: una experiencia al mando de un exitoso equipo de personas”, mediante la cual ilustró y dio a conocer a los CRIMs, el proceso de cambios generado en las Fábricas y Maestranzas del Ejército (FAMAE), a partir de 2008.

Señaló que la misión de FAMAE, es contribuir a la Defensa Nacional mediante una potente

capacidad industrial y técnica, que permita satisfacer al máximo demandas del Ejército de Chile, con el mayor valor agregado, como asimismo, la provisión de las tecnologías de información requeridas para un eficiente apoyo a la fuerza.

Para cumplir ese objetivo, se creó un equipo de trabajo que debió dar solución a ciertas falencias que se habían presentado, para lo cual fue necesario rediseñar las relaciones con los clientes mediante una mejor comprensión



de sus necesidades, explotar la información que da la tecnología, ofreciendo una mayor transparencia en sus procesos, disminuir los tiempos de respuesta, ofreciendo soluciones innovadoras, desplegando un liderazgo creativo, reaccionando al statu quo como punto de partida y actuando a pesar de la incertidumbre con el propósito de romper el aislamiento, renovando las relaciones internas con los clientes, con los proveedores y asumiendo los riesgos que alteran los modelos de negocios antiguos.

Finalmente, el Director Subrogante de la ACAPOMIL agradeció al GDD Cordero el aporte realizado a los alumnos del Instituto, su experiencia en un escenario complejo, ya que permitió ilustrarlos y actualizarlos respecto de los procesos de desarrollo e innovación de FAMA E hacia la Fuerza Terrestre, por cuanto desde el punto de vista del cliente Ejército, se otorga seguridad para abordar nuevos proyectos desafiantes tecnológicamente, los que son trascendentales para la Institución.



## Reunión de trabajo con integrantes de la Comisión de Energía del Colegio de Ingenieros de Chile A.G.



El jueves 20 de noviembre del presente, en la Academia Politécnica Militar, se realizó una reunión de trabajo con integrantes de la Comisión de Energía del Colegio de Ingenieros de Chile A.G.

Por parte de la Academia participaron su Director CRL. Eduardo Estrada Romero, el PC Aguilera Acevedo, el PC Eudoro Quiñones Silva, el Jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo, MAY. Alejandro Gómez Abutridy





y el PAC. Edwin Lee Cortez, y por la Comisión de Energía del Colegio de Ingenieros estuvieron presentes los ingenieros Fernando Sierpe V., Álvaro Covarrubias O. y Gonzalo Torres O.

Como producto de esta primera reunión de trabajo se acordó estudiar la factibilidad de realizar las siguientes actividades durante el año 2015:

- Estudiar un programa de estudios en el área de “Energías Renovables no Convencionales”.
- Integrar esfuerzos para generar sinergia en algunos proyectos en marcha del Departamento de Investigación y Desarrollo

de la ACAPOMIL.



## Centro de Estudios Estratégicos de la ACAGUE realiza charla en la ACAPOMIL.



On fecha 21 de noviembre de 2014, el Jefe del Centro de Estudios Estratégicos de la Academia de Guerra (CEEAG), TCL. Pablo León Gould y su grupo de trabajo, expusieron sobre el tema “Relaciones Chile - Bolivia: implicancias para la Defensa”.

La charla se inició explicando que la misión del CEEAG, es desarrollar investigación y análisis en el ámbito de la seguridad y la defensa, brindar asesoría al alto mando y a otras instancias institucionales y aportar conocimiento a la comunidad académica nacional e internacional.

Posteriormente, y respecto al tema en particular, los expositores realizaron un extenso análisis que incluyó aspectos históricos, culturales, sociológicos, económicos y demográficos y como se relacionan con la defensa y las implicancias para ella.





Finalmente, el Subdirector de la ACAPOMIL, agradeció al Jefe del Centro de Estudios Estratégicos de la Academia de Guerra y a su grupo de trabajo por la contribución realizada

a los alumnos del Instituto, ya que con los antecedentes aportados, permiten actualizar los conocimientos respecto a situaciones actuales de las relaciones entre ambos países.

## “Feria de Memorias” de la Academia Politécnica Militar.

**L**a Academia Politécnica Militar realizó la “Feria de Memorias” la que contó con la asistencia de la totalidad de los alumnos, profesores militares y civiles, asesores pedagógicos e invitados especiales.

En esta oportunidad, el Director del Instituto, Coronel Eduardo Estrada Romero, dio inicio a la actividad académica, explicando que ella cumplía un doble objetivo, en primer lugar, permitir que los alumnos del V Curso Regular de Ingeniería Militar (CRIM) tuvieran una instancia para practicar la defensa de su memoria de pregrado. En segundo lugar, que los alumnos de los cuatro CRIM restantes y del curso Supervisor Administrativo de Mantenimiento (SAM) pudieran observar los detalles del desarrollo de una investigación: la definición del problema, los objetivos, la metodología utilizada, los resultados obtenidos y las conclusiones finales. Asimismo, esta

instancia les facilitó conocer y comprender directamente los aspectos específicos de los trabajos, las dificultades enfrentadas y las soluciones adoptadas, permitiendo a los alumnos tener una perspectiva global de las etapas que a futuro deberán cumplir, cuando tengan que seleccionar y desarrollar un tema de investigación, de acuerdo a sus líneas de carrera.

