

METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL “CENTRO DE DISTRIBUCIÓN, ACOPIO Y DESTRUCCIÓN DE RESIDUOS EXPLOSIVOS” DE FAMA E.

Fecha de recepción: 28 de diciembre de 2021

Fecha de aceptación: 28 de febrero de 2022

MAY. Matías Sagredo Urrutia¹

Resumen: *Este artículo cuenta la experiencia del quehacer de un Ingeniero Politécnico, mientras sirvió en las Fábricas y Maestranzas de Ejército (FAMA E), relatando la metodología y experiencia vivida en el desarrollo de un proyecto, relacionado con establecer capacidades y estrategias de desarrollo para la producción de elementos bélicos y servicios relacionados, que cubran las necesidades de la Defensa Nacional.*

En este sentido, en el año 2019 se evidencia un problema como “la incapacidad para efectuar servicios de destrucción de explosivos a gran escala”, el cual, bajo una metodología de Ingeniería de Sistemas, se concluyó pertinente sugerir el arriendo a Bienes Nacionales de un espacio físico suficiente para que FAMA E adquiera la capacidad para efectuar servicios de destrucción de explosivos a gran escala. Tras lo cual el 26 de noviembre de 2020 se inauguró el “Centro de distribución, acopio y destrucción de residuos explosivos” de FAMA E, emplazado en el Barrio Industrial La Negra, en Antofagasta.

Palabras Claves: *Ingeniería de Sistemas, destrucción de explosivos, implementación de capacidades.*

METHODOLOGY USED FOR THE "DISTRIBUTION, COLLECTION AND DESTRUCTION CENTER OF EXPLOSIVE WASTE" OF FAMA E.

Abstract: *This article tells the experience of the work of a Polytechnic Engineer, while he served in the Factories and Masteries of Army (FAMA E), relating the methodology and experience lived in the development of a project, related to establishing capacities and development strategies for the production of military elements and related services that cover the needs of the National Defense.*

In this sense, in 2019 a problem such as “the inability to carry out large-scale explosives destruction services” is evidenced, which, under a Systems Engineering methodology, it was concluded pertinent to suggest the lease to National Assets of a Sufficient physical space for FAMA E to acquire the capacity to carry out large-scale explosives destruction services. After which, on November 26, 2020, the FAMA E “Explosive waste distribution, collection and destruction center” was inaugurated, located in the La Negra Industrial District, in Antofagasta.

Key Words: *Systems Engineering, destruction of explosives, implementation of capabilities.*

¹ Ingeniero Politécnico Militar en Sistemas de Armas, mención Municiones, Propelentes y Explosivos de la Academia Politécnica Militar, Santiago, Chile. Actualmente se desempeña como Jefe del II y IV Curso Regular de Ingeniería Militar y del Departamento Docente, de la Jefatura de Estudios de la Academia Politécnica Militar del Ejército de Chile. E-mail: sagredo.u@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La destrucción de municiones obsoletas, explosivos sobrantes, fuera de norma o de decomiso, supone una importante solución a los problemas de carácter medioambiental, de bodegaje, de seguridad.

En las instalaciones de FAMA E, se encuentra la Planta Químicos y Explosivos, la cual dentro de sus misiones principales dispuestas por el Reglamento Orgánico de Funcionamiento (ROF), es costear, programar y desmilitarizar munición de armamento mayor, menor y artificios pirotécnicos con vida útil vencida (ROF FAMA E, 2016).

En la actualidad, es posible solucionar este problema recuperando y reciclado de buena parte de los componentes. FAMA E dentro de su actividad y experiencia en el sector de defensa desarrolla el servicio en el campo de la desmilitarización, destrucción, recuperación y reciclaje de todo tipo de municiones y explosivos, tanto por desuso como por obsolescencia o sobrantes.

Los servicios en el área de la desmilitarización se encuentran basados en la combinación de las tecnologías y conocimientos en materia de explosivos, en su amplia experiencia y alto nivel de especialización técnica.

Los programas y técnicas de desmilitarización desarrollados permiten la recuperación de materiales energéticos para su reciclado en productos de uso civil, para ser utilizados en minería. El resto de componentes resultantes, metálicos y plásticos son tratados y reciclados para su reutilización industrial.

Para garantizar el respeto al medio ambiente, FAMA E posee instalaciones de desmilitarizado que se gestionan siguiendo estrictos programas y procesos escritos y controlados por el área de prevención de riesgos y medio ambiente, bajo la norma ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de calidad. Los residuos peligrosos no recuperables son eliminados por FAMA E a través de distintos procesos y/o tratamientos (Albornóz, 2017).

La prevención de riesgos y salud laboral es una de las máximas prioridades. Todo trabajo comienza con el análisis de los posibles riesgos, con el fin de aplicar medidas preventivas para minimizarlos y evitar que éstos afecten al entorno y sus habitantes.

FAMA E, en materia de desmilitarización, posee una sólida red logística y un completo equipo que soluciona las necesidades que demandan las fases de recogida, transporte y almacenamiento de sustancias controladas por la Ley N.º 17.798. Todo ello con las adecuadas medidas de seguridad y un completo sistema de vigilancia y custodia humana.

En este contexto, y en el marco de las actividades programadas para el año 2019, la Dirección General de Movilización Nacional (DGMN), gestionó la destrucción de explosivos, municiones y artificios a través de FAMAE en la zona de Pampa Chaca en Arica.

