



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

GRADO DE INTEROPERABILIDAD DE LOS SISTEMAS
DE MANDO Y CONTROL DE LAS POTENCIAS DE LA
OTAN

Autor

Joaquín González-Tapia Cobo

Director/es

Director académico: Dra. Sonia Chopo Murillo
Director militar: Cap. Alejandro González García

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022



Agradecimientos

En primer lugar, agradecer al capitán D. Alejandro González García la posibilidad de realizar este trabajo y las prácticas en su unidad.

Agradecer a la 8ª Compañía del BICC León la acogida y el trato que recibí durante las prácticas. Quisiera mencionar al teniente D. Víctor Trapero Morales y al cabo D. Daniel Mora Pescador.

También deseo reconocer mi gratitud al equipo de colaboradores de la Brigada Guadarrama XII por su plena disposición para formar parte de este trabajo.

Deseo dar las gracias a la Dra. Doña Sonia Chopo Murillo por su dedicación y empeño.

Agradecer a mi familia el apoyo prestado durante esta carrera de fondo. En especial a mis padres por enseñarme aquello de que el éxito no consiste en ganar siempre, sino en no desanimarse nunca y lo importante que es aprender siempre de los errores. No me puedo olvidar de mi hermana y el ejemplo que siempre ha sido. Sin ellos, nada hubiese sido posible.

De la misma manera, quisiera incluir a mis amigos en el agradecimiento, por haber estado ahí desde siempre y haber hecho todo este viaje conmigo.





RESUMEN

Desde el origen de los conflictos bélicos, que va casi unido al de la humanidad, el mando y control de las unidades militares ha sido fundamental para alcanzar la victoria, fin último de todo conflicto. Este aspecto ha incrementado su importancia y se le ha dado un nuevo enfoque con la irrupción de las nuevas tecnologías, hasta el punto de que un sistema de Mando y Control tiene tanta importancia como otro sistema de armas.

Como no puede ser de otra forma, estos sistemas viven en una continua evolución fruto de planes de investigación y desarrollo a medio plazo (se marcan horizontes en 2030 y años posteriores).

La necesidad de trabajar conjuntamente con otros países en un teatro de operaciones multinacional hace que una de las características que se les piden sea la interoperabilidad con otros sistemas extranjeros. Estas situaciones de cooperación generan oportunidades de mejora, pero también una serie de problemas tanto técnicos como operativos que deben ser solventados. Se ha conseguido acceder a un informe actual de un ejercicio de interoperabilidad en el que se refleja todo.

El título inicial del trabajo era “Estudio comparativo de los diferentes sistemas de mando y control de las potencias OTAN. La interoperabilidad OTAN”, fue sustituido para intentar abarcar un espectro más amplio del tema, sin dejar de tratarse.

El trabajo ha pretendido ser el resultado de una investigación de los sistemas existentes a nivel nacional e internacional y de la interoperabilidad actual. Los resultados expuestos se respaldan en la investigación llevada a cabo y en la participación de un grupo de expertos. Siendo los objetivos finales, un estudio comparativo de cinco sistemas C2 (SIMACET, SICF, SIACCON, FBCB2 y FALCON EXPLOIT) y obtener una visión clara y concisa de la interoperabilidad existente con vistas a plantear posibles mejoras a nivel funcional.

Tras el estudio se ha llegado a la conclusión de que la interoperabilidad existente se da a niveles muy superiores, más técnicos que tácticos, y por ello y en base a los conocimientos adquiridos en la asignatura Sistemas de Información para la Dirección, se ha diseñado una propuesta de sistema que de servicio a una unidad multinacional de entidad Grupo Táctico (Batallón).

Palabras clave

OTAN, C2, interoperabilidad



ABSTRACT

Since the origin of war conflicts, which is almost linked to the origin of mankind, the command and control of military units has been fundamental to achieve victory, the ultimate goal of any conflict. This aspect has increased its importance and has been given a new focus with the irruption of new technologies, to the point that a Command and Control system is as important as any other weapon system.

As it cannot be otherwise, these systems live in a continuous evolution as a result of research and development plans in the medium term (horizons are set in 2030 and beyond).

The need to work together with other countries in a multinational theater of operations means that one of the characteristics required of them is interoperability with other foreign systems. These situations of cooperation generate opportunities for improvement, but also a series of technical and operational problems that must be solved. A current report of an interoperability exercise has been made available which reflects all of this.

The initial title of the paper was "Comparative study of the different command and control systems of the NATO powers. NATO interoperability", was replaced in an attempt to cover a broader spectrum of the subject, while still addressing it.

The work has been intended to be the result of an investigation of the existing systems at national and international level and of the current interoperability. The results presented are supported by the research carried out and the participation of a group of experts. The final objectives are a comparative study of five C2 systems (SIMACET, SICF, SIACCON, FBCB2 and FALCON EXPLOIT) and to obtain a clear and concise vision of the existing interoperability with a view to propose possible improvements at a functional level.

After the study it has been concluded that the existing interoperability is at a much higher level, more technical than tactical, and therefore and based on the knowledge acquired in the subject Management Information Systems, a system proposal has been designed to serve a multinational unit of a Tactical Group entity (Battalion).

KEYWORDS

NATO, C2, interoperability



INDICE DE CONTENIDO

<i>Agradecimientos</i>	<i>I</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>III</i>
<i>Palabras clave</i>	<i>III</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>IV</i>
KEYWORDS	IV
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	<i>VII</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i>	<i>VIII</i>
<i>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS</i>	<i>IX</i>
<i>1 INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
1.1 SISTEMA DE MANDO Y CONTROL	1
1.2 INTEROPERABILIDAD	2
1.3 LA OTAN	2
1.4 RAC 61	3
1.5 SITUACIÓN ACTUAL	3
<i>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</i>	<i>4</i>
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE.....	4
2.2 METODOLOGÍA.....	4
<i>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO</i>	<i>5</i>
3.1 LA INTEROPERABILIDAD EN ESPAÑA.....	5
3.2 LA INTEROPERABILIDAD EN LA OTAN	6
3.2.1 PASARELA MIP	7
3.2.2 CWIX.....	10
3.3 SISTEMAS DE C2 DEL ENTORNO OTAN	11



3.3.1	ESPAÑA	11
3.3.2	FRANCIA	15
3.3.3	ITALIA	16
3.3.4	ESTADOS UNIDOS.....	17
3.3.5	REINO UNIDO	18
3.4	EJERCICIO DONAU WARRIOR 2021	19
4	DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	21
4.1	METODOLOGÍA DELPHI. CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA C2.	21
4.2	ANÁLISIS AHP. COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE C2.	27
4.3	PROPUESTA SISTEMA DE MANDO Y CONTROL	32
5	CONCLUSIONES.....	40
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
7	ANEXOS.....	43
7.1	ANEXO I. MÉTODO DELPHI.....	43
7.2	ANEXO II. AHP.	48
7.3	ANEXO III. COE.....	56
7.4	ANEXO IV. PROPUESTA SISTEMA C2.	58



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura MIP. Fuente: PRESENTACIÓN FORMACIÓN SIMACET MIP BLOQUE 3_ED1.....	8
Figura 2. Fases y estados MIP. Fuente: PRESENTACIÓN FORMACIÓN SIMACET MIP BLOQUE 3_ED1.....	9
Figura 3. Logo CWIX. Fuente: Sitio web oficial CWIX 2021.	11
Figura 4. Tipos de nodos SIMACET. Fuente: elaboración propia.....	12
Figura 5. Criterios, subcriterios y alternativas. Elaboración propia.	28
Figura 6. Comparación de los criterios. Elaboración propia.....	30
Figura 7. Matriz final de decisión de la herramienta AHP. Elaboración propia.	31
Figura 8. Distribución genérica de la pantalla. Elaboración propia.	35
Figura 9. Pantalla de misiones. Elaboración propia	37
Figura 10. Bases-Unidades. Elaboración propia	38
Figura 11. Pantalla del Jefe del GT. Elaboración propia. La fuente de la imagen del área principal de la pantalla es: Ejército de Tierra, Módulo de planeamiento BMS (Foto:MALE).	39
Figura 12. Ronda1.Primer apartado. Elaboración propia	43
Figura 13. Ronda1.Segundo apartado Elaboración propia	44
Figura 14. Ronda1.Tercer apartado. Elaboración propia	45
Figura 15. Ronda 2. Capacidades y características. Elaboración propia	46
Figura 16. Ronda 3. Dimensiones y características. Elaboración propia.....	47
Figura 17. Documento explicación para expertos AHP. Elaboración propia.	49
Figura 18. Pantalla de inicio de la herramienta	51
Figura 19. Definición de criterios y subcriterios en la herramienta.....	52
Figura 20. Comparación de los criterios entre ellos con la herramienta	53
Figura 21. Comparación de subcriterios dentro de cada criterio	53
Figura 22. Comparación de alternativas para cada subcriterio en la herramienta (I)	54
Figura 23. Comparación de alternativas para cada subcriterio en la herramienta (II)	54
Figura 24. Comparación de alternativas para cada subcriterio en la herramienta (III)	55
Figura 25. Matriz final de decisión del AHP.....	55
Figura26.ArquitecturaCOE.Fuente: https://asc.army.mil/web/wpcontent/uploads/COE_Flip_Book.pdf	56
Figura 27. Modelo de datos MYSQL. Elaboración propia.	61



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de interoperabilidad. José María Guerrero Manzano. “Evolución de los Sistemas de Mando y Control: Interoperabilidad e integración”. Seguridad y Defensa.	6
Tabla 2. Grados de interoperabilidad. José María Guerrero Manzano. “Evolución de los Sistemas de Mando y Control: Interoperabilidad e integración”. Seguridad y Defensa.	7
Tabla 3. Frecuencia de aparición de capacidades en las encuestas. Elaboración propia .	23
Tabla 4. Dimensiones y características identificadas por el grupo de expertos. Elaboración propia.....	24
Tabla 5. Media de las valoraciones recibidas de los expertos. Elaboración propia.....	25
Tabla 6. Media de valores asignados por el grupo de expertos. Elaboración propia.	26
Tabla 7. Dimensiones y características elegidas como importantes por el grupo de expertos. Elaboración propia.	26
Tabla 8. Escala Saaty. Fuente: https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/download/26474/28219/78112	29
Tabla 9. Ejemplo comparación de dos criterios. Elaboración propia.	30
Tabla 10. Análisis DAFO de propuesta de sistema de C2. Elaboración propia.....	33
Tabla 11. Usuarios que intervienen en el sistema. Elaboración propia.	58
Tabla 12. Lógica de Alertas. Elaboración propia.....	59
Tabla 13. Descripción de entidades y tablas del sistema. Elaboración propia.	60



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ABCS	Army Battle Command System
ACA	Artillería de Campaña
AHP	Analytic Hierarchy Process
ATCCIS	Army Tactical Command and Control Information Systems
BDT	Base de Datos Táctica
BFA	Brigada Francoalemana
BFT	Blue Force Tracker
BMA	Aplicación de Gestión de Batalla
BMS	Battlefield Management System
C2	Command and Control
C2NIBFSA	Command, Control, Navigation/Blue Force Situational Awareness
CE	Cuerpo de Ejército
CG	Cuartel General
Cía	Compañía
CIS	Communication and Information System
COE	Common Operating Environment
COP	Common Operational Picture
CUD	Centro Universitario de la Defensa
CWIX	Coalition Warrior Interoperability eXploration, eXperimentation, eXamination eXercise
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
FBCB2	Force XXI Battle Command Brigade and Below
FNA	Fuego Naval de Apoyo
FOS	Forward Observer System
FrOps	French Operational Network up to Secret Level
FTP	File Transport Protocol
GT	Grupo Táctico
GTIA	Grupos Tácticos Interarmas
HF	High Frequency
IDT	Interfaz de Datos Táctica
JCRVT	Joint Common Remote Viewing Terminal
JFC	Joint Forces Command
LETacCIS	Land Environment Tactical CIS
MC3	Modernization of Command, Control and Communication Systems



MIP Multilateral Interoperability Program
NATO North Atlantic Treaty Organization
NEC Network Enabled Capability
NFFI Nato Friendly Force Information
NOSE NATO Open Systems Environment
OIG Operational Information Group
ONU Organización de las Naciones Unidas
OTAN Organización del Tratado del Atlántico Norte
PC Puesto de Mando
PLMM Plana Mayor de Mando
Pn Pelotón
RI Razón de Inconsistencia
S/GT Subgrupo Táctico
Sc Sección
SIACCON Sistema Automatizado de Mando y Control
SIC Sistema Individual de Combate
SICCONA Sistema de Mando, Control y Navegación
SICF Sistema de Información y de Comunicación de las Fuerzas
SIMACET-SC2NET Sistema de Mando y Control Nacional del Ejército de Tierra
SIMENFAS Sistema de Mensajería de las Fuerzas Armadas
SIR Sistema de Información Regimental
SIT Sistema de Información Terminal
SMTP Simple Mail Transfer Protocol
Tcol Teniente coronel
URSS Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
VHF Very High Frequency
VJTF Very High Readiness Joint Task Force



1 INTRODUCCIÓN

La mejor forma de comenzar nos la da el Capitán de Corbeta Cubeiro (2001, p.34) en uno de sus informes:

El ejercicio del mando y control se asienta en una serie de principios¹ que podríamos calificar de universales y atemporales. Sirvieron en la época de Sun Tzu, son válidos en el presente y no hay motivos para dudar de que lo sigan siendo en el futuro.