La "Feria de Memorias" se desarrolló de manera paralela en el Auditorium y en 12 salas de clases de la ACAPOMIL, con la exposición de los trabajos de investigación de los alumnos del V CRIM. En esta actividad, realizada en la tarde del 24 de noviembre, los alumnos de los cuatro CRIM y del curso SAM pudieron conocer el desarrollo completo de 12 investigaciones del área de Mantenimiento, 4 del área de Armamento, 6 del área de Comunicaciones y 6 del área Administración y Finanzas.





## Donación a los niños de la Escuela "Sol de La Reina".

**G**n el marco de las actividades sociales, la Academia Politécnica Militar el 12 de diciembre realizó una campaña de cooperación con el personal de oficiales, alumnos, cuadro permanente y empleados civiles del Instituto, para reunir elementos que permitieran organizar en la Escuela "Sol de La Reina" una convivencia para celebrar el término de año.

La Escuela Especial "Sol de La Reina", se caracteriza por albergar a niños y adoles-

centes con alto riesgo social y en situación de discapacidad.

Durante las actividades, los integrantes del Instituto, además de hacer entrega de los víveres y golosinas recolectados, compartieron con los niños

Finalmente, la Directora de la Escuela, Sra. Dariela Schmidt H., agradeció y destacó el apoyo y preocupación brindada por el personal de la Academia.



## Recepción del Comité de Ingenieros.

**G**n una ceremonia realizada el 12 de diciembre en el auditorio de la Academia Politécnica Militar, el Director de las Fábricas y Maestranzas del Ejército y Presidente del Comité de Ingenieros, GDB Mauricio Heine Guerra, dio la bienvenida a los nuevos Ingenieros Politécnicos, promoción 2010-2014.

En su discurso, felicitó a los oficiales que lograron alcanzar su especialidad primaria, dando énfasis a que primero son militares y luego ingenieros, así como también recalcó que es un deber de cada oficial restituir la inversión que ha realizado la Institución, con trabajo, dedicación y profesionalismo, en cada una de las labores que le serán encomendadas, en las áreas



de la asesoría, gestión y mando, cuando corresponda.

Finalmente, el GDB Heine, hizo entrega a los oficiales de un obsequio que simboliza

el reconocimiento al logro alcanzado luego de cinco años de estudios, y con lo cual se incorporan a la especialidad de Ingeniería Militar.



## Licenciatura de oficiales IPM y entrega de títulos a profesores militares de academia año 2014.

Residida por el Director de las Fábricas y Maestranzas del Ejército, General de Brigada Mauricio Heine Guerra, el 12 de diciembre se realizó la Licenciatura y Premiación del Curso Regular de Ingeniería Militar, Promoción 2010-2014 y la Titulación de los Profesores Militares de Academia, en el salón Auditorium de la ACAPOMIL.

En la oportunidad, el Director, Coronel Eduardo Estrada Romero, se refirió al significado de esta ceremonia y al rol que debe cumplir el Ingeniero Politécnico Militar, quien debe ser capaz de desarrollar una mirada crítica, analítica y constructiva de los procesos de la organización, teniendo siempre como norte la mejora y la racionalización de los recursos, agregando valor a la Institución.

En la oportunidad se licenciaron especialistas en Sistema de Armas, mención "Armamento", Sistemas Tecnológicos de la Información y Comunicación, mención "Comunicaciones" y Sistemas Logísticos, menciones de "Administración y Finanzas" y "Mantenimiento".

Por otra parte, en la misma instancia, 17 oficiales obtuvieron el título de Profesor Militar de Academia en distintas asignaturas y recibieron la medalla Diosa Minerva.

Posteriormente, se hizo entrega de las medallas Minerva y diplomas que acreditan el grado académico de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería a los 28 oficiales de la Promoción 2010-2014, quienes vieron coronado su esfuerzo después de cinco años de estudio.



Finalmente, se realizó la premiación a los alumnos más destacados por rendimiento académico, condiciones profesionales y

personales, así como también a quien obtuvo el Primer Puesto de la Promoción, Capitán Luis San Martín Riveros.



## Graduación del Diplomado en Gestión de Instalaciones de Salud en la ACAPOMIL.

**V**eintidós alumnos, entre civiles y militares, se graduaron el 15 de diciembre del Diplomado en “Gestión de instalaciones de salud de las Fuerzas Armadas”, realizado en la Academia Politécnica Militar (ACAPOMIL). Esta actividad estuvo presidida por el Comandante de Salud del Ejército, GDB Óscar Bustos C. y contó con la presencia del Director del Hospital Militar de Santiago, GDB Juan Durruti O., del Rector de la Universidad Bernardo O’Higgins, Sr. Claudio Ruff E., como asimismo, Oficiales Generales de las Instituciones Castrenses y de Orden y Seguridad, cuerpo docente e invitados especiales.