A continuación se presenta una noticia publicada por la DGMN, la que da cuenta de más de 3 millones de elementos pirotécnicos decomisados que fueron destruidos:

“La presencia de la Subsecretaria de Bienes Nacionales, Sra. Alejandra Bravo H, tenía por objetivo, conocer el proceso de la destrucción de explosivos, que se realiza en forma segura y limpia, puesto que los terrenos en que se detonan los elementos, son parte del Ejército de Chile, y están bajo el alero de dicho ministerio, es por ello que resulta fundamental para este tipo de actividades, contar con este tipo de terrenos, que se coordina con la citada Subsecretaria.

Por su parte, FAMAE quien se encargó de la destrucción, trabajó con personal especializado y altamente calificado de la Planta de Químicos y Explosivos, en la eliminación a través de la detonación y quema, de fuegos artificiales, cartuchos de diferentes calibres, emisores de humo, bengalas, entre otros, elementos que son producto de la entrega voluntaria y comisos realizados por la Autoridad Fiscalizadora de Carabineros de Chile, dependiente de la DGMN como Autoridad Central de Coordinación de la Ley N.º 17.798.

El Comandante en Jefe de la Sexta División de Ejército, General de Brigada, René Bonhomme, dijo que “es fundamental poder realizar esta actividad y sacar de circulación elementos que presentan grave riesgo, por lo que su desarrollo, sin lugar a dudas proporciona seguridad a nuestra comunidad

Por su parte, el Director General de Movilización Nacional, General de Brigada, Hugo Lo Presti, precisó que en cumplimiento de la ley 17.798 de control de armas y explosivos, nuestro organismo fiscaliza y gestiona, la destrucción e inutilización de armas y explosivos que son decomisadas o entregadas voluntariamente, para su destrucción” (DGMN, 2019), ver Figura 1.



Figura 1: “Visita de Subsecretaria de Bienes Nacionales y otras autoridades a actividades de destrucción de FAMAE.”
Fuente: Dirección General de Movilización Nacional www.dgmn.cl.

Considerando que las Fábricas y Maestranzas del Ejército (FAMAE), en el ejercicio de las actividades previstas en su Ley Orgánica D.F.L. N°223, de 1953, Ley Orgánica de las Fábricas y Maestranzas del Ejército, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por Decreto Supremo N°375, de 28 de diciembre de 1978, estipula que requiere el establecer capacidades y estrategias de desarrollo para la producción de elementos bélicos y servicios relacionados, que cubran las necesidades de la Defensa Nacional. Y que asimismo, dentro del desarrollo dual de capacidades, en el sentido de que el servicio de desmilitarizado que las fábricas presta al Ejército de Chile, es de utilidad para otros organismos del Estado, como lo es la destrucción de elementos de decomiso, fue necesario explorar nuevas alternativas que permitan satisfacer esta necesidad (Decreto Supremo N°375, 1978).

Considerando lo anterior, se definió analizar esta situación, utilizando la metodología de Ingeniería de Sistemas, conforme a las secciones siguientes.

1.1. Ingeniería de Sistemas

Conforme a lo que narra Blanchard (1995) en su libro “Ingeniería de Sistemas”, no existe una definición comúnmente aceptada para la Ingeniería de Sistemas. Este término puede ser definido de diferentes formas, entendiendo que la Ingeniería de Sistemas en

términos generales es “buena ingeniería”, la cual se integra y abarca desde el desarrollo hasta el término de ciclo de vida, interrelacionándose diversas ingenierías conforme a la necesidad.

No obstante, ciertos conceptos se observan comúnmente, como lo son el establecimiento de requisitos, la selección del concepto, análisis y asignación funcional, síntesis, optimización de diseño, prueba y evaluación.

2. DESARROLLO

Para determinar de manera precisa el problema, a través de un proceso de lluvia de ideas, se estableció un cuestionario, el cual fue respondido por distintas personas, con la finalidad de obtener diversas respuestas y poder sintetizar aspectos en común.

Conforme a lo anterior, se analizaron las respuestas del personal, definiendo el problema como “la incapacidad para efectuar servicios de destrucción de explosivos a gran escala”, para lo cual FAMA E cuenta con el giro apropiado, lo que se hace manifiesto al detectar que no se pueden aceptar actividades de destrucción de organismos del Estado, como lo son la Dirección General de Movilización Nacional, la Armada de Chile o la Fuerza Aérea de Chile, sin depender de los terrenos facilitados para tal efecto por el Ejército de Chile.

Se pudo constatar que lo anterior reviste un especial problema de incertidumbre en el cumplimiento de contratos del área de la defensa y por otra parte de seguridad, ya que se emplean terrenos utilizados constantemente en ejercicios militares, donde se hace uso de armamento de altos calibres, pudiendo haber municiones sin explotar en el terreno, lo cual representa un alto riesgo.

Habiendo definido el problema, se procedió a analizar los factores que inciden en este, elaborando un árbol de causas y efectos.

2.1. Árbol de causas y efectos:

El problema definido como la incapacidad para efectuar servicios de utilidad pública, como lo es la destrucción de explosivos a gran escala, es originado por las siguientes causas (Figura 2):