Es evidente que vivimos en un mundo globalizado e interconectado en casi todos los aspectos, y las operaciones militares no son ajenas a esta situación. Estamos viviendo una situación de trabajo conjunto y multilateral entre diferentes naciones, en misiones de carácter tanto convencional como no convencional, en diferentes partes del mundo. Las oportunidades que aparecen en este tipo de operaciones pueden ser muy enriquecedoras para las partes implicadas.

Los sistemas de Mando y Control permiten el ejercicio de la autoridad y el seguimiento de las operaciones militares, clave del éxito de las mismas. Al hablar de operaciones de varios ejércitos, es crucial saber explotar al máximo todos los medios y si es posible interoperar con medios extranjeros. De esta forma se puede comparar capacidades y buscar mejoras.

El trabajo que se presenta a continuación, pretende ser una pequeña monografía sobre un tema cuyo acceso a la información está limitado. Asimismo, se realiza un estudio e investigación de la realidad actual sobre esta materia y se propone un prototipo de sistema que intente paliar las carencias actuales.

En cuanto al ámbito de aplicación de la investigación, la propuesta de mejora y el estudio de los sistemas podría servir a un espectro muy amplio de unidades de diversa entidad, pues el Mando y Control es necesario a todos los niveles de las Fuerzas Armadas.

El trabajo está articulado en torno a un bloque de información sobre los sistemas, otro sobre su comparación y finalmente la propuesta de un sistema conjunto.

Para entender el desarrollo del trabajo se debe definir inicialmente los siguientes conceptos: sistema de Mando y Control e interoperabilidad, así como referenciar dos entidades: la OTAN y el Regimiento Acorazado nº 61.

1.1 SISTEMA DE MANDO Y CONTROL

Un Sistema de Mando y Control (se utilizará con mucha frecuencia en este trabajo el término C2 del inglés Command & Control) en un ámbito militar, es aquel conjunto de medios físicos y procedimientos, que permite a un mando, aplicar el ejercicio de su autoridad sobre las unidades

¹ Estos principios son: unidad, continuidad y clara cadena de mando, planeamiento centralizado y ejecución descentralizada, confianza, cooperación y mutuo entendimiento.



que tiene subordinadas para realizar el planeamiento, la conducción y la ejecución de operaciones militares que lleven al fin último, ejemplificado en el cumplimiento de la misión.

Un sistema de este tipo pretende ser la principal herramienta de apoyo al mando en la toma de decisiones, aportándole información.

En resumen, estos sistemas deben cumplir con las siguientes características:

1. Contar con medios que obtengan información.
2. Contar con herramientas que procesen y sintetizen la información obtenida.
3. Contar con herramientas que distribuyan la información procesada (a elementos superiores y subordinados).
4. Contar con herramientas y aplicaciones que controlen la evolución de la maniobra a partir de la actualización de los datos, pues estos se reciben continuamente.

1.2 INTEROPERABILIDAD

Atendiendo a la definición que da la Real Academia Española este concepto quedaría definido por:

Capacidad de los sistemas de información, y por ende de los procedimientos a los que estos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos.

Atendiendo al mundo militar exclusivamente, este concepto se basaría en la búsqueda de sistemas compatibles en torno a una doctrina y procedimientos, que permitan eficacia a la hora de prestar servicios entre distintos usuarios (sistemas, personas, unidades y fuerzas), para ser empleados por todos los integrantes de una maniobra.

Es un concepto en constante evolución cuya definición se va matizando continuamente tanto a nivel del Ejército de Tierra (nacional) y de la OTAN (internacional).

1.3 LA OTAN

La OTAN nace en 1949 como una alianza de países de la Europa occidental y América del Norte. La finalidad de esta organización era la defensa mutua frente a la amenaza que presentaba en aquel momento la URSS y sus estados satélites que posteriormente formarían el Pacto de Varsovia.

Con la caída del bloque del Este y el fin de la Guerra Fría, la razón de ser de la OTAN había desaparecido, y se vivió un período de reformulación y definición de los objetivos de la organización. El resultado de todo esto, fueron nuevas formas de cooperación política y militar para tratar toda serie de conflictos regionales que alteren la seguridad y estabilidad mundial.

La OTAN tiene en su identidad la interoperabilidad a todos los niveles de los 30 países miembros de la alianza, ya sea con las misiones internacionales, o los ejercicios conjunto-combinados que realiza. Como no puede ser de otra forma, el Mando y Control no queda exento de esta realidad, y este el punto de partida del trabajo.



1.4 RAC 61

El Regimiento acorazado "Alcázar de Toledo" nº 61 constituye la punta de la lanza de las unidades pesadas del Ejército de Tierra. Consta de un batallón de infantería y un grupo de caballería. El Batallón de Infantería de Carros de Combate "León" se encuentra acuartelado en la Base Militar El Goloso (Madrid). Cuenta con el sistema de armas más potente con el que cuenta el ejército, el carro de combate Leopard 2E.

La unidad destaca por su alta participación en misiones internacionales bajo mandato de la ONU y de la OTAN, tales como:

- SPABRI IX, SPAGT XIV, SPAGT XVIII (Bosnia).
- KSPAGT XIII, KSPFOR XVII (Kosovo).
- L/H VII, L/H XIV, L/H XIX (Líbano).

Hay que destacar también la intervención de la unidad en el conflicto del Sáhara español en 1974.

El regimiento está encuadrado en la Brigada Guadarrama XII, vanguardia del ejército en cuanto a despliegues internacionales y trabajos conjuntos con potencias extranjeras.

1.5 SITUACIÓN ACTUAL

El 24 de febrero de 2022 el mundo cambió. Una nueva amenaza a la paz y seguridad internacional apareció en el este de Europa poniendo un examen difícil para las potencias occidentales.

A día de la entrega de este trabajo, el papel de la OTAN ha sido de condena de la invasión rusa y envío de sistemas de armas y munición a la invadida Ucrania, todo ello respaldado con duras sanciones económicas por parte de la comunidad internacional.

Dicho esto, este tipo de conflicto pone un énfasis al tema que se va a tratar a continuación. En caso de que aumentase la tensión con occidente, el éxito de las operaciones de la OTAN vendría condicionado por la interoperabilidad de sus sistemas.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El trabajo busca conocer y estudiar la situación actual de los sistemas de Mando y Control nacionales y extranjeros desde un punto de vista técnico y operacional. Igualmente se desea realizar una comparativa de estos sistemas en base a características y requisitos que hoy en día se consideran fundamentales, uno de ellos es que sea interoperable tanto con sistemas nacionales como extranjeros. Asimismo, se pretende reflejar la situación actual de la interoperabilidad en la OTAN para extraer una serie de conclusiones y en caso último plantear una alternativa o hipótesis.

Referido al alcance, el trabajo estará soportado en la información obtenida sobre este tema. Se debe tener en cuenta que, al tratarse de materiales sensibles, la información es escasa y de difícil acceso.

La hipótesis y el prototipo que se pueda llegar a plantear no incurrirá en conceptos y características muy técnicas, buscando un plano más táctico y siendo acorde a los conocimientos adquiridos previamente en la titulación y en la realización del trabajo.

2.2 METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó la búsqueda de la información necesaria para su posterior síntesis y resumen. Se estudiaron casos existentes de ejercicios realizados por la unidad en la que se realizaron las prácticas.

Empleando la metodología Delphi, se llevaron a cabo entrevistas a expertos en la materia para extraer requisitos e información de primera mano. El fin último de las encuestas y la búsqueda de la información fue la utilización del Método de Jerarquización Analítica (AHP) para comparar los sistemas actuales y la identificación de los requisitos de la propuesta a realizar.

En el desarrollo del trabajo se han empleado herramientas y procedimientos informáticos aprendidos en la asignatura de Sistemas de Información para la Dirección, como por ejemplo, MySQL (sistema de gestión de bases de datos).



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

En este apartado se va a proceder a exponer los resultados de la búsqueda de información realizada. Con ello se pretende crear la antesala de la comparación y estudio, base del resto del trabajo.

Se introducen los sistemas de C2 de la OTAN y la interoperabilidad existente en base a un ejercicio reciente al que se ha tenido la suerte de poder acceder a los informes resultantes.

3.1 LA INTEROPERABILIDAD EN ESPAÑA

En España los sistemas principales de Mando y Control son el BMS-ET y el SIMACET o SC2NET para control operacional y el TALOS para coordinación de apoyo de fuegos.

Estos sistemas pueden ser interoperables de modo que desde un Cuartel General de nivel Brigada, el General pueda ver a sus Batallones en el campo de batalla. Esto es debido a que el BMS-ET alimenta a SIMACET en materia de posicionamiento.

La interoperabilidad se da gracias a una pasarela². En el caso BMS-SIMACET encontramos dos pasarelas que se instalan en un portátil (hardware) para su uso. Estas son:

- IDT (Interfaz de Datos Táctica): da la posibilidad de intercambio de mensajería vía correo electrónico entre los clientes conectados. El protocolo IDT 2de BMS es traducido a Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) de mensajería.
- COE (Common Operating Environment) o Entorno Operativo Común. Con esta pasarela se produce el flujo de los datos puramente operativos (simbología, zonas geográficas que pueden dificultar la maniobra, límites de zonas de acción...). Traduce IDT a File Transport Protocol (FTP).

La OTAN desarrolló el NFFI (Nato Friendly Force Information) como un estándar para poder intercambiar información entre aliados de un ordenador a otro exclusivamente. El protocolo NFFI puede sustituir al protocolo COE. El plan MC3³ recogía esta necesidad de actualización de todos los sistemas de Mando y Control del Ejército con la vista puesta en el esfuerzo común de la OTAN.

En el marco nacional, se está trabajando para implementar el BMS FASE II y el PROMETEO como horizonte futuro de SIMACET. Se pretende que se facilite la interoperabilidad.

² Pasarela: conjunto formado por un software y un hardware que actúa como traductor entre los protocolos de dos sistemas interconectados a fin de permitir el paso de datos de uno a otro.

³ Plan de modernización de los sistemas de C2 del Ministerio de Defensa que empezó en 2009.



3.2 LA INTEROPERABILIDAD EN LA OTAN

El APP-6 ⁴ define el concepto de interoperabilidad como “la capacidad que tienen los sistemas, unidades o fuerzas para suministrar y/o aceptar los servicios de otros sistemas, unidades o fuerzas y usar dichos servicios para operar conjuntamente de una forma efectiva”.

El creciente número de ejercicios combinados (participan varios ejércitos de un mismo país) y conjuntos (varios países) provoca que la interoperabilidad de los sistemas de Mando y Control sea una meta por alcanzar. Se habla entonces de integración e interoperabilidad. La primera va referida a sistemas propios y la segunda a sistemas extranjeros. Con ello, se busca evitar que desde un Puesto de Mando se tengan que gestionar multitud de medios y sistemas, siendo la tendencia integrar el conjunto en un sistema multifuncional, subdividido en varias áreas capaz de ser gestionado desde un único terminal y una aplicación de aplicaciones.

Como es evidente, para que se produzca la interoperabilidad, tiene que haber un acuerdo mutuo entre las partes que van a trabajar conjuntamente. En estas líneas la OTAN establece las pautas a seguir por las naciones implicadas en materia de interoperabilidad.

Se definen seis niveles que permiten esclarecer la interconexión de los sistemas:

Nivel	Descripción
NIVEL 1	Intercambio de cualquier tipo de información mediante medios fuera de línea.
NIVEL 2	Intercambio de cualquier tipo de información mediante dos operadores.
NIVEL 3	Intercambio de cualquier tipo de información mediante un operador.
NIVEL 4	Interconexión de dos sistemas con carácter restringido.
NIVEL 5	Interconexión de dos sistemas con restricciones establecidas por un ordenador
NIVEL 6	Intercambio Sistema-Sistema sin ninguna restricción. Plena interoperabilidad.

Tabla 1. Niveles de interoperabilidad. José María Guerrero Manzano. “Evolución de los Sistemas de Mando y Control: Interoperabilidad e integración”. Seguridad y Defensa.

Recientemente se ha completado esta clasificación con el esclarecimiento de cuatro grados para que permita la definición de la interoperabilidad en base a un proceso de datos automático:

⁴ Manual estandarizado de la OTAN.



Grado	Descripción
GRADO 1	“intercambio de datos no estructurados”. Intercambio de datos directamente interpretables por el operador.
GRADO 2	“intercambio de datos estructurados”. Intercambio de datos directamente interpretables por el operador y estructurados, requieren cierto tratamiento para su empleo.
GRADO 3	“compartir datos”. De forma automática y en base a un modelo común. Compartir automáticamente datos entre sistemas en base a un modelo de datos.
GRADO 4	“compartir información”. Es una mejora del grado 3 y permite la plena transmisión de la información.