Para dar inicio a esta ceremonia, el Director de la ACAPOMIL, CRL. Eduardo Estrada R. manifestó: “Hoy finaliza una importante etapa académica, en que tres importantes organizaciones, el Comando de Salud del



Ejército, la Universidad Bernardo O’Higgins y la ACAPOMIL, materializaron una alianza estratégica en el área académica cuyo primer producto es esta generación de alumnos graduados. El objetivo de esta unión, y tal como coinciden la misión de los dos planteles de educación superior, es continuar



formando profesionales comprometidos con el progreso, el orden, la constancia, el espíritu de servicio y el sentir ético que el país, y específicamente el sector Defensa, requiere.

Tras ello, se hizo entrega a cada uno de los graduados un diploma que les acredita haber cursado exitosamente este proceso de enseñanza.

Para finalizar, se le otorgó el Premio 3° lugar a la CAP. Catherine Reynero V., como asimismo, el 2° puesto a la CAP. Marcia Sagredo

S., obteniendo el 1° lugar la PAC. Adriana Inzunza R.



## Graduación de Cursos del Departamento de Posgrado y Extensión de la ACAPOMIL.



En el auditorium de la Academia Politécnica Militar se realizó el 16 de diciembre la ceremonia de graduación de los Cursos de Posgrado y Capacitación 2014.

La actividad presidida por el Director de Proyectos e Investigación del Ejército, GDB Hernán Araya S., contó con la presencia del Director del Instituto, autoridades militares y civiles, invitados especiales y familiares.

Los programas considerados en la ceremonia fueron: el Magister en Ingeniería de Sistemas Logísticos, realizado en conjunto con la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, el Diplomado en Administración de Proyectos de Defensa, y el Curso Técnico "Supervisor Administrativo de Mantenimiento".

En su discurso, el Jefe del Departamento de Posgrado y Extensión, TCL. Andrés Baladrón



D., destacó la entrega y profesionalismo de los profesores de la ACAPOMIL, "sus conocimientos y experiencias contribuyeron significativamente al éxito de los alumnos que hoy se gradúan".

Posteriormente, se hizo entrega de los diplomas y premios que a continuación se detalla:



*Magister en Ingeniería de Sistemas Logísticos:*

Primer lugar: Señor Félix Nahum Nallar.

*Diplomado en Administración de Proyectos de Defensa:*

Primer Lugar : MAY. Claudio Roberts Morales.

*Curso Técnico Supervisor Administrativo de Mantenimiento:*

Primer Lugar : CB2 Luis Tapia Marchant.

Segundo Lugar : CB2 Josué Retamal Ramos.

Tercer Lugar : CB1 Cristian Saldaña Abarzúa.

Mejor Compañero: CB1 Héctor Vera Fernández.



## Graduación como Especialistas Primarios.



El 18 de diciembre de 2014, en el patio de honor de la Academia de Guerra, 46 alumnos del Curso Regular de Estado Mayor de la ACAGUE (promoción 2012-2014) y 28 del Curso Regular de Ingenieros Politécnicos Militares de la ACAPOMIL (promoción 2010-2014), se graduaron como especialistas primarios.

La ceremonia estuvo presidida por el Ministro de Defensa Nacional, Jorge Burgos V., acompañado del CJE, GDE Humberto Oviedo A., y del Subsecretario de Defensa, Marcos Robledo H., integrantes del alto



mando institucional, oficiales extranjeros, autoridades civiles y familiares de los graduados.



Seguidamente, se entregó a cada uno de los oficiales, un diploma que los acredita haber cursado exitosamente sus respectivos procesos de enseñanza y aprendizaje.

Primero, fue el Director de la Academia de Guerra, GDB Esteban Guarda B., quien hizo entrega de los diplomas de acreditación de los respectivos títulos a los especialistas primarios de Estado Mayor, luego continuó el Director de la Academia Politécnica Militar,

CRL Eduardo Estrada R., quien hizo entrega de los respectivos títulos de Ingeniero Politécnico Militar.

Para finalizar, el General Oviedo impuso la condecoración “Cruz de Malta” a los oficiales que obtuvieron el primer lugar del CREM y CRIM, MAY. Guillermo Castro B., y CAP. Luis San Martín R., respectivamente, además, recibieron el premio Ministerio de Defensa por parte del ministro Burgos.



# ACADEMIA POLITÉCNICA MILITAR



## **DIRECCIÓN ACADÉMICA DIRECTOR:**

Coronel Eduardo Estrada Romero

## **SUBDIRECTOR**

Coronel Rafael Mesa Feres

## **JEFE DE ESTUDIOS**

Coronel Sergio Nazar Martínez

## **JEFE DEPARTAMENTO DE POSTGRADO Y EXTENSIÓN**

Teniente Coronel Andrés Baladrón  
Derpich

## **JEFE DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Teniente Coronel Gonzalo Sobarzo Véliz

## **JEFE DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN**

Teniente Coronel José Llanos Acevedo