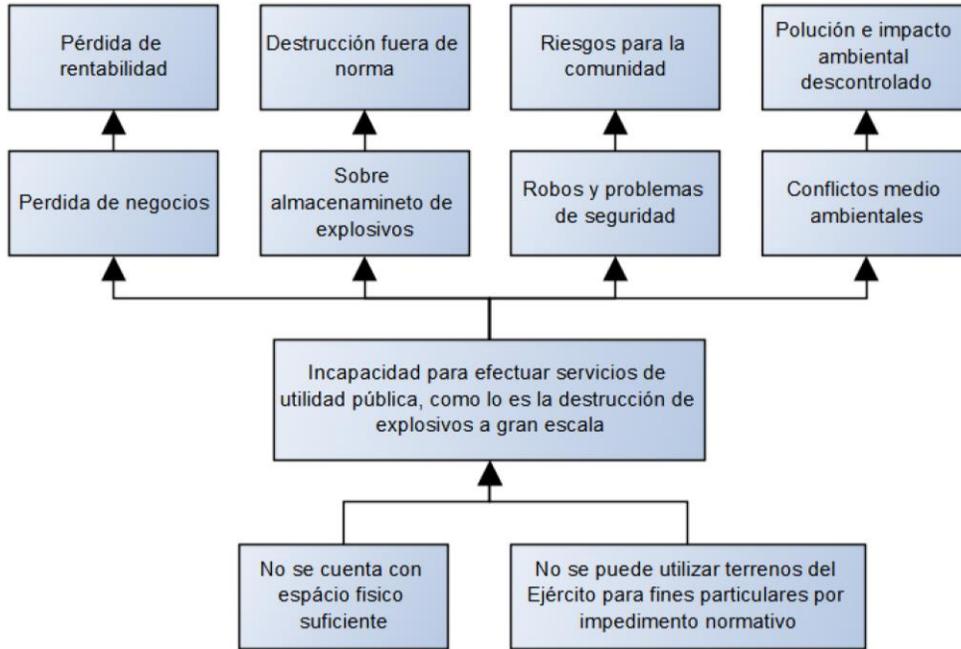


Figura 2: “Árbol de causas y efectos.”

Fuente: Elaboración del autor.

2.1.1. Causas:

No se cuenta con espacio físico suficiente: Esta causa es generada producto que FAMA E cuenta con un terreno actual “reducido” para esta escala, el cual no cumple con exigencias de seguridad necesarias para efectuar detonaciones cumpliendo con los radios de seguridad establecidos. Por otra parte, FAMA E no cuenta con terrenos ya sea a título oneroso o gratuito, para efectuar destrucción de grandes volúmenes de explosivos.

No se puede utilizar terrenos del Ejército para fines particulares por impedimento normativo: El Ejército de Chile cuenta con amplias zonas de terreno para realizar instrucción y entrenamiento, estos terrenos son facilitados a FAMA E cuando son necesarios para la ejecución de contratos, principalmente del sector de la defensa. Sin embargo, para la contratación de servicios de utilidad pública, existen restricciones que impiden el uso de estos terrenos con estos fines.

Por otra parte, problema origina los siguientes efectos:

2.1.2. Efectos:

Pérdida de negocios: Al no poder aceptar contratos con otros organismos del sector Defensa, se han perdido distintas oportunidades y por consiguiente una pérdida de rentabilidad.

Sobrealmacenamiento de explosivos: La incapacidad de efectuar el servicio de destrucción de explosivos, implica que los organismos interesados se encuentren en una situación de sobrealmacenamiento de material explosivo, el cual se encuentra fuera de tolerancia y debe ser prontamente destruido. Lo anterior se debe a que no existen en Chile otros organismos que hayan asumido como una misión principal, la desmilitarización y destrucción controlada de explosivos, amparados bajo estrictos procedimientos escritos, experiencia, y personal especialista.

Organismos que se encuentran en situación de sobrealmacenamiento de explosivos se ven en la necesidad de destruir este material energético, efectuando procedimientos de destrucción, los que en muchas oportunidades se encuentran fuera de norma.

Robos y problemas de seguridad: Al no destruir el material que se encuentra fuera de norma, se corre el riesgo de que este material sea mal utilizado, reducido, hurtado o robado por personal inescrupuloso que haciendo uso de su ingenio, pudieran cometer cualquier tipo de ilícito, representando un alto riesgo para la comunidad.

Conflictos medio ambientales: Al no ser tratado por un ente competente, el material que debe ser prontamente destruido, puede fácilmente producir problemas ambientales, ya sea por contaminación de afluentes, generación de material particulado en una zona saturada u otro, generando polución y efectos negativos de carácter ambiental descontrolados.

2.2. Medios y fines:

Continuando con la metodología empleada, se torna en positivo el árbol de causas y efectos, obteniendo la situación objetivo, los medios y fines (Figura 3).

El problema en positivo, vale decir la situación objetivo, se definió como la “capacidad para efectuar servicios de utilidad pública, como lo es la destrucción de explosivos a gran escala”. Lo anterior se logra a través de cada medio, las cuales podrán resolver o mitigar el problema en cuestión.