Tabla 2. Grados de interoperabilidad. José María Guerrero Manzano. “Evolución de los Sistemas de Mando y Control: Interoperabilidad e integración”. Seguridad y Defensa.

La OTAN ha generado un modelo definido de referencia abierta llamado NATO Open Systems Environment (NOSE), con el cual se ha conseguido definir un lenguaje común para el intercambio de datos entre diferentes sistemas de Mando y Control. Este lenguaje se ha conseguido modelizando el campo de batalla y las partes que participan en él. Con el modelo se abarca la gestión, arquitectura, perfiles de base y estándares que se deben seguir.

Todo esto surgió en el foro ATCCIS (Army Tactical Command and Control Information Systems) y se siguió desarrollando en el foro MIP (Multilateral Interoperability Program) del cual salió la pasarela que lleva el mismo nombre, pieza clave de la interoperabilidad OTAN de la que hablaremos posteriormente.

3.2.1 PASARELA MIP

El MIP (Multilateral Interoperability Program) comenzó siendo un foro de debate entre los diferentes miembros de la OTAN que pretendía poner en común los conocimientos sobre medios C2 y fijar unas nuevas pautas para la interoperabilidad.

La culminación de este foro es la creación de la pasarela MIP, desarrollada por la empresa THALES. El entorno de trabajo multinacional precisa de un fluido intercambio de información táctica y operacional, lo que se traduce en la creación de esta pasarela de la que se obtiene: el protocolo MIP-DEM 3.1 y el modelo de base de datos JC3IEDM 3.1.4 .5

La gestión interna de cada uno de los sistemas de C2 que participan en la operación queda fuera del ámbito de trabajo de MIP, quedando esto bajo la responsabilidad de los países propietarios.

Hablando del caso concreto de nuestro país (siendo muy similar a los casos extranjeros), la pasarela presenta las siguientes ventajas:

- Evita modificar SIMACET. Se comporta como otro cliente que actúa de forma dual, lee información de la base de datos del nodo SIMACET que será enviada a otros sistemas y escribe la información que ha recibido el nodo SIMACET.



- Establece un punto de control de salida/entrada de información que filtra la información que debe salir y entrar de SIMACET.

- Ayuda a decidir que información debe ser intercambiada.

En los contratos entre sistemas MIP de los diferentes organismos, se establece que no se comparte información táctica sino contenedores en los que se asocia este tipo de información. Estos contenedores reciben el nombre de OIG (Operational Information Group) y constituyen el pilar fundamental para el intercambio de datos. Cada OIG, guarda una serie de información con carácter relevante para el desarrollo de la operación (unidades, zonas de acción, tareas...). La totalidad de la información pertenece por lo menos a un OIG.

Existen seis categorías de OIGs:

- FRDNEU: Friendly and neutral (organisational). Categoría que representa equipos y unidades amigas y neutrales permitiendo conocer su localización y estado operativo.

- FRNENO: Friendly and neutral (non-organisational). Representa líneas tácticas e instalaciones amigas y neutrales. Incluye obstáculos. No incluye tareas ni eventos.

- UNCORR: Uncorrelated enemy and unknown. Información enemiga que no ha sido confirmada por la inteligencia aliada.

- CORENU: Correlated enemy and unknown. Información enemiga y desconocida certificada por Inteligencia.

- GLBSGN: Global significant. Categoría en la que se recogen las zonas que pueden afectar al desarrollo de la maniobra como campos de Minas, áreas con incidentes NBQ, zonas con restricción de fuego...

- PLNORD: Plans/Orders. Pensado para órdenes.

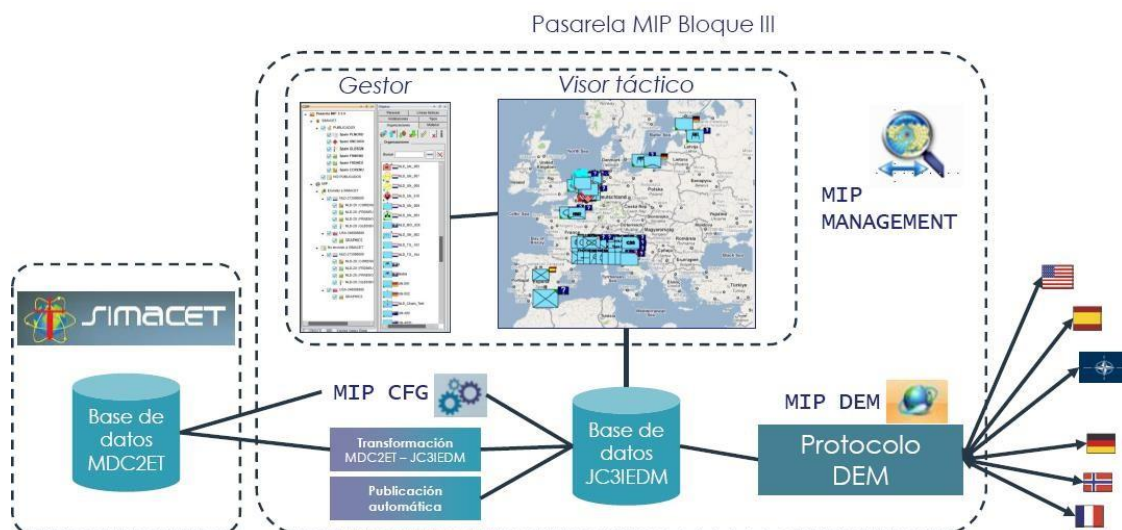


Figura 1. Arquitectura MIP. Fuente: PRESENTACIÓN FORMACIÓN SIMACET MIP BLOQUE 3_ED1



El intercambio de ficheros se lleva a cabo con el protocolo DEM, con el cual se pueden intercambiar dos tipos de ficheros:

- Ficheros X01: son ficheros generados por cada modificación de los datos en tiempo real. El X01 se envía automáticamente a cada uno de los nodos suscritos al OIG. Este tipo de ficheros se comparten online.

- Ficheros MOU: serían los ficheros de Misión de SIMACET. Tienen toda la información asociada a un OIG. Se comparten off-line los ficheros y permite cargar inicialmente una situación en los nodos MIP.

En una red formada por nodos MIP, el papel de estos puede abarcar dos roles:

- Data Provider (DP): provee de datos a otros nodos gracias a un OIG's compartido.
- Data Receiver: (DR): recibe datos de otros nodos a través de los OIG's que estos le compartieron.

Para que se produzca la transmisión y recepción de datos, debe darse la siguiente secuencia: ambos nodos se conocen, el DP ha compartido sus OIG's con el DR, el DR se debe suscribir al nodo DP y el DR se debe suscribir a alguno de los OIG's que comparte DP. Los OIG's deben ser compartidos individualmente con cada nodo.

Al estar suscrito un nodo DR al OIG del nodo DP, la información se envía automáticamente sin necesidad de un operador que participe en el proceso. El envío se puede realizar por dos modos: histórico y eficiente.

Tras el envío los cambios quedan sincronizados en el OIG de ambos nodos. Estos cambios son enviados de forma automática a los DR que dependen del OIG. El envío se corta si el nodo DR deja de estar suscrito al OIG o al DP o si el DP deja de compartir sus OIG's con el DR.

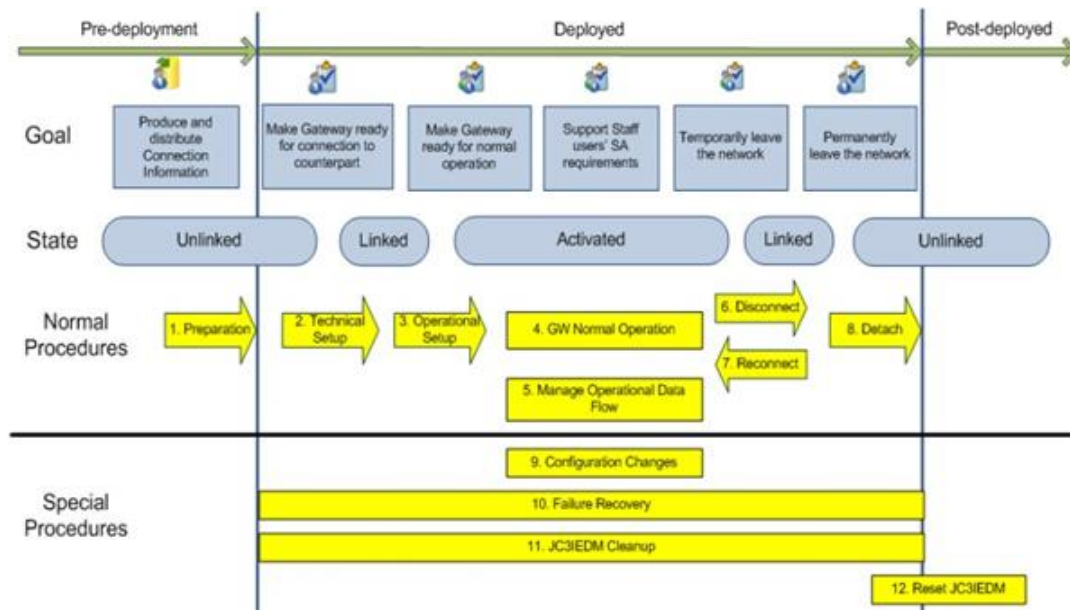


Figura 2. Fases y estados MIP. Fuente: PRESENTACIÓN FORMACIÓN SIMACET MIP BLOQUE 3_ED1



Como vemos en la imagen de arriba, la pasarela MIP puede presentar diferentes estados:

- Unlinked o desconectado. En este caso no existen datos cargados en la pasarela y se tienen que definir las identidades de cada nodo.
- Linked o conectado. La información de la configuración ya ha sido cargada y distribuida a cada nodo. La información se carga también en la pasarela MIP.
- Activated o activado. Se produce el intercambio de información. El nodo puede enviar, recibir o realizar ambas actividades a la vez.

En cuanto a los procedimientos encontramos de dos tipos, normales y especiales. Los normales son (según su secuencia):

1. Preparation (Preparación). Se generan los datos de identificación del nodo propio y se intercambian con el resto.
2. Technical Setup (Configuración técnica). Se carga en la pasarela los datos de identificación de la totalidad de los nodos.
3. Operational Setup (Configuración operacional). Se activa la pasarela y comienza la circulación de datos.
4. Gateway Normal Operation (Operación normal de la pasarela). La información se intercambia en eficacia y de forma automática.
5. Manage Operational Data Flow (Gestión del flujo de datos operacional). Establece el control del flujo de información.
6. Disconnect (Desconexión). Permite desconectar un nodo de la MIP.
7. Reconnect (Reconexión). Permite volver a conectar un nodo desconectado previamente.
8. Detach (Finalización). El nodo abandona la red de forma permanente.

Por otro lado, los procedimientos especiales son:

1. Configuration changes (Cambios en la configuración). Tramita las alteraciones en la configuración de la MIP.
2. Failure recovery (Recuperación ante fallos). Pretende dar solución a los errores que puedan ir apareciendo.
3. JC3IEDM clean-up (Limpiado JC3IEDM). Permite limpiar y actualizar la base de datos de cara a operaciones con cierta duración.
4. Reset JC3IEDM (Borrando de JC3IEDM). Posibilita el vaciado completo del modelo de datos.

3.2.2 CWIX

La importancia que le da la OTAN a la interoperabilidad viene reflejada en el evento CWIX (Coalition Warrior Interoperability eXploration, eXperimentation, eXamination eXercise). Está dirigido por el Headquarters Supreme Allied Command Transformation (HQ SACT). Este programa tiene una periodicidad anual.



En él se reúnen los miembros de la OTAN y se comparten conocimientos tanto técnicos como operacionales de esta materia. En este foro se pretende abarcar todo lo relacionado con los sistemas de Mando y Control y los medios CIS, presentando las capacidades actuales y las líneas de trabajo futuras a tener en cuenta puesto que son conceptos en constante evolución.

Los últimos años han visto como se ha hecho énfasis en la investigación de sistemas interoperables con proyección de despliegue en operaciones en el exterior, como es el caso de la Fuerza de Tarea Conjunta de Muy Alta Preparación (VJTF) en la que participa la Brigada Guadarrama XII. El CWIX permite poner a prueba a las naciones participantes en una serie de ejercicios conjuntos.

El ejercicio del año 2021 contó con la participación de 28 países que realizaron más de 10.000 pruebas de interoperabilidad. El gran avance de esta edición ha sido el despliegue del sistema de Aplicación de Gestión de Batalla (BMA) por parte de Reino Unido, para apoyar las actividades de su Cuartel General. El sistema ha permitido el empleo de una plataforma por parte de varios clientes extranjeros. La empresa que realizó la plataforma era Elbit Systems UK.



Figura 3. Logo CWIX. Fuente: Sitio web oficial CWIX 2021.

3.3 SISTEMAS DE C2 DEL ENTORNO OTAN

En este apartado se va a proceder a explicar los principales sistemas de Mando y Control que tienen las potencias de la OTAN.

3.3.1 ESPAÑA

SIMACET

En nuestro ejército sigue imperando el empleo del SIMACET permitiendo el ejercicio de la función de combate mando y control a nivel Brigada, División y Cuerpo de Ejército (CE). Este sistema permite asimismo difundir e integrar la información obtenida hasta el escalón batallón o grupo.