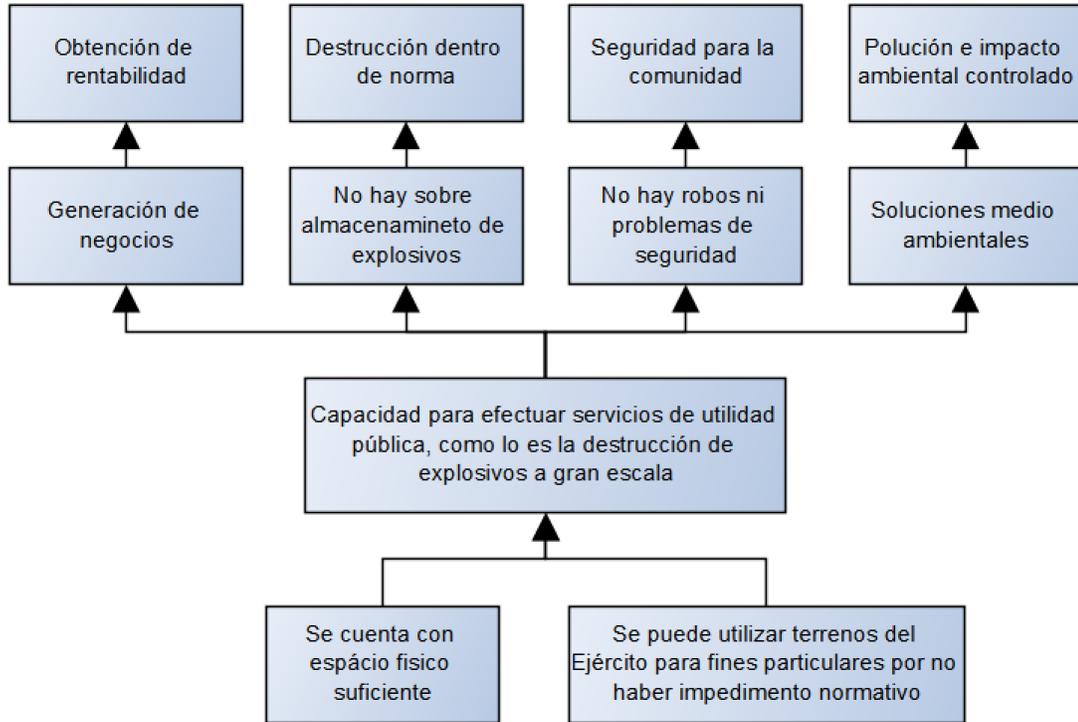


Figura 3: “Medios y fines.”
Fuente: Elaboración del autor.

2.2.1. Medios:

Se cuenta con espacio físico suficiente: Se cuenta con terreno suficiente, el cual cumple con las exigencias de seguridad necesarias para efectuar detonaciones cumpliendo con los radios de seguridad establecidos.

Se pueden utilizar terrenos del Ejército para fines particulares ya que no existe impedimento normativo: El Ejército de Chile cuenta con amplias zonas de terreno para realizar instrucción y entrenamiento, estos terrenos son facilitados a FAMAE cuando son necesarios para la ejecución de actividades de destrucción del sector de defensa.

Por otra parte, la solución del problema origina los siguientes fines:

2.2.2. Fines:

Generación de negocios: Al aceptar actividades de destrucción con otros organismos del Estado, se asume un aumento de rentabilidad.

No habrá sobre almacenamiento de explosivos: La capacidad de efectuar actividades de destrucción de explosivos, implica que los organismos interesados podrán disponer del material almacenado para su destrucción.

No hay robos ni problemas de seguridad: Al destruir el material que se encuentra fuera de norma, este material no podrá ser mal utilizado, reducido, hurtado o robado por personal inescrupuloso, lo que se refleja directamente en un aumento para la seguridad de la comunidad.

Soluciones medio ambientales: Al ser tratado prontamente el material a destruir, no se producirán problemas medio ambientales como contaminación de afluentes, generación de material particulado en una zona saturada u otro.

2.3. Diagnóstico de la situación actual

Analizado lo anterior, la situación actual es que FAMA E no tiene la capacidad para efectuar actividades de destrucción de explosivos a gran escala, contando con el giro apropiado, debido a que no se cuenta con espacio físico suficiente dado que FAMA E cuenta con un terreno “reducido”.

Lo anterior había sido resuelto al solicitar al Ejército de Chile, el uso de terrenos que son destinados para la Instrucción y el Entrenamiento, permitiendo que FAMA E se pudiera adecuar a “ventanas” de tiempo para dar cumplimiento a las actividades de destrucción.

Continuando con la metodología definida, se obtuvieron del sistema ERP de FAMA E, datos de actividades de destrucción desde el año 2013 en adelante, con lo cual se pudo analizar los datos de material destruido mediante detonaciones, material destruido por quemas, tiempo de duración de comisiones de destrucción, personal especialista empleado y medios de apoyo. De lo anterior, se agrega una pequeña descripción:

2.3.1. Descripción de datos.

Material destruido mediante detonaciones: Se refiere a un tipo de destrucción la cual resulta una combustión supersónica que se caracteriza porque genera una onda de choque, donde se generan altos gradientes de presión y temperatura. La velocidad de la reacción química suele estar comprendida entre 1.500 y 9.000 m/s y la onda de presión producida sería del orden de 105 atmósferas. La energía liberada genera un hongo de varios metros de altura, una onda expansiva y un fuerte sonido, lo que la hace claramente diferenciable de una destrucción por medio de quema.

Material destruido por quemas: Una combustión es una reacción química de oxidación en la que generalmente se desprende una gran cantidad de energía. La velocidad de reacción es menor de 1 m/s y se puede observar a simple vista la reacción en forma de llama. El procedimiento consiste en la incorporación de material acelerante y altamente combustible al material a destruir, el cual permite, por medio de las altas temperaturas originadas por el fuego y la incorporación del oxígeno del aire, una completa combustión de los elementos

quedando reducidos a cenizas, las cuales son debidamente tratadas logrando la eliminación total del material.

Tiempo de duración de comisiones de destrucción: Se refiere al periodo de tiempo comprendido entre el comienzo y el término de la comisión de destrucción, ya sea por detonaciones, quemas controladas o la mezcla de ambas. En general se considera la llegada del personal a la zona general de destrucción, la cual ha sido generalmente en el norte del País, reconocimientos en terreno e inicio de los preparativos para efectuar la destrucción, actividades de destrucción en régimen, limpieza del terreno, repliegue de los medios y actividades de término de comisión, las cuales finalizan con el retorno a la unidad.

Personal especialista empleado: Es la cantidad de personal necesario para efectuar cada comisión de destrucción de material en forma segura, teniendo presente un equilibrio entre el empleo de los medios y el cumplimiento de la programación en los tiempos definidos. El personal empleado acredita su experticia en el manejo de explosivos mediante una licencia entregada por la Autoridad Fiscalizadora, tras haber aprobado una prueba de conocimientos. Por otra parte, mediante el área de capacitación, se ejecutan las capacitaciones programadas para el personal.

Medios de apoyo: Como medios de apoyo, se definen ciertos elementos principalmente motorizados, con que se permite la ejecución de la comisión en el sentido de satisfacer necesidades de transporte de personal, transporte de explosivos, seguridad del área general de destrucción y apoyo de personal del área de la salud, con capacidad de evacuar a un herido hasta un centro asistencial cercano. Dado al origen del requerimiento, estos medios de apoyo pueden variar en cantidad, tiempo de empleo, especificaciones de tracción (tracción en las cuatro ruedas), sistemas de levante de carga u otro.

Del análisis de los datos planteados anteriormente, se observó en detalle la situación de los diferentes factores mencionados, logrando tener un panorama general de la situación actual, dando paso a la siguiente actividad, la cual es la optimización de la situación base.

2.4. Optimización de la situación base

2.4.1. Optimización dada la mejora continua.

No se ha encontrado alternativas distintas a las ya utilizadas, las cuales se enmarcan en solicitar el uso de terrenos al Ejército de Chile, los cuales son proporcionados por Bienes Nacionales para instrucción y entrenamiento.

En este aspecto y producto de los muchos años de ejecución de los planes de desmilitarizado del Ejército de Chile, producto de la mejora continua se han incorporado las experiencias en procedimientos que se encuentran constantemente en actualización, y forman parte de Sistema de Gestión de Calidad, enmarcados en la norma ISO 9001. En este sentido

se ha mejorado el procedimiento, entre otros aspectos, en los puntos que a continuación se detallan:

Cantidad de explosivo: Se utiliza una cantidad necesaria de explosivo para asegurar la destrucción total y completa del material a destruir.

Elementos de protección personal (EPP): Se ha mejorado el vestuario y equipo incorporando tanto protección a la llama directa del fuego, como también cierta protección al daño físico dada la condición de “Nomex IIIA Antiflama ATPV (Arc Thermal Performance Value)” del vestuario. Por otra parte, se han incorporado rodilleras de protección para el personal, uso de arnés de Explosivista con una configuración óptima para el trabajo de destrucción, entre otros elementos de protección personal.

Equipos de comunicación: Se ha mejorado el sistema de telecomunicaciones interna del personal, incorporando radios con estándares de seguridad adecuados (equipos para ambientes explosivos).

Ambulancia: Se ha incorporado una ambulancia a todos los trabajos de manipulación de explosivos en terreno, con la capacidad de socorrer a algún afectado en forma oportuna y efectuar el traslado a un centro asistencial adecuado.

Servicios higiénicos en terreno: Se mejoró este aspecto considerando en toda actividad de destrucción este necesario servicio, el que se encuentra a disposición del personal que efectúa la actividad de destrucción, como también para personal de apoyo o de control que pudiera visitar las actividades de eliminación de explosivos.

2.4.2. Optimización dado restricciones medio ambientales.

En consideración al Decreto N.º 40 (2012) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), se establecen condiciones de borde que se deben considerar para actividades de destrucción de residuos explosivos:

Que las actividades de destrucción se encuentren alejadas al menos de 20 km de un área declarada latente o saturada.

Que las actividades de destrucción no se encuentren próximas a áreas pobladas, de manera que los niveles de ruido que se generan no afecten en forma significativa a la población.

Que en los lugares donde se desarrollan las actividades de destrucción no existan registros de fósiles, cuerpos de agua, vegas, bofedales, áreas húmedas y/o glaciares, entre otros.

Habiendo efectuado el análisis de la optimización base, se puede identificar y proyectar la brecha.

2.5. Identificación y proyección de la brecha

2.5.1. Dimensionamiento de la brecha.

A continuación, se contrasta la situación actual optimizada versus la situación objetivo, habiendo analizado las restricciones declaradas anteriormente. La magnitud de la brecha se evidencia al comparar la situación actual con respecto cada situación objetivo.

Se han estudiado cuatro aspectos para determinar la brecha: El primero tiene relación con la cantidad de explosivos a destruir. El segundo se relaciona con el tiempo empleado para la ejecución de las actividades de destrucción. Como tercer aspecto, se analizó el personal especialista. Como cuarto aspecto se analizan los medios de apoyo utilizados.

Es importante destacar que al solucionar la brecha, se adquiere la “capacidad para efectuar servicios de destrucción de explosivos a gran escala”, aspecto medular de este proyecto.

2.5.2. Impacto de la brecha en la misión.

Habiendo identificado el problema, hecho el diagnóstico de la situación actual y analizada la optimización de la situación base, se puede dimensionar el impacto que genera el no resolver la brecha, al producirse los siguientes inconvenientes:

Incapacidad de aceptar actividades de destrucción de material del sector público como la Dirección General de Movilización Nacional y FFAA, al no ser posible el uso de terrenos de Instrucción y Entrenamiento que son facilitados por Bienes Nacionales al Ejército de Chile.

Lo anterior puede traer consigo acumulación descontrolada de elementos explosivos que se encuentran fuera de tolerancia, han cumplido su vida útil, han sido decomisado por organismos competentes o ha sido entregado a las respectivas autoridades fiscalizadoras a lo largo del país en forma voluntaria por cualquier ciudadano, como lo estipula la ley 17.798.

Por otra parte, y en el caso de aceptar actividades de destrucción, se puede producir un incumplimiento en los tiempos comprometidos, al ser denegado el uso de terrenos por parte del Ejército.