Este sistema permite al jefe el planeamiento y la conducción de las operaciones militares al mismo tiempo, que le facilite tener una visión clara y concisa del campo de batalla permitiendo tomar decisiones para posteriormente difundirlas a sus unidades subordinadas.

En cuanto a su nivel funcional, SIMACET facilita el mando y control con aplicaciones de gestión táctica, mensajería e información geográfica. La columna vertebral de este sistema es la base de datos táctica (BDT). La BDT quedaría definida como un conjunto de datos de diverso



tipo (perfiles de usuario, imágenes, datos de red del sistema...) que se cargan en los nodos de modo que todos tengan la misma información al inicio del ejercicio.

Puesta en marcha a través de Ficheros de Misión Configuración: Red de réplica y Usuarios
Información táctica: Plantillas, Objetos, Acciones...

Haciendo uso de un mecanismo de réplica es permitido que, durante la conducción de la operación se puedan difundir los cambios acontecidos de manera que la información en todos los nodos siga siendo la misma.

La transmisión de órdenes e instrucciones se da mediante una aplicación similar al correo electrónico con particularidades militares que permiten la relación entre diferentes puestos de mando.

La gestión de la información y el conocimiento adquirido es realizada gracias a la incorporación de herramientas de comunicación y gestión que permiten compartir la misma. Toda esta información es protegida mediante aplicaciones que aseguran la integridad y disponibilidad de la información y el sistema.

El SIMACET ofrece la opción de intercambiar la información tanto con otros subsistemas específicos del Ejército de Tierra como con otros ejércitos u organizaciones, siempre sin perder la seguridad.

El sistema propiamente dicho se compone de nodos conectados entre sí creando una red extensa. Cada nodo cuenta con un servidor de la base de datos MDC2ET 1.7 y un cierto número de clientes conectados al servidor.

En la doctrina española MADOC (2009) se expresa la definición de nodo como:

El conjunto de medios, hardware y software, capacidades, personal y procedimientos donde se realizan todas o algunas de las funciones y actividades del sistema. La característica principal de cualquier nodo es la de disponer de BDT que interactúa e intercambia información con la de otros nodos. Normalmente proporciona servicio a un Cuartel General /Plana Mayor de Mando o a un puesto de mando. El conjunto de varios nodos junto con los procedimientos de relación e intercambio de información entre ellos constituye la red del SIMACET.

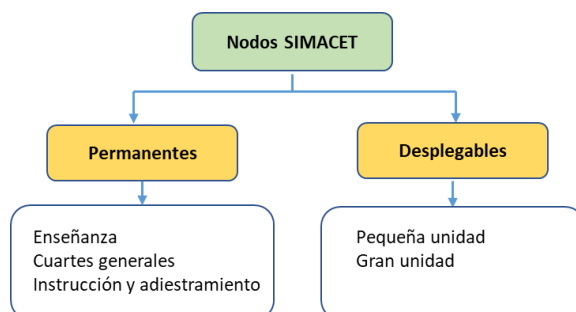


Figura 4. Tipos de nodos SIMACET. Fuente: elaboración propia

Los tipos de instalaciones que presenta SIMACET son:



LEO: presta servicio a una Gran Unidad. Despliega aplicaciones de administración tanto para gestión de plantillas (Pléyades) como para la gestión cartográfica (Heracles). Se encuentra en los Puestos de Mando de Gran Unidad.

SAGITARIO: presta servicio a una Pequeña Unidad. Despliega aplicaciones de administración excluyéndose las de LEO y de usuario para la creación de datos tácticos (Antares). Se encuentra en los Puestos de Mando de Pequeña Unidad.

ESCORPIO: es el cliente propiamente dicho. Puede convertirse en un nodo. Despliega aplicaciones de todo tipo.

En cuanto a la preparación del despliegue y la maniobra, se carga el fichero de misión desde la aplicación Altair. En este marco se encuadran los nodos y redes de réplica creados desde Netadmin, las plantillas o datos estáticos creados desde Pléyades y los datos tácticos desde Antares. La simbología y los datos cartográficos se crean desde Heracles.

Una vez realizado el fichero de misión se carga en todos los nodos y se configuraría en cada uno de ellos. El funcionamiento se inicia con la puesta a punto de la aplicación Hydra que realiza la réplica de la base de datos. Durante todo el proceso desde la aplicación Antares se permite la modificación de los datos tácticos cargados previamente.

BMS

El sistema BMS (Battlefield Management System) es un Sistema de Mando y Control a nivel Batallón o Grupo Táctico e inferiores. Es un software desarrollado conjuntamente por Thales e Indra que inicialmente era exclusivo de unidades acorazadas con el nombre BMS-LINCE y que actualmente se enfoca a unidades ligeras también bajo el nombre BMS-ET. Este sistema posibilita la coordinación entre las unidades y sus Puestos de Mando en el transcurso de una operación. Pretende unificar el Mando y Control de las pequeñas unidades y evitar que aparezcan problemas de coordinación entre ellas, muy comunes en unidades con vehículos. El hablar de Grupo Táctico implica que a un Batallón se le puedan agregar otras unidades de diferentes armas, lo que hace que se dificulte la coordinación entre las mismas. El sistema incluye actualmente un hardware a modo de tableta electrónica que permite que se visualicen los servicios que presta.

El sistema permite apoyar la planificación, dirección, coordinación y control del cumplimiento de la misión. En cuanto a sus funcionalidades, las más importantes:

- **Planeamiento:** sirve de apoyo a la planificación inicial de una operación que permite modificar las Líneas de Acción. Permite la confrontación de las Líneas de Acción y su evolución temporal. Permite la elección y difusión de la Líneas de Acción al resto de unidades.
- **Administración del Sistema:** realiza la configuración inicial del sistema para crear un 'fichero de configuración' para distribuirlo al resto de unidades.
- **Sistema de Información Geográfica:** permite georreferenciar en un mapa la información disponible y visualizarla. Se gestionan las capas de tipo cartográfico y de simbología táctica para que el usuario pueda obtener una visión más amplia para la conducción de la operación.
- **Mensajería:** El objetivo de esta funcionalidad es la de permitir las comunicaciones tanto dentro como fuera del sistema a través de mensajes. Para las comunicaciones dentro del sistema se dispone de un sistema de Mensajería interna con posibilidad de anexar ficheros. Además, se



hará uso del Sistema de Mensajería de las Fuerzas Armadas (SIMENFAS) para la mensajería entre PC Batallón y Unidad Superior.

- **Gestión de Documentos:** permite un apoyo al usuario a la hora de tratar la documentación, ya sea previo a la misión o posterior a la misma (realización de informes). Esta funcionalidad permite crear una biblioteca para almacenar los diferentes tipos de datos y facilitar su posterior búsqueda.

- **Apoyo de Fuegos:** el sistema apoya a los usuarios en la elaboración y distribución de listas de objetivos y elaboración de planes de fuego. Permite realizar 'Solicitudes de Fuego' tanto en casos previstos como imprevistos.

- **Control de Tiempos:** el sistema permite controlar cinco tipos de relojes. Cada uno de ellos controla un aspecto de la operación (la hora local, la hora común a la operación, el tiempo transcurrido desde que empezó la operación, cuenta atrás configurable según las necesidades del usuario y un cronómetro).

- **Gestión de datos estáticos:** con esto se busca realizar un mantenimiento de los datos que forman parte del modelo de datos del sistema mientras dure la operación. Para facilitar esta tarea se dispone de una herramienta de importación de la información propia del Ejército de Tierra.

- **Gestión de Distribución de la Información:** con esta funcionalidad el sistema permite definir cómo se va a repartir la información por todo el despliegue (destinatarios y filtros que va a pasar).

- **Gestión de Comunicaciones:** el sistema ofrece la capacidad de controlar y optimizar las telecomunicaciones de las plataformas que operan. Asimismo, posibilita las comunicaciones a través de los equipos de transmisión de datos conectados a la Interfaz IP/Ethernet del propio sistema.

Para posibilitar el intercambio de información, BMS emplea los medios de comunicación y transmisiones de las propias unidades del Ejército de Tierra principalmente la radio PR4G modelo V3 (son las que se usan en las unidades acorazadas y mecanizadas) para facilitar el posicionamiento y también puede conectarse al GPS (Global Positioning System).

TALOS

El sistema de Mando y Control Talos GMV permite coordinar y ejecutar la acción de fuegos en la maniobra terrestre en los niveles de mando de Brigada y Batallón. Se emplea tanto en el Ejército de Tierra como en la Armada.

Las acciones de fuego que se recogen en Talos abarcan desde: artillería de campaña (ACA), morteros de infantería, fuego naval de apoyo (FNA) y el apoyo aéreo. Todos ellos enmarcados en el apoyo a las acciones terrestres.

El sistema Talos consta de dos subsistemas: subsistema de planeamiento de apoyos de fuegos y subsistema de ejecución de apoyos de fuego. Estos subsistemas basan su funcionamiento en la interconexión de células propias que permiten el intercambio de información de forma permanente.

El sistema Talos cuenta con herramientas de soporte para la decisión del mando: permite comparar y elegir líneas de acción, seguimiento de fuerzas amigas, monitorización de las



acciones tácticas de la maniobra y corrección del tiro entre otras. Todo esto gracias a la actualización de la maniobra en los sistemas cartográficos que tiene.

Todas las células del sistema cuentan con las mismas funciones, a destacar:

- Localización de forma automática.
- Visualización y edición de entidades sobre cartografía.
- Uso y conversión de diferentes sistemas geodésicos.
- Mensajería.
- Control simultáneo de varios sistemas desde un mismo Puesto de Mando.

3.3.2 FRANCIA

Conforme al último estudio sobre los sistemas de C2 franceses (Sierra Corredor, 2017), estos son:

Sistema de Información y de Comunicación de las Fuerzas (SICF): podríamos decir que es el equivalente al SIMACET pues presta servicio a las fuerzas terrestres desde nivel Brigada a unidades superiores (División y Cuerpo de Ejército). Es un sistema que se emplea en el plano táctico de las operaciones que puede dar servicio en acciones conjuntas o multinacionales. Sobre el SICF se centran el resto de los sistemas de mando y control y se apoya en diferentes sistemas de transmisiones.

Los servicios que proporciona para la acción del mando son el intercambio de información, almacenamiento, tratamiento, presentación y protección de toda la información a tratar durante la operación.

Permite la interoperabilidad con otros sistemas que se encuentran subordinados a él como pueden ser ATLAS (artillería) o MARTHA (defensa antiaérea). Asimismo, permite operar con sistemas aliados con el programa MIP (Programa Interoperabilidad Multilateral) del que hemos hablado antes.

Para realizar los intercambios de información, el SICF dispone de varios servicios: de mensajería, de conexión a todo tipo de red IP, permite compartir información en la red permitiendo el trabajo colaborativo, presenta una biblioteca común, dispone de un editor táctico y de un sistema cartográfico.

Sistema de Información Regimental (SIR): este sistema es el empleado por los puestos de mando de nivel Regimiento/Grupo Táctico, Compañía / Unidad Elemental y Pelotones de circulación y de regulación de tráfico de las Unidades de Transporte.

Este sistema se concibe con la idea del mando y control de los GTIA (Grupos Tácticos Interarmas). En el marco del combate permite un intercambio y tratamiento de la información de forma eficaz. Se puede interoperar con otros sistemas tanto nacionales como extranjeros.

Asegura el flujo de información desde el PC de GTIA hasta las unidades subordinadas. Es un Sistema de información embarcado. Es la interface entre el mando del SICF y las unidades



del terreno. El SIR se apoya en medios de transmisiones radio VHF (PR4G) y en las redes de tipo CARTHAGE (HF).

Sería similar al BMS-LINCE.

Sistema de Información Terminal (SIT): este sistema abarca los niveles más bajos en cuanto a entidad de las unidades. Emplea medios de transmisión VHF (PR4G). Presenta diversas formas y denominaciones, a destacar: el Sistema de información Terminal Elemental (SITEL), el Sistema de Información Terminal Vehicular (SIT-V1), el SIT V1XL y el Sistema de Información Terminal de Combate Desembarcado (SIT COMDE).

Red de Operaciones (FrOps): las siglas responden a French operational network up to secret level. Este sistema de mando y control se ha convertido en el principal desde 2014. Es un sistema de carácter confidencial común a todo el despliegue e interoperable con otros sistemas de potencias de la OTAN y de la UE por medio de pasarelas.

3.3.3 ITALIA

Según el último informe (Bermejo Cabrera, 2017), en el año 2009 se inició el programa “Fuerza NEC” (Network Enabled Capability) centrado en el intento de la plena digitalización del “campo de batalla” a fin de integrar un conjunto de sistemas en una única red.