Al no solucionar la brecha, se deberá continuar solicitando los terrenos al Ejército de Chile, los que son utilizados regularmente en ejercicios militares, donde se hace uso de armamento de altos calibres, pudiendo haber municiones sin explotar en el terreno, peligrosamente ocultas bajo una delgada película de tierra, lo cual representa un alto riesgo

a la seguridad del personal que ejecuta la actividad de destrucción. Si bien es cierto, el Ejército tiene procedimientos para la eliminación inmediata de estos elementos explosivos denominados “UXO’s” (siglas en inglés Unexploded Ordnance), es probable que existan elementos que aún no han sido detectados en el terreno.

2.6. Identificación y definición de alternativas de solución

Habiendo analizado la situación objetivo definida como “capacidad para efectuar servicios de destrucción de explosivos a gran escala”, fueron visualizados los medios, los cuales son:

Se cuenta con espacio físico suficiente: Se cuenta con terreno suficiente, el cual cumple con las exigencias de seguridad necesarias para efectuar detonaciones cumpliendo con los radios de seguridad establecidos.

Se pueden utilizar terrenos del Ejército para fines particulares ya que no existe impedimento normativo: El Ejército de Chile cuenta con amplias zonas de terreno para realizar instrucción y entrenamiento, estos terrenos son facilitados a FAMAE cuando son necesarios para la ejecución de actividades de destrucción del sector de defensa.

Para lo anterior se generan distintas alternativas, las cuales son presentadas desglosando diferentes aspectos:

2.6.1. Categorías de probabilidad:

Se presenta la alternativa considerando sus características más representativas, se explica cómo funciona, en que consiste, sus dimensiones y en general, el mayor detalle posible para ser claramente identificada.

Categoría	Valor	Descripción
Casi certeza	5	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es muy alta, es decir, se tiene un alto grado de seguridad que éste se presente durante un año. (90% a 100%).
Probable	4	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es alta, es decir, se tiene entre 66% a 89% de seguridad que éste se presente en un año.
Moderado	3	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es media, es decir, se tiene entre 31% a 65% de seguridad que éste se presente en un año.
Improbable	2	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es baja, es decir, se tiene entre 11% a 30% de seguridad que éste se presente en un año.
Muy improbable	1	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja, es decir, se tiene entre 1% a 10% de seguridad que éste se presente en un año.

Figura 4: “Categorías de probabilidad.”

Fuente: Elaboración del autor.

2.6.2. Categorías de Impacto:

Para identificar los riesgos específicos, se utilizó el Documento Técnico N.º 70 "Implantación, mantención y actualización del proceso de gestión de riesgos en el sector

público" (2016), de acuerdo a su categoría de probabilidad, la cual es detallada en la Figura 4. Así mismo, el impacto de cada riesgo es analizado de acuerdo a las categorías conforme a la Figura 5.

Categoría	Valor	Descripción
Catastróficas	5	Riesgo cuya materialización puede generar pérdidas financieras (\$) que tendrán un impacto catastrófico en el presupuesto y/o comprometen totalmente la imagen pública de la organización. Su materialización dañaría gravemente el desarrollo del proceso y el cumplimiento de los objetivos, impidiendo finalmente que estos se logren en un año.
Mayores	4	Riesgo cuya materialización puede generar pérdidas financieras (\$) que tendrán un impacto importante en el presupuesto y/o comprometen fuertemente la imagen pública de la organización. Su materialización dañaría significativamente el desarrollo del proceso y el cumplimiento de los objetivos, impidiendo que se desarrollen total o parcialmente en forma normal en un año.
Moderadas	3	Riesgo cuya materialización puede generar pérdidas financieras (\$) que tendrán un impacto moderado en el presupuesto y/o comprometen moderadamente la imagen pública de la organización. Su materialización causaría un deterioro en el desarrollo del proceso dificultando o retrasando el cumplimiento de sus objetivos, impidiendo que éste se desarrolle parcialmente en forma normal en un año.
Menores	2	Riesgo cuya materialización puede generar pérdidas financieras (\$) que tendrán un impacto menor en el presupuesto y/o comprometen de forma menor la imagen pública de la organización. Su materialización causaría un bajo daño en el desarrollo del proceso y no afectaría el cumplimiento de los objetivos en un año.
Insignificantes	1	Riesgo cuya materialización no genera pérdidas financieras (\$) ni compromete de ninguna forma la imagen pública de la organización. Su materialización puede tener un pequeño o nulo efecto en el desarrollo del proceso y que no afectaría el cumplimiento de los objetivos en un año.

Figura 5: “Categorías de impacto.”
Fuente: Elaboración del autor.

Finalmente, el nivel de severidad (S), será el producto del nivel de probabilidad (P) con el nivel de impacto (I), donde serán tratados los riesgos de nivel de severidad moderado, alto y extremo (Figura 6).

2.6.3. Nivel de Severidad:

Nivel de severidad del riesgo (S = P x I)					
Nivel de probabilidad (P)	Nivel de impacto (I)				
	Insignificantes (1)	Menores (2)	Moderadas (3)	Mayores (4)	Catastróficas (5)
Casi certeza (5)	Alto (5)	Alto (10)	Extremo (15)	Extremo (20)	Extremo (25)
Probable (4)	Moderadas (4)	Alto (8)	Alto (12)	Extremo (16)	Extremo (20)
Moderado (3)	Bajo (3)	Moderadas (6)	Alto (9)	Extremo (12)	Extremo (15)
Improbable (2)	Bajo (2)	Bajo (4)	Moderadas (6)	Alto (8)	Extremo (10)
Muy improbable (1)	Bajo (1)	Bajo (2)	Moderadas (3)	Alto (4)	Alto (5)

Figura 6: “Nivel de severidad del riesgo.”
Fuente: Elaboración del autor.

A continuación, en la Figura 7 se presentan los tipos de riesgos, se formula una pequeña descripción de ellos, se presenta el nivel de severidad y finalmente se estipulan las medidas de mitigación del riesgo, lo anterior para los riesgos clasificados como moderado, alto y extremo. Se presenta un recuadro a modo de ejemplo:

Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Nivel de severidad	Medida de mitigación
Producción	Detención de faena por accidente grave.	1x5= Alto (5)	Procesos escritos, controlados, supervisión permanente.
Producción	Detención de faena por restricción de calidad del aire.	5x2= Alto (10)	Detención de la producción hasta que mejore la calidad del aire.
Producción	Pérdida de capacidad productiva por fenómenos naturales (lluvia, terremoto, etc.).	1x5= Alto (5)	Contratos con cláusulas de salida claramente estipuladas. Aprovechar recursos para reparaciones.
Recursos Humanos	Pérdida de Know How debido a rotación de personal.	4x2= Alto (8)	Procesos escritos y considerar traspaso del conocimiento del personal.
Comercialización y financieros	No cumplimiento de la proyección de ventas estimadas.	3x4=Extremo (12)	Cautivar nuevos interesados. Fortalecer estrategia de diferenciación.

Figura 7: “Tipos de riesgos y medidas de mitigación.”

Fuente: Elaboración del autor.

2.6.4. Identificación del porcentaje de cobertura de la brecha de capacidad:

Estimar el grado de cobertura de la brecha que se logra con la implementación de la alternativa de solución, puede ser en porcentaje.

2.6.5. Identificación de las fuentes y condiciones de financiamiento propuesto:

Indicar los recursos necesarios para implementar esta capacidad. Se consideraron los costos de instalación, puesta en marcha, capacitación de utilización y de mantenimiento, evaluación de impacto ambiental, etc.

2.6.6. Descripción de las externalidades de la alternativa de solución

Se consideraron las externalidades negativas, es decir cómo afecta negativamente cada solución al entorno, como también se deben considerar las externalidades positivas, refiriéndose a aspectos que benefician directamente a la industria local, generación de puestos de trabajo, generación de conocimiento u otros atingentes.

2.6.7. Cronograma

Se debe considerar un esquema donde se presenta el calendario estimado para las distintas etapas de implementación, puesta en marcha, plena operatividad y término del ciclo de vida, según corresponda.

2.6.8. Determinación de los gastos recurrentes:

Se deben considerar los gastos recurrentes que se deben asumir al implementar determinada alternativa de solución. Por ejemplo un X% del valor del activo para puesta en marcha o mantenimiento.

2.6.9. Identificación de los impactos internos:

Al implementar determinada capacidad se prevén distintos impactos. Estos pueden ser de tipo organizacionales, administrativos, impactos de personal, impactos financieros, etc.

2.7. Análisis de compatibilidad y dependencia con otras iniciativas

Se analizan otras alternativas en desarrollo por parte de entidades públicas o privadas en esta línea de acción. Sin embargo es posible que otras ramas de la defensa y/o orden y seguridad, Carabineros de Chile, Policía de Investigaciones de Chile, Gendarmería de Chile u otro, requieran del servicio de destrucción de elementos controlados, complementando el uso de la capacidad una vez instalada.

2.8. Análisis Técnico

Para seleccionar la alternativa de solución, se utilizará un enfoque basado en la metodología de análisis multicriterio denominado “proceso jerárquico analítico”, para lo cual se debe seleccionar un panel de expertos.

Para la selección de los expertos, estos deben reunir ciertas cualidades, conforme a su experiencia en distintas áreas del tema en mención. Por ejemplo se puede considerar las habilidades y destrezas para formular, aplicar y evaluar normativas y protocolos en torno a la seguridad, o también el hecho de poseer conocimientos de metodologías de proyectos, comprender en profundidad los asuntos jurídicos, y experiencia en la planificación, organización, dirección y control de actividades de destrucción de elementos controlados por la ley N.º 17.798. Es importante señalar que no todos los expertos tienen que serlo en todas las áreas, para eso se definen vacantes con las competencias requeridas y luego se pueblan estos puestos. De esta forma se puede conformar un Panel de Expertos.

Ya seleccionados los expertos, para evaluar cada alternativa de solución, se definen los criterios, subcriterios, así como también su ponderación, se realiza un ajuste que permite adecuar la consistencia en un nivel aceptable (menor a un 10%).

Los criterios y subcriterios deben quedar claramente definidos y escritos para mayor trazabilidad, en base a esta definición es la que cada experto considerará para todo efecto. Realizando la ponderación de cada subcriterio con su respectivo criterio, se obtiene un recuadro con los pesos relativos, el que permitirá determinar el promedio ponderado de cada alternativa frente a cada criterio.

Habiendo realizado la definición de los criterios y subcriterios, como también determinado su ponderación, los expertos evalúan cómo se comporta cada alternativa con respecto a cada criterio, indicando en una escala porcentual el grado de cumplimiento del requisito especificado. Consecuente con el análisis de expertos tras la comparación de las alternativas frente a cada criterio, se selecciona la opción de “Arriendo a Bienes Nacionales de espacio físico suficiente para FAMA E”.