El concepto “Fuerza NEC” está basado en cuatro pilares:

- **El SIACCON (Sistema Automatizado de Mando y Control)** que presta servicios a puestos de mando desde nivel CE hasta Grupo Táctico. Es un software capaz de automatizar procesos de planeamiento típicos de gran unidad que puede extender alguna de sus funcionalidades a niveles inferiores y subordinados (S/GT, Sección, Pelotón). Se encuentra articulado en módulos funcionales, encargados de mecanizar las actividades de todas las áreas funcionales y de permitir su homogenización. Entre sus actividades operacionales se encuentran, la actualización de la situación en base a la recogida de datos del entorno y las fuerzas amigas y enemigas, la selección de los datos a través de las actividades de evaluación, la concentración de los datos en un sistema capaz de memorizarlos para actualizar la situación, la utilización de las informaciones seleccionadas y su visualización. Todas ellas forman parte del proceso de decisión y transformación de estas decisiones en órdenes.

- **El SICCONA (Sistema de Mando, Control y Navegación)** que presta servicio a niveles Cía/Sc/Pn y se encuentra conectado con el SIACCON. Permite conocer información sobre la situación operativa y prestaciones en tiempo real del vehículo/plataforma en el que va integrado. Este programa surge a raíz de la necesidad de monitorizar a las unidades de maniobra que operan en el campo de batalla y es una pieza clave de la evolución hacia la digitalización del terreno operacional. Este sistema permite el Mando y Control en todo tipo de escenarios y situaciones, incluyéndose escenarios urbanizados.

El SICCONA garantiza las siguientes funciones operativas:

- Localización y representación de las unidades.
- Muestra la ruta a seguir por la unidad.
- Intercambio de mensajes.



- Disponibilidad de datos de diversa índole.
- Gestión de los flujos de transmisión de datos.
- Acceso a los vectores de comunicación.

• **El C2N/BFSA (Command, Control, Navigation/Blue Force Situational Awareness)** es el sistema concebido para equipar a las plataformas con la capacidad de proporcionar información relativa a la posición y movimiento de estas.

Da servicio desde el nivel de Pelotón hasta el de Regimiento/Batallón. Operativamente es muy similar al SICCONA, pero difiere en que es instalado en vehículos que no presentan armamento.

• El sistema Soldado Futuro con el que se busca mediante el empleo de sistemas tecnológicos, aumentar las capacidades técnicas y tácticas del combatiente. Se busca potenciar sus 5 áreas capacitivas fundamentales: Mando y Control, supervivencia, autonomía, movilidad y letalidad. El objetivo es que todas estas mejoras permitan una integración con los niveles superiores.

• **El Sistema Individual de Combate (SIC)** está compuesto por 5 subsistemas: Subsistema ARMA, Subsistema C2, Subsistema COMUNICACIONES, Subsistema MOVILIDAD NOCTURNA, Subsistema ADQUISICIÓN OBJETIVOS y Subsistema SUPERVIVENCIA.

3.3.4 ESTADOS UNIDOS

Atendiendo al último estudio (García Gómez, 2021), el Ejército estadounidense lidera la clasificación de inversión e investigación en sistemas de mando y control. Hoy en día, todas las funciones de combate ⁵ poseen su propio sistema que se interconecta con los demás creando un conjunto llamado "Army Battle Command System, (ABCS)".

El sistema de Mando y Control empleado hoy en día para los niveles tipo Brigada e inferiores se denomina "Force XXI Battle Command Brigade and Below (FBCB2) –Blue Force Tracker (BFT)".

Con ayuda de la tecnología americana de GPS, da la opción de compartir entre unidades el denominado "Common Operational Picture" o situación actualizada del campo de batalla. Entre sus principales características están el intercambio de voz, video, y transmisión de datos, permite tener acceso a cartografía e información logística y además muestra sobre la pantalla el posicionamiento actualizado de las fuerzas tanto propias como enemigas. Permite también la transmisión de órdenes e imágenes. Dentro del sistema se encuentra integrado el sistema Forward Observer System (FOS) para el control de las acciones de apoyos de fuegos y su integración.

El FCB2 es considerado el sistema en el que se integran los sistemas del resto de funciones de combate mencionadas anteriormente.

⁵ La doctrina americana considera estas funciones de combate: "Mission Command", "Movement and Maneuver", "Intelligence", "Fires", "Sustainment", y "Protection".



La versión actual del sistema se transmite por satélite de banda L desde cada terminal. Tiene menor ancho de banda que las versiones anteriores haciendo que se pierda cierta seguridad, pero permitiendo una configuración más rápida del sistema.

Aparte de los sistemas de Mando y Control, el ejército estadounidense establece mallas de radio de combate en todas sus unidades con medios VHF-FM, siendo estas:

- Malla de Mando, “Command Operations Network” (C2 Net).
- Malla de Operaciones e Inteligencia, “Operations and Intelligence Network” (O&I Net).
- Malla de sostenimiento, “Sustainment Operations Network”.
- Malla administrativa y logística, “Administrative and Logistic Network” (A&L Net).

Actualmente la tendencia que impera en el ejército estadounidense es la de homogeneización de todos los sistemas de Mando y Control de cada una de las funciones de combate, ya que cada una posee equipos hardware y software específicos, provocando que el intercambio de información sea muy laborioso en vistas a conseguir un pleno dominio de todo el campo de batalla.

En vistas a frenar este problema, ha sido desarrollada la iniciativa Common Operating Environment (COE), de la que hablaremos más tarde, a imagen y semejanza de la telefonía móvil civil que emplea un único software que integra los diferentes sistemas como si fueran aplicaciones. La finalidad de esta integración es que las aplicaciones puedan compartir datos, mapas y mensajería. Este sería un gran punto de partida para avances posteriores en C2 tanto en EE. UU. como en el resto de la OTAN.

3.3.5 REINO UNIDO

En el informe del caso británico (Armada Vázquez, 2018) se menciona que sus sistemas de Mando y Control se encuentran en un período de transformación basado en el proyecto Land Environment Tactical CIS (LETacCIS)⁶ iniciado en 2017. Las principales finalidades de este proyecto son mejorar la efectividad operativa y optimizar los procedimientos desarrollo y mantenimiento de capacidades.

Este proyecto se realiza entre el “Mando de Fuerzas Conjuntas” (Joint Forces Command - JFC) y el CG del ejército de tierra. Con este proyecto se pretende desarrollar unos sistemas de C2 más ágiles y eficaces que puedan afrontar un conflicto contra un enemigo tecnológicamente avanzado. Las prioridades que se marcaron en este programa fueron la integración conjunta y aliada en operaciones CJIIM⁷.

Este proyecto no sólo trabaja para unidades del ejército de tierra, da soporte a Operaciones Especiales y unidades de la Armada y el ejército del Aire mientras trabajen en operaciones en el litoral costero.

⁶ Es un programa que tiene como objetivo modernizar los sistemas existentes y crear una arquitectura de red similar a la de la telefonía Acivil.

⁷ Acciones conjuntas, multinacionales, interagencias e interministeriales.



Al igual que en el caso estadounidense, el programa LETacCIS intenta tomar como referencia a la industria del teléfono móvil, en la que se fijan unos estándares y las redes establecidas por las distintas compañías hacen funcionar los teléfonos móviles (de diversos fabricantes) y a la vez son compatibles con las aplicaciones de diferentes desarrolladores.

Los Cuarteles Generales de nivel Brigada y superior que se encuentran desplegados emplean la capacidad que proporciona el sistema Falcon Exploit. Este sistema incluye las redes WAN y LAN seguras de los Cuarteles Generales desplegables. Las mejoras que proporciona respecto a sus predecesores son la mejora en la gestión de servicios y la reducción en tamaño y peso de los sistemas que prestan servicio a los Puestos de Mando de alta disponibilidad.

El Joint Common Remote Viewing Terminal (JCRVT) permite la transmisión de información digital y analógica en tiempo real para su empleo por parte del personal desembarcado. Mejora las capacidades que presentaban sus predecesores como el ROVER 4 y el Strikehawk.

El BOWMAN Combat Information Platform 5.6 también es revolucionario respecto a sus predecesores. Entre las mejoras que tiene con el 5.5 destacan el nuevo software de apoyo al combate y las nuevas aplicaciones de gestión del espacio de batalla. Asimismo, se ha desarrollado un nuevo hardware que permita el uso correcto por parte de las unidades. Se han actualizado también protocolos y optimizado el ancho de banda VHF.

El producto estrella del programa LETacCIS es el subprograma MORPHEUS con el que el British Army aspira a independizarse de la industria civil, proponiendo una arquitectura abierta que pretende ser definitiva en el 2028.

3.4 EJERCICIO DONAU WARRIOR 2021

Este ejercicio fue llevado a cabo el pasado año en el Cuartel General de la Brigada Franco-Alemana (BFA) en Müllheim (Alemania). En este ejercicio participó el teniente D. Juan Carlos Morales Abdelatif de la especialidad fundamental de Transmisiones en calidad de jefe del G6 del Cuartel General de la Brigada "Guadarrama XII".

Con este ejercicio se pretende reflejar la realidad de la interoperabilidad actual.

La BFA pretendía con este ejercicio conseguir los siguientes objetivos en materia de interoperabilidad:

1. Interoperabilidad radio en modo claro y cifrado en las bandas de VHF, HF y UHF.
2. Integración de los sistemas de mando y control de las unidades subordinadas a la BFA con el sistema mando y control francés SICF a través de pasarela MIP 3.1.
3. Establecimiento de un dominio para el intercambio de correo electrónico, uso de la aplicación JCHAT y JOCWatch.

Para la preparación del ejercicio se establecen las radios en configuración portátil (radio PR4G V3, Harris 5800 y 7800, Harris AN/PRC 117 G) y se configuran dos ordenadores civiles con la pasarela MIP, con la última versión del SIMACET y los servidores para que funciones las aplicaciones de mensajería JChat y JOCWatch.



Para el desarrollo del ejercicio se estableció una red tipo LAN en la que se juntaban los servicios de SIMACET, pasarela MIP y el servidor IDT. Para la réplica de BMS-ET se estableció una red radio de combate con radios PR4G V3 SUPERMUX y Harris 5800 y 7800.

Configuraciones realizadas durante el ejercicio:

- Pasarela MIP con los nodos MIP francés y polaco.
- Pasarela COE y NFFI para la integración de posicionamiento de unidades (interoperar BMS con SC2NET).
- Servidor JChat (conexión servidor a servidor para chat).
- Pasarela IDT para mensajería desde BMS.
- Servidor JOCWatch subordinado a un servidor perteneciente a la BFA.
- Las PR4G V3 se pusieron en modo SUPERMUX para reporte de posicionamiento y transferencia de mensajería entre nodos de BMS.
- Las radios Harris 5800 y 7800 se configuraron para enviar posicionamiento y mensajería entre nodos de BMS.

Las conclusiones extraídas del ejercicio en cuanto a la red radio de combate muestran la plena integración de las PR4G con sus homólogas de la BFA ya sean V2 o V3. Por el contrario, los sistemas Harris no son integrables ya que la BFA dispone de sistemas TRC 3700. En cuanto al sistema AN/PRC 117 G solo se pudo probar en modo FIX al no tener las claves OTAN.

En referencia a los sistemas de C2 se extrajo que la pasarela MIP 3.1 funciona correctamente contra otros nodos MIP, integrándose el posicionamiento desde nivel batallón (BMS- ET) en tiempo táctico real a través de COE. Este posicionamiento se ha dado de forma satisfactoria desde elementos conectados a través de PR4G (VHF) y Harris 5800 y 7800 (HF).

Con el software JChat se puede establecer una sala en la que los usuarios sean multinacionales empleando sus propios sistemas de C2.

Se estableció un servidor de correo capaz de enviar y recibir mensajes a través de la pasarela IDT procedente de BMS ET.

CONCLUSIÓN

En este apartado se ha podido ver el nivel que existe de la interoperabilidad de la OTAN. El ejercicio llevado a cabo por potencias de la alianza, muestra la complejidad de establecer la interoperabilidad de sistemas siendo algo muy técnico y poco usual que sólo se da en ejercicios y con unidades establecidas para tal fin.

Este ejercicio es actual y ha sido realizado por una unidad acostumbrada a estar desplegada en misiones conjuntas de la OTAN, lo que lo convierte en el mejor reflejo de la situación de esta materia.

En ningún momento se hace referencia a la posibilidad de algo similar a un sistema común o una capa que pueda permitir interoperar de forma continua y sencilla. A raíz de esto se hará una propuesta en el punto 4.



4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Una vez recogida y sintetizada la información pertinente de los sistemas de Mando y Control de las potencias de la OTAN, se procedió a realizar la comparación de cinco de ellos (SIMACET, SICF, SIACCON, FBCB2 y FALCON EXPLOIT). Los sistemas se han elegido por ser aquellos de los que se ha conseguido más información y un conocimiento general y práctico, por parte de los integrantes en el equipo que ha colaborado en este trabajo. Asimismo, todos los sistemas pueden operar a nivel Brigada y presentan la interoperabilidad como una de sus características principales.

Los integrantes del equipo, grupo de expertos, cuya opinión y experiencia constituyeron los pilares del estudio, pertenecían a la Brigada Guadarrama XII.

Para recoger las opiniones y experiencias de los expertos, y llegar a un consenso del grupo en cuanto a las características principales a valorar en un sistema de C2, se ha recurrido a la metodología Delphi basada en una serie de rondas de encuestas. Una vez identificadas estas características (criterios y subcriterios) se ha podido aplicar el método Analytic Hierarchy Process (AHP) para la comparativa y ordenación de estos sistemas.

En los cuestionarios proporcionados a los expertos fueron incluidas algunas preguntas relativas a los logros alcanzados en materia de interoperabilidad a nivel OTAN, así como a posibles medidas a adoptar para avanzar en esta línea. Con los resultados obtenidos, y sobre todo con las sugerencias propuestas, se ha planteado a nivel funcional un sistema de apoyo al Mando y Control siguiendo una filosofía próxima a la iniciativa Common Operating Environment (COE).

4.1 METODOLOGÍA DELPHI. CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA C2.

El objetivo de este apartado es identificar por consenso entre un grupo de expertos, las características que más se valoran en un sistema de C2.

Para alcanzar el mismo, se aplicó la metodología DELPHI mediante un proceso de rondas de encuestas al grupo de expertos. Estas rondas, consistieron en un proceso iterativo y estructurado de consultas, que permitió obtener las características, que posteriormente sirvieron para valorar los cinco sistemas de Mando y Control motivo de este estudio.

Según Reguant y Torrado (2016) esta técnica puede ser utilizada en diferentes ámbitos de investigación y permite identificar la opinión representativa del grupo de modo bastante fiable. Ello gracias a las sucesivas rondas de cuestionarios y la retroalimentación que recibe cada experto entre cada una de dichas rondas.

Selección de grupo de expertos.

Teniendo en cuenta la complejidad y confidencialidad de los temas tratados, el acceso tanto a información como a expertos se ha visto muy limitado.

Ha resultado complicado encontrar expertos con experiencia en los diferentes sistemas de C2. Estos sistemas, en uso, no están al alcance de los efectivos disponibles. Por ello, se



consideró como requisito mínimo para que un participante fuera considerado experto en este tema, a aquellos que tenían un conocimiento teórico en al menos cuatro de estos cinco C2 o experiencia en uso en al menos dos de ellos.

Se seleccionó un grupo primitivo de diez expertos. A éstos, se les envió el cuestionario de la ronda primera. En tiempo, respondieron ocho. De éstos ocho, fue rechazado uno por no cumplir los requisitos mínimos establecidos, quedando reducido el grupo de expertos a siete miembros que continuaron hasta la última ronda.

El grupo de expertos que participó en el estudio se incluye en el ANEXO I.

Rondas: formularios y encuestas.

Para la primera ronda, se realizó un cuestionario general y abierto que sirvió para identificar las dimensiones y las características que se utilizaron de base para las siguientes encuestas.

De esta primera ronda, también se obtuvo información relevante sobre necesidades, mejoras y posibles propuestas que se emplearon en el prototipo que se detalla en el apartado 4.3.

Fueron necesarias dos rondas más, para alcanzar un acuerdo y determinar, de forma consensuada, para cada una de las dimensiones, en la encuesta inicial llamadas capacidades, las tres características consideradas fundamentales en el sistema de Mando y Control.

A continuación, son incluidas las rondas y los resultados.

Ronda primera

Se envió de forma individual a cada uno de los diez integrantes del grupo de expertos primitivo, un correo electrónico donde se adjuntó la encuesta a cumplimentar.

En el correo se indicó el objetivo final de esta encuesta y de las futuras. Se hizo hincapié en que el número de encuestas enviadas dependía de la rapidez en alcanzar consenso en las tres características fundamentales por capacidades a la hora de valorar un sistema de C2.

También se indicó que, de esta encuesta inicial, se pretendía obtener información que facilitara las especificaciones para incluir mejoras que dieran un valor añadido a los sistemas de C2, focalizándolo en la interoperabilidad a nivel de Brigada.

Dada la extensión de la encuesta, se dio un plazo de siete días naturales desde el envío para ser contestada y así entrar en el estudio.

La encuesta que se envió constaba de tres apartados.

En el primer apartado, la cabecera, se solicitaron datos personales del participante y las misiones o ejercicios en los que hubiese participado. También se incluyó un bloque de cuestiones en el que se solicitó la experiencia y conocimiento en cada uno de los cinco sistemas de C2 que se querían comparar. El objetivo de este apartado fue confirmar la idoneidad del participante como integrante del grupo de expertos. Se puede ver en la figura 12 del ANEXO I.

En el segundo apartado, se incluyó un detalle compuesto por cinco bloques de cuestiones numerados del dos al seis. El objetivo de estos bloques fue enumerar las características que se consideraban importantes dentro de las capacidades. Estas capacidades eran cuatro:



interoperabilidad, hardware, software y transmisión y recepción de información. Se dio la opción de añadir otras capacidades. Se puede ver en la figura 13 del ANEXO I.

El tercer apartado, se centra más en detalles relacionados con la interoperabilidad. Se incluyen una serie de cuestiones agrupadas en dos bloques y que corresponden a los números siete y ocho. El objetivo de estos dos bloques es recabar información sobre la experiencia de los participantes en relación con la interoperabilidad. Asimismo, se les deja libertad de comentarios para reflejar su opinión sobre el tema. Se puede ver en la figura 14 del ANEXO I.

Resultados y análisis:

Una vez recogida y filtrada la información recibida en esta ronda, siete cuestionarios completos, se obtuvo el resultado siguiente:

Del apartado segundo, se consiguió una relación de características por capacidades y se obtuvo la frecuencia para cada una de ellas con la que aparecieron en los cuestionarios:

Dimensión: Capacidades	Frecuencia (SI)
Interoperabilidad	7/7
Hardware	7/7
Usabilidad	7/7
Transmisión y recepción de la información	7/7
Otros	2/7

Capacidad: Usabilidad		Capacidad: Hardware	
Característica	Frecuencia	Característica	Frecuencia
Flexibilidad	4/7	Dispositivos modernos y compactos	7/7
Estandarización de integraciones	2/7	Dispositivos Robustos	3/7
Información homogénea	6/7	Óptima relación calidad/precio	3/7
Sencillez	7/7	Bajo mantenimiento	5/7
Percepción directa e intuitiva de la situación	6/7	Formación continuada y actualizada	5/7
Que permita Formación continuada y actualizada	2/7		

Capacidad: Transmisión y recepción información		Capacidad: Interoperabilidad	
Característica	Frecuencia	Característica	Frecuencia
Intercambio de datos en tiempo real	7/7	Estandarización	6/7
Robustez sistema de redes	5/7	Seguridad	7/7
Comunicación entre unidades	4/7	Distintos perfiles para acceder a distinta información	3/7
Geolocalización	3/7	Uso a nivel nacional	4/7
Disponibilidad de la información 24x7	6/7		

Tabla 3. Frecuencia de aparición de capacidades en las encuestas. Elaboración propia

Una vez se analizaron las respuestas a la encuesta, se comprobó que las cuatro capacidades sobre las que se realizaron inicialmente las preguntas (usabilidad, hardware, transmisión y recepción de información e interoperabilidad) fueron consideradas como fundamentales en un sistema de C2 por todos los participantes sin excepción.

Si bien, dos de los expertos incluyeron en sus respuestas a esta primera ronda, dos nuevas capacidades, ellos mismos matizaron dentro del apartado de argumentación que, aunque su valoración podía resultar de utilidad no las consideraban como capacidades fundamentales al nivel de las cuatro de partida.

Para cada una de estas capacidades, las aportaciones realizadas por los expertos han permitido identificar las siguientes dimensiones y características:



Dimensión: Usabilidad	Dimensión: Hardware
Característica	Característica
Flexibilidad	Dispositivos modernos y compactos
Estandarización de integraciones	Dispositivos Robustos
Información homogénea	Óptima relación calidad/precio
Sencillez	Bajo mantenimiento
Percepción directa e intuitiva de la situación	Formación continuada y actualizada
Que permita Formación continuada y actualizada	
Dimensión: Transmisión y recepción información	Dimensión: Interoperabilidad
Característica	Característica
Intercambio de datos en tiempo real	Estandarización
Robustez sistema de redes	Seguridad
Comunicación entre unidades	Distintos perfiles para acceder a distinta información
Geolocalización	Uso a nivel nacional
Disponibilidad de la información 24x7	

Tabla 4. Dimensiones y características identificadas por el grupo de expertos. Elaboración propia

Del tercer apartado de la encuesta se desprende lo siguiente:

Los expertos coincidieron en subrayar como carencia, el carácter técnico a nivel de gran unidad que tienen los ejercicios de interoperabilidad que se dan actualmente (ejercicio DONAU WARRIOR 2021). En estos ejercicios se evidencian los problemas de enlace entre los distintos sistemas. El origen de estos problemas reside en que cada sistema se ha desarrollado de forma independiente y bajo condiciones de confidencialidad.

Indicaron que sería interesante bajar el nivel de las unidades que interoperan (el ejercicio se da entre cuarteles generales) y contar con sistemas de C2 comunes a un GT multinacional.

Esto no sería más que crear un estándar común a todos los sistemas de C2. Este estándar daría pie a simplificar el uso de un sistema de C2 por cualquier operador autorizado facilitando así, la interoperabilidad.

Aunque de inicio, solo alguno de los expertos identificó alguna iniciativa COE en los sistemas de C2 conocidos, todos expresaron en la pregunta ocho que esta iniciativa ofrecía el punto de partida para realizar todo tipo de mejoras. Destacando la simplicidad y forma intuitiva de abordar la realidad en el mundo civil trasladado al entorno militar. Estas conclusiones se reflejaron en el alcance y requisitos del prototipo planteado.

Ronda Segunda.

Se realizó una segunda ronda de feedback y consulta, enviando un nuevo cuestionario al grupo de expertos. En dicho cuestionario, recogido en la figura 15 del ANEXO I, se incorporaron las características mencionadas por el grupo en la ronda uno para cada capacidad, así como su frecuencia de aparición. Se les pidió que confirmaran o no su opinión respecto a la consideración de dicha capacidad/característica como fundamental para la evaluación de un sistema de C2. Asimismo, se solicitó que valoraran la importancia de estas, en una escala de uno a cuatro, siendo uno lo menos valorado y cuatro lo más valorado.

El cuestionario se envió de la misma forma que el anterior y el plazo dado para remitirlo fue de tres días naturales. Los siete cuestionarios se recibieron en plazo y forma.



Resultados y análisis:

Una vez recogida y filtrada la información recibida de esta ronda, se calculó la media de las valoraciones recibidas. Se obtuvo el resultado siguiente:

Dimensión: Capacidades	Frec.	Media
Interoperabilidad	7/7	4,00
Usabilidad	7/7	3,00
Transmisión y recepción de la información	7/7	3,00
Hardware	7/7	2,00

Usabilidad			Hardware		
Característica	Fec.	Media	Característica	Fec.	Media
Sencillez	7/7	3,88	Relación calidad/precio	5/7	4,00
Información homogénea	6/7	3,50	Bajo mantenimiento	5/7	2,63
Percepción directa e intuitiva de la situación	7/7	3,50	Dispositivos modernos y compactos	7/7	2,63
Flexibilidad	4/7	2,25	Dispositivos robustos	3/7	2,00
Estandarización de integraciones	2/7	2,00	Formación continuada y actualizada	5/7	1,86
Formación continuada y actualizada	2/7	1,38			
Transmisión			Interoperabilidad		
Característica	Fec.	Media	Característica	Fec.	Media
Intercambio de datos en tiempo real	7/7	4,00	Estandarización	7/7	4,00
Robustez sistema de redes	7/7	3,29	Seguridad	7/7	3,29
Disponibilidad de la información 24x7	6/7	3,00	Uso a nivel nacional	4/7	1,86
Geolocalización	3/7	2,00	Distintos perfiles para acceder a distinta información	5/7	1,86
Comunicación entre unidades	4/7	2,00			

Tabla 5. Media de las valoraciones recibidas de los expertos. Elaboración propia

Algunas características como la sencillez, el intercambio de datos en tiempo real, la seguridad o el uso de dispositivos modernos y compactos, generó unanimidad por parte de los expertos en cuanto a su consideración como característica relevante, para la valoración de un sistema de C2 desde la primera ronda de consultas.

En esta segunda ronda la mayoría de los expertos reconfirmaron las características que habían considerado como relevantes en la primera ronda. No obstante, algunas de ellas como la percepción directa e intuitiva, la robustez del sistema de redes, la óptima relación calidad/precio, la estandarización o los distintos perfiles para acceder a distinta información fueron seleccionadas en esta ocasión por un mayor número de expertos, según se recoge en la tabla 5.

Ronda Tercera

Con los resultados obtenidos en esta segunda ronda, se preparó el tercer cuestionario. Se utilizó la misma forma de envío y plazo para recibir contestación que en la ronda dos. Las encuestas se recibieron en plazo y forma.

En la figura 16 del ANEXO I, correspondiente a esta ronda, quedan recogidas de forma ordenada para cada capacidad las características más valoradas. Se informó para cada característica la media obtenida en la ronda anterior.

Resultados y análisis:

Al igual que se hizo en la ronda anterior, con la información recibida se calculó la media de los valores asignados por cada uno de los participantes. Siendo los resultados:



Dimensión: Capacidades		Media	
Interoperabilidad		4,00	
Usabilidad		3,80	
Transmisión y recepción de la información		3,75	
Hardware		3,21	

Usabilidad		Hardware	
Característica	Media	Característica	Media
Sencillez	5,25	Bajo mantenimiento	4,50
Percepción directa e intuitiva de la situación	4,88	Relación calidad/precio	3,75
Información homogénea	4,75	Dispositivos modernos y compactos	3,25
Flexibilidad	2,38	Dispositivos robustos	2,13
Estandarización de integraciones	2,38	Formación continuada y actualizada	1,38
Formación continuada y actualizada	1,38		

Transmisión		Interoperabilidad	
Característica	Media	Característica	Media
Intercambio datos en tiempo real	4,14	Seguridad	4,25
Robustez sistema de redes	4,00	Estandarización	4,00
Disponibilidad de la información 24 X 7	3,63	Distintos perfiles para acceder a distinta información	3,00
Geolocalización	2,38	Uso a nivel nacional	2,00
Comunicación entre unidades	1,00		

Tabla 6. Media de valores asignados por el grupo de expertos. Elaboración propia.

Las tres primeras características de cada categoría de la tabla 6 fueron seleccionadas como relevantes por la mayoría de los expertos desde la segunda ronda. Además, la importancia media asignada por el grupo a cada una de ellas tras la tercera ronda fue superior a 2,5 (indicando una importancia media-alta) lo que las convierte en candidatas idóneas para incorporarse al análisis comparativo mediante la metodología AHP.

A la vista de estos resultados, se consideró que ya se había alcanzado la suficiente convergencia de opiniones sobre las características que estaban entre las tres primeras para cada dimensión. Por este motivo se decidió que no era necesario continuar con más rondas de encuestas.

Finalmente quedó establecida la relación entre dimensión y características como sigue:

Dimensión: Usabilidad	Dimensión: Hardware
Características	Características
Sencillez	Bajo mantenimiento
Percepción directa e intuitiva de la situación	Óptima relación calidad/precio
Información homogénea	Dispositivos modernos y compactos
Dimensión: Transmisión y recepción información	Dimensión: Interoperabilidad
Características	Características
Intercambio de datos en tiempo real	Seguridad
Robustez sistema de redes	Estandarización
Disponibilidad de la información 24x7	Distintos perfiles para acceder a distinta información

Tabla 7. Dimensiones y características elegidas como importantes por el grupo de expertos. Elaboración propia.



4.2 ANÁLISIS AHP. COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE C2.

Se pretende realizar un estudio comparativo de cinco sistemas de C2 que pueden operar a nivel Brigada, ya sea como unidad máxima o mínima de operación. La razón de esta elección es la realidad encontrada de que la interoperabilidad real entre la OTAN es a este nivel.

Para realizar esta comparación se utilizó un método desarrollado por Saaty (1980), el método de decisión multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process). Como su propio nombre indica, este método permite llevar a cabo la comparativa entre distintas alternativas (en nuestro caso distintos sistemas de C2) tomando en consideración diferentes criterios, tanto cualitativos como cuantitativos (en nuestro caso las diferentes dimensiones y características identificadas como relevantes para un sistema de C2 mediante la técnica Delphi en el apartado 4.1.). Todo ello, junto con la rigurosidad y amplia utilización de esta metodología en diferentes campos de investigación (Saaty y Vargas, 2006) decantó la balanza hacia su aplicación.

Como herramienta de trabajo para aplicar el método AHP se empleó la aplicación AyudaDecisionAHPnet4.0 desarrollada por la Academia de Logística del Ejército de Tierra.

La metodología AHP sigue un proceso jerárquico, por etapas, que explicaremos a continuación de manera breve. Para más información sobre esta metodología véase el ANEXO II.

1ª etapa: Definición del objetivo, criterios/subcriterios y alternativas

El objetivo del análisis es la comparativa entre diferentes sistemas de C2 de acuerdo con los criterios y subcriterios considerados importantes para este tipo de sistemas, de modo que se obtenga una ordenación de los mismos según su idoneidad.

Las alternativas consideradas son los cinco sistemas de C2 que operan a nivel Brigada (como entidad máxima o mínima) y que vienen referenciados en el punto 3. A destacar: SIMACET, SICF, SIACCON, FBCB2 y FALCON EXPLOIT.

Los criterios y subcriterios en los que basar la comparación son las dimensiones y características obtenidas de la aplicación del método DELPHI, recogidas en la tabla 7, y que quedaron establecidos de la siguiente forma:

CRITERIO INTEROPERABILIDAD: cualidad que valora la capacidad de los sistemas de compartir datos e información entre ellos. Tendiendo a actuar como unidad.

- **SEGURIDAD:** se refiere a la capacidad de proteger datos y acciones y garantizar la confidencialidad.
- **DISTINTOS PERFILES PARA ACCEDER A LA DISTINTA INFORMACIÓN:** se refiere a la capacidad de seleccionar la información dependiendo del perfil del usuario que la solicita.
- **ESTANDARIZACIÓN:** cualidad que busca crear una base común para todos los sistemas tanto en forma como en sus contenidos y criterios de actuación.

CRITERIO TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA INFORMACIÓN: se refiere a la interconexión entre sistemas para el flujo de datos.

- **INTERCAMBIO DE DATOS EN TIEMPO REAL:** cualidad relacionada con la transmisión de información instantánea.



- **ROBUSTEZ SISTEMA DE REDES:** cualidad que valora la solidez de los sistemas de los sistemas de comunicación.
- **DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN 24X7:** se refiere a la facilidad de disponer de la información en tiempo en cualquier momento que precise el usuario.

CRITERIO USABILIDAD: se refiere a la facilidad en el empleo de una herramienta por parte de los usuarios.

- **SENCILLEZ:** cualidad que permita un fácil aprendizaje de la herramienta al usuario.
- **PERCEPCIÓN DIRECTA E INTUITIVA DE LA SITUACIÓN:** capacidad de comprender e identificar la información mostrada de una herramienta.
- **INFORMACIÓN HOMOGÉNEA:** en apariencia se muestra la información bajo criterios estándares y comunes a todos los sistemas.

CRITERIO HARDWARE: cualidad que se centra en los componentes puramente físicos del sistema.

- **BAJO MANTENIMIENTO:** cualidad que valora la resistencia y durabilidad del material empleado en el sistema y su adaptación a versiones y cambios.
- **ÓPTIMA RELACIÓN CALIDAD/PRECIO:** cualidad que valora que el sistema tenga unas prestaciones que cumplan las exigencias con garantías y se ajusten a presupuestos definidos.
- **DISPOSITIVOS MODERNOS Y COMPACTOS:** cualidad que valora la necesidad de disponer de sistemas actuales y de última generación.

Todos estos elementos quedan reflejados en la figura 5

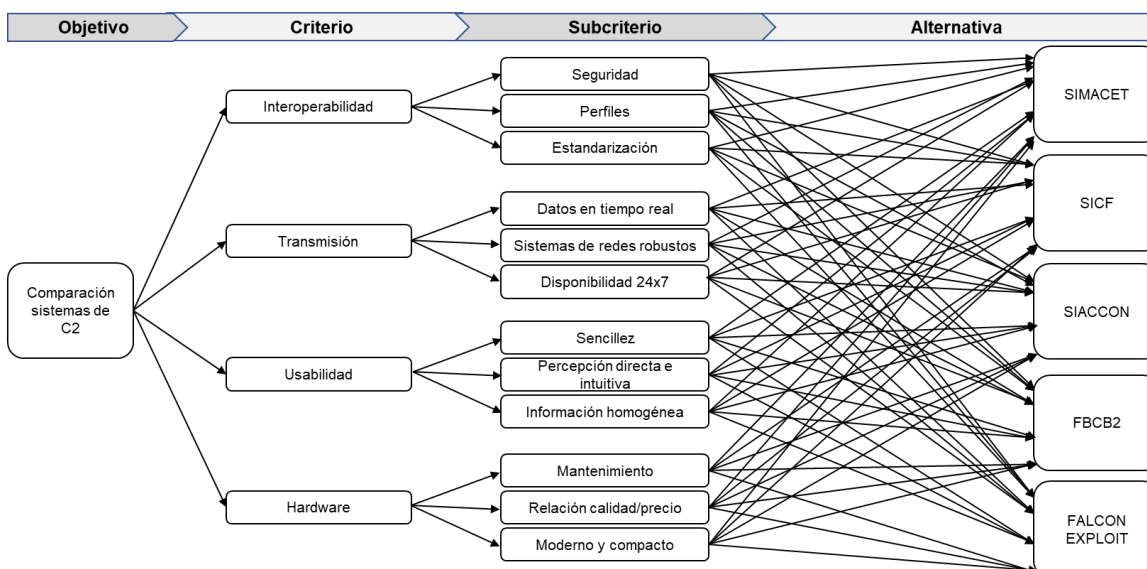


Figura 5. Criterios, subcriterios y alternativas. Elaboración propia.



Durante esta primera etapa se procedió también a la selección del grupo de expertos cuya opinión era importante para la realización del análisis AHP. Por motivos de complejidad y confidencialidad se consideró que lo más adecuado era continuar con el grupo de expertos que colaboraron en el proceso DELPHI. Este grupo disponía de la experiencia y conocimientos adecuados, además del conocimiento y método de trabajo adquirido durante las rondas de cuestionarios previas. Se siguió paso a paso la herramienta llegando a un acuerdo en el momento sobre el dato a incluir en la misma.

Se les envió por correo electrónico un documento, recogido en el ANEXO II, agradeciendo su colaboración anterior e invitándoles a continuar en una fase posterior, explicándoles de forma general el objetivo que se pretendía, el método de trabajo que iba a consistir en reuniones telemáticas, y el calendario de dichas reuniones. Todos respondieron afirmativamente y el grupo de expertos quedó cerrado.

2ª etapa: Evaluación de criterios y subcriterios

Durante esta etapa se pidió a los expertos seleccionados que aplicaran la escala de Saaty, recogida en la tabla 8, para realizar comparaciones por pares entre criterios, de modo que expresaran sus preferencias respecto a la importancia de cada criterio frente a cada uno de los demás criterios. Todos estos valores conformaban la matriz de comparación de criterios (se puede ver en la figura 6) y permitían obtener el peso a dar a cada criterio en la matriz de decisión final (se puede ver en la figura 7).

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Las actividades contribuyen de igual forma al objetivo.
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra es absoluta e incuestionable.

Tabla 8. Escala Saaty.

Fuente: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/download/26474/28219/78112>



Evaluación de CRITERIOS					
CRITERIOS	USABILIDAD	HARDWARE	TRX Y RX DE	INTEROPERABIL	PESOS(W)
USABILIDAD	1	3	1/3	1/5	0,12
HARDWARE	1/3	1	1/5	1/7	0,06
TRX Y RX DE I...	3	5	1	1/3	0,26
INTEROPERABI...	5	7	3	1	0,56

R.I. : 0,0439

Figura 6. Comparación de los criterios. Elaboración propia.

A modo de ejemplo, se consideró que la transmisión y recepción de información (TRX Y RX DE) era moderadamente más importante que la usabilidad y los datos introducidos según la escala Saaty fueron los señalados en verde:

CRITERIOS	USABILIDAD	HARDWARE	TRX Y RX DE	INTEROPERABIL
USABILIDAD	1	3	1/3	1/5
HARDWARE	1/3	1	1/5	1/7
TRX Y RX DE I...	3	5	1	1/3
INTEROPERABI...	5	7	3	1

Tabla 9. Ejemplo comparación de dos criterios. Elaboración propia.

A continuación, se pidió que para cada criterio comparasen cada subcriterio englobado dentro de él con cada uno de los demás, obteniendo las matrices de comparación de subcriterios y los correspondientes vectores de pesos, todo ello recogido en el ANEXO II.

3ª etapa: Evaluación de alternativas.

Siguiendo el mismo proceso de la 2ª etapa, se pidió a los expertos que comparasen para cada criterio/subcriterio considerado las diferentes alternativas o sistemas entre sí, obteniendo las respectivas matrices de comparación de alternativas y sus vectores de pesos.

Todas estas matrices de comparación se recogen en el ANEXO II.

Tanto en la segunda como en la tercera etapa, se comprobó que no hubiese inconsistencias en las comparaciones realizadas por los expertos, como así quedó verificado con unos ratios de inconsistencia calculados inferiores a 0,1 en todas ellas.

4º etapa: Matriz de decisión. Resultados y conclusiones.

Con toda la información obtenida de las etapas anteriores, y la aplicación de la herramienta de ayuda, se llegó a la matriz de decisión final recogida en la figura 7. La última fila de esta matriz muestra la valoración global obtenida por cada sistema de C2, de modo que a mayor valoración mayor idoneidad del sistema. De esta matriz se pueden extraer ya algunas conclusiones interesantes.



MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	SIMACET	SICF	SIACCON	FBCB2	FALCON
USABILIDAD	0.12	0.06	0.18	0.06	0.48	0.23
+ Sencillez	0.63	0.03	0.16	0.06	0.49	0.25
+ Percepción directa	0.26	0.08	0.29	0.04	0.44	0.16
+ Info. Homogénea	0.11	0.16	0.03	0.06	0.48	0.28
HARDWARE	0.06	0.05	0.11	0.19	0.21	0.44
+ Bajo mantenimiento	0.63	0.05	0.09	0.25	0.15	0.46
+ Calidad/precio	0.26	0.05	0.14	0.09	0.24	0.49
+ Equipos modernos	0.11	0.05	0.15	0.09	0.46	0.25
TRX Y RX DE INFO	0.26	0.06	0.10	0.17	0.38	0.30
+ Intercambio de datos	0.63	0.05	0.09	0.15	0.46	0.25
+ Robustez	0.26	0.09	0.05	0.25	0.15	0.46
+ Disponibilidad info.	0.11	0.04	0.25	0.09	0.45	0.17
INTEROPERABILIDAD	0.56	0.08	0.34	0.06	0.32	0.20
+ Seguridad	0.64	0.09	0.45	0.04	0.25	0.17
+ Distintos perfiles	0.07	0.09	0.15	0.05	0.46	0.25
+ Estandarización	0.28	0.05	0.15	0.09	0.46	0.25
		0.07	0.25	0.09	0.35	0.24

Figura 7. Matriz final de decisión de la herramienta AHP. Elaboración propia.

Conclusión.

Del análisis de esta matriz se desprende de forma contundente que, el sistema mejor valorado es el estadounidense FBCB2. Aspectos como la transmisión y recepción de la información son muy valorados por los expertos y esto es muy remarcable ya que son la base del COE (base de nuestra propuesta final y que viene explicada en el ANEXO III). El trabajo con la industria de telefonía móvil civil permitirá una mayor integración y homogenización que siga mejorando el aspecto nacional (interno) y por extensión el internacional (externo).

En segundo puesto, encontraríamos el SICF francés y el FALCON británico. El sistema francés destaca por su interoperabilidad y es remarcable que el ejercicio Donau Warrior se realizó con él como parte de las iniciativas francesas de ejercicios conjuntos.

Es muy destacable la dominancia del sistema inglés FALCON EXPLOIT en materia de hardware, enmarcado en el programa Land Environment Tactical CIS (LETacCIS) iniciado en 2017, en el cual se ha buscado la modernidad y reducción del tamaño de equipos respecto a otros sistemas extranjeros y nacionales.

La totalidad de los encuestados se refirió a la interoperabilidad como algo indispensable y prioritario en un sistema de Mando y Control, de ahí su peso ponderado.

Los resultados reflejan como el SIMACET español ha quedado obsoleto en algunos aspectos en comparación con sus homólogos. Estas diferencias pretenden ser solventadas con el programa PROMETEO, en desarrollo actualmente.



4.3 PROPUESTA SISTEMA DE MANDO Y CONTROL

Dado que la interoperabilidad que existe en la OTAN se da a niveles de grandes unidades y desde un plano muy técnico (como muestra el ejercicio DONAU WARRIOR 2021), se ha considerado la posibilidad de realizar un prototipo de sistema aplicable a una unidad multinacional de entidad Grupo Táctico multinacional, como la que se emplea en misiones actuales.

Dentro de la iniciativa Common Operating Environment (COE)⁸, se podría desarrollar una aplicación que, en una primera instancia, sirviera para comunicar entre los operativos de los distintos países que intervienen en una misión o maniobra, del estado de sus efectivos.

Una vez realizado el estudio comparativo de los distintos Sistemas de Mando y Control utilizados en la actualidad dentro de la OTAN, ha sido puesto el foco de atención en los comentarios recibidos a las preguntas de respuesta libre de las encuestas.

Del sondeo realizado con el método Delphi, se han identificado una serie de necesidades y sugerencias a nivel de Brigada, siendo el punto de partida del prototipo del Sistema de apoyo al Mando propuesto (comentadas en el 4.1.).

Ha sido realizado un prototipo para facilitar información, mediante alertas, del estado de los efectivos que constituyen las patrullas en las misiones.

El propósito ha sido obtener un mismo sistema que se implante en las unidades participantes y que permita al jefe del contingente desde un Cuartel General, recibir información de estas (incluyendo alertas de situaciones que pudiesen afectar al desarrollo de la maniobra) para la ayuda a la toma de decisiones tácticas.

El sistema de información propuesto, basado en un software reutilizable, estándares informáticos y adaptado a las aplicaciones disponibles en el mercado, vendría a ser una especie de paraguas⁹, bajo el cual se podrá acceder a los sistemas actuales con un formato único y a la vez, facilitando información de gestión con criterios comunes para todos los operativos tanto en el fondo como en la forma.

El prototipo permitirá conocer la posición de las Unidades y su estado actual de alerta para el cumplimiento de su cometido en un futuro inmediato. Se establecería un sistema de mensajería instantánea y transmisión de datos entre unidades similar a los existentes en el mercado.

Está información tiene que ser accesible para los distintos partícipes de la misión o maniobras, siendo un valor añadido a la interoperabilidad. Esta misma filosofía (software, diseños, alertas) se puede aplicar a otros requisitos como, por ejemplo, proporcionar alertas sobre el estado de las reservas de sangre en los hospitales de campaña de las unidades que intervienen en la misión o maniobra, o alertas asociadas a las reservas de combustible.

⁸ Desarrollada en el ANEXO III.

⁹ Una capa con la misma apariencia para cualquier entorno bajo la cual pueden ejecutarse aplicaciones de distintos orígenes y versiones



Con todo esto, considerar la posibilidad de tener un sistema común también aportaría ventajas en aspectos ajenos a la operatividad (plano de cooperación internacional, reducción de gastos...). La tabla 10 recoge una síntesis de las principales debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que surgen asociadas a este proyecto.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> *Elevado coste de Desarrollo e implementación *Desconfianza de los países ante su uso *Discrepancias entre los países sobre sus características 	<ul style="list-style-type: none"> *Obstáculos legales al aplicar tecnología "extranjera" *Al existir un único sistema, mayor vulnerabilidad ante ataques *Necesidad de creación de sistemas alternativos
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> *Permite establecer más vínculos con otras potencias extranjeras *Cooperación e intercambio de información que beneficie a ambas partes *Estandarización de los conocimientos de los usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> *Investigación y desarrollo común y por tanto posiblemente con costes más reducidos *Existe mucha información que sirva como punto de partida *Posibilidad de desarrollarse a la vez que los sistemas nacionales

Tabla 10. Análisis DAFO de propuesta de sistema de C2. Elaboración propia.

Descripción del Sistema.

La realización de las prácticas externas en el Regimiento Alcázar de Toledo nº61 ha facilitado el conocimiento y la experiencia en la forma de trabajar dentro de una unidad acorazada/mecanizada.

Se ha hecho hincapié en la necesidad de manejar una aplicación sencilla, que permitiera mostrar información sobre efectivos disponibles, tanto materiales como humanos y que sea marco para acceder, en este caso al sistema BMS. Debería servir para cualquier otro sistema de cualquier otro país o unidad.

Se echaba en falta un repositorio común donde se pudiera guardar información de manera que, desde cualquier unidad, se remitan los mismos datos y medidos de la misma forma para facilitar la comparación de ellos y establecer patrones de comportamiento.

Antecedentes.

Los efectivos dentro de una unidad de un país después de realizar una patrulla realizan un informe con el detalle del operativo. Durante esta patrulla el estado de los efectivos ha podido sufrir cambios, averías u otro tipo de contingencia que imposibilitaría su uso en posteriores servicios.

Cada unidad recoge esta información para realizar su mantenimiento. Esta información no tiene por qué ser la misma en contenido y forma para todas las unidades que constituyen una misión.



Resulta complicado conocer entre unidades dentro de la misión, el estado de los efectivos para valorar en conjunto este stock y facilitar el intercambio o complemento de los efectivos necesarios. Y ser previsores de posibles incidencias.

Objetivo.

Se pretende realizar un Sistema de Información capaz de dar soporte a un conjunto de alertas tempranas para los Sistemas de Mando. Este sistema avisaría de posibles situaciones susceptibles de convertirse en incidencias en las patrullas multinacionales (unidades de pequeña entidad) que están realizando sus funciones en cada una de las misiones dentro de la OTAN. Asimismo, el sistema permite la monitorización de los usuarios participantes y la transmisión de datos entre ellos.

Alcance y requisitos.

El sistema será un apoyo a la interoperabilidad entre los mandos que actúan dentro de una misión. Podrá facilitar la información al finalizar la jornada en cada zona donde se encuentre la misión, la situación en la que se encuentran las patrullas que deberían operar en un futuro cercano en función de los parámetros que definen las alertas.

El jefe del contingente (en este caso Grupo Táctico) establecerá y revisará diariamente o con la periodicidad que considere oportuna, el nivel de riesgo de las distintas zonas donde se tienen misiones. En función de este nivel de riesgo se generarán las alertas tempranas que darán cuenta del estado de estas ante la próxima jornada.

El sistema de información deberá ser un repositorio de datos único para todos los sistemas de mando. Este repositorio deberá tener únicamente la información imprescindible y homogénea para detectar situaciones de riesgo, que generen alertas y se actualizará una vez a la semana.

El repositorio residirá en una base de datos tipo MySQL que mediante consultas a la misma dará servicio a una aplicación web y/o aplicación smartphone (para tabletas GETAC) que será el apoyo a los mandos y facilitará la interoperabilidad entre ellos.

El sistema emplearía medios de transmisión HF (por ejemplo, radios PR4G V3) y estaría conectado al GPS estadounidense y al Galileo europeo para posibilitar el posicionamiento.

Todo ello se vería en un monitor con aplicaciones para mensajería, gestión de documentos, coordinación de fuegos y control y edición de la información recibida.

Tal y como se recoge en la figura 8, se propone una distribución de la pantalla por áreas con la información a mostrar y será común a todas las pantallas o informes de la aplicación.

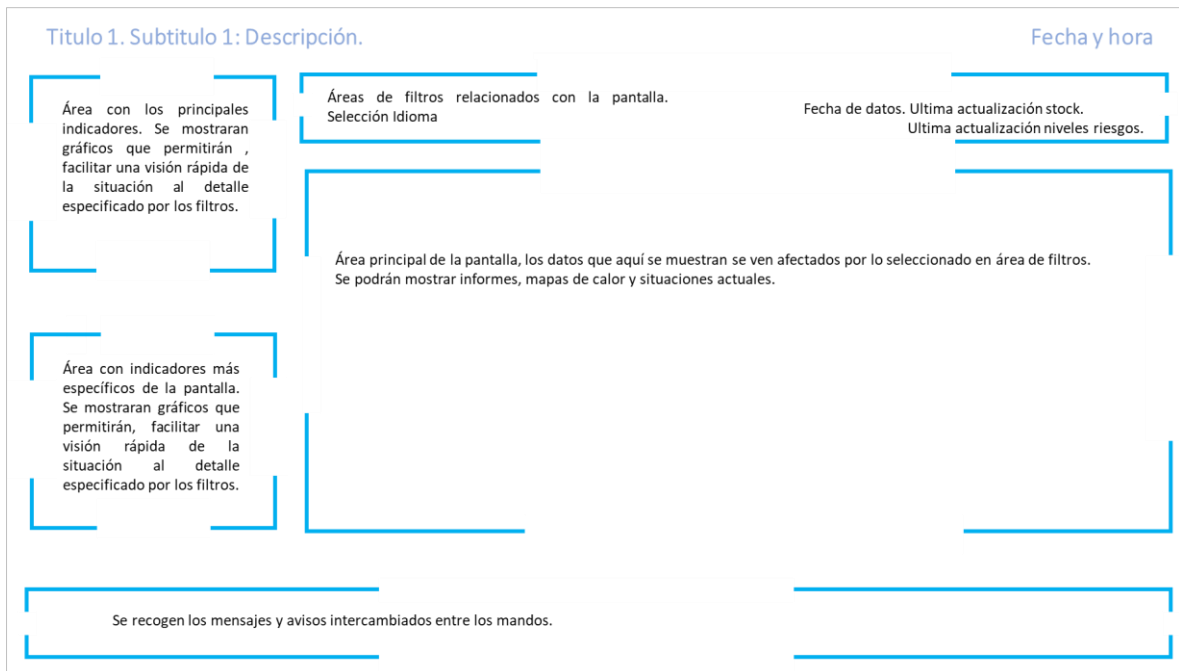


Figura 8. Distribución genérica de la pantalla. Elaboración propia.

Dentro de este sistema se definieron una serie de perfiles que intervienen en los distintos estados desde donde se alimenta la aplicación. Detrás de cada uno de ellos se podría encontrar una persona, un equipo de personas o incluso otro sistema software o hardware. Los perfiles de los intervinientes se pueden consultar en tabla 11 del ANEXO IV.

Funcionalidades

Para poder obtener un sistema de alertas que facilite la interoperabilidad entre sistemas de Mando y Control, la aplicación deberá ser capaz de homogeneizar la información relacionada con las patrullas que tienen las unidades. Esta información debe ser mínima, concisa y exacta ya que una de las características de la aplicación es la rapidez en la transmisión de los cambios e intercambio de información. Esta información residirá en una base de datos accesible por todos los usuarios y canales con dependencia de las funciones de seguridad que se establezcan para estos accesos.

El Sistema Jefe GT establecerá con carácter semanal un nivel de riesgo