El criterio económico puede o no ser incluido como criterio. Lo anterior dependerá de la forma de abordar la metodología. Claramente, en algún momento el factor económico debe ser considerado para la selección de la alternativa a elegir. Es importante que las alternativas consideradas se encuadren dentro del presupuesto disponible, en caso contrario, habrá sido irrelevante haberla considerado como alternativa de solución. No obstante, se deben analizar económicamente la o las alternativas seleccionadas.

2.9. Análisis económico

Del análisis anterior, se determinó la opción “Arriendo a Bienes Nacionales de espacio físico suficiente para FAMA E” como la mejor alternativa frente a la situación objetivo definida como “capacidad para efectuar servicios de destrucción de explosivos a gran escala”, para lo cual se realiza un análisis económico para determinar su viabilidad económica.

Para lo anterior se analizan aspectos como la estimación de la demanda, identificando las actividades de destrucción que están previstas para su ejecución. Lo anterior en función de la duración del proyecto, considerando en este caso 10 años de duración, incorporando costos de instalación, mantención y explotación de la infraestructura para realizar la actividad de destrucción residuos explosivos. Se considera además si se requieren otras inversiones de apoyo necesarias, que pudieran afectar como gastos fijos o variables.

Se debe analizar en detalle el modelo de negocio, márgenes de utilidad, flujos de ingresos y egresos, se deben elaborar planillas que indiquen el valor actual neto (VAN) con una tasa de descuento de mercado (CITAR), análisis de sensibilidad y en general todos los aspectos que permitan disminuir el grado de incertidumbre para tomar la decisión con la mayor cantidad de antecedentes posibles.

2.10. Inauguración del Centro de distribución, acopio y destrucción de residuos explosivos de FAMA E en Antofagasta.

La metodología planteada permitió el arriendo a Bienes Nacionales de espacio físico suficiente, adquiriendo la capacidad para efectuar servicios de destrucción de explosivos a gran escala. A continuación, se cita lo plasmado en la Memoria Anual FAMAE año 2020, la cual señala lo siguiente:

“El 26 de noviembre de 2020 se inauguró el “Centro de distribución, acopio y destrucción de residuos explosivos” de FAMAE, emplazado en el Barrio Industrial La Negra, región de Antofagasta. Consta de un terreno de 80,3 hectáreas, el cual fue cedido por el Ministerio de Bienes Nacionales.

Este terreno permite la destrucción no solo de explosivos sino también de excedentes de la gran minería, respetando todas las normas medioambientales y de seguridad” (FAMAE, 2020 p.17).



Figura 8: “Inauguración de Centro de distribución, acopio y destrucción de residuos explosivos.”

Fuente: (FAMAE, 2020 p.17).

Contando con el bien, se pudo realizar una destrucción, la cual se ejecutó por medio de detonaciones controladas, así como también por quemas controladas. Respecto a esto, también se presentó que:

“Durante los meses de noviembre y diciembre de 2020, se desarrolló, por parte de personal especialista de la Planta de Químicos y Explosivos, la destrucción de elementos

pirotécnicos, decomisados por la Dirección General de Movilización Nacional (DGMN), en terrenos de FAMA E en la ciudad de Antofagasta” (FAMA E, 2020 p.17).



Figura 9: “Destrucción de elementos pirotécnicos decomisados por la Dirección General de Movilización Nacional.”
Fuente: (FAMA E, 2020 p.17).

3. CONCLUSIONES

Habiendo aplicado una metodología basada en Ingeniería de Sistemas, se concluyó pertinente sugerir el arriendo a Bienes Nacionales de espacio físico suficiente para que FAMA E adquiriera la capacidad para efectuar servicios de destrucción de explosivos a gran escala.

Con fecha 26 de noviembre de 2020 se inauguró el “Centro de distribución, acopio y destrucción de residuos explosivos” de FAMA E, emplazado en el Barrio Industrial La Negra y posteriormente, en el cumplimiento de la Ley N.º 17.798, se materializó una destrucción de material pirotécnico decomisado por la Dirección General de Movilización Nacional.

Contando con el bien, es posible explorar alternativas que dicen relación con el almacenamiento de material controlado por la Ley N.º 17.798. En el mismo orden de ideas, se puede analizar la implementación de un polígono de tiro que permita realizar pruebas de catalogación OTAN para municiones de armamento menor. Lo anterior contribuyendo a capacidades en beneficio para la defensa.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornóz, L. (2017). Desmilitarizado, *Propósito, Técnicas de Desarme y Disposición Final*. *Boletín Científico Tecnológico*, 21 (1), 15-26. Recuperado de: <https://www.boletincientifico.cl/boletines/boletin21/pdf/ARTICULO-1.pdf>
- Blanchard, B. (1995). *Ingeniería de Sistemas*, 1ª Edición. Madrid, España: Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España.
- Decreto N.º 40. (2012). *Aprueba reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental*. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1053563>
- Decreto Supremo N°375. (1978). *Fija texto refundido, coordinado y sistematizado del DFL 223, de 1953, ley orgánica de las Fabricas y Maestranzas del Ejército*. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=12828>
- DGMN. (2019). *DGMN cumple: más de 3 millones de elementos fueron destruidos*. Recuperado de: <https://dgm.cl/dgm-cumple-mas-de-3-millones-de-elementos-fueron-destruidos/>
- Documento Técnico N.º 70. (2016). *Implantación, mantención y actualización del proceso de gestión de riesgos en el sector público*. Recuperado de: <https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/87>
- FAMAE. (2020). *Memoria anual: Fabricas y Maestranzas del Ejército 2020*. Recuperado de: <http://www.famae.cl/pdf/memorias/MEMORIA-ANUAL-2020.pdf>
- ROF FAMAE. (2016). *Orgánico y de funcionamiento de las Fábricas y Maestranzas del Ejército*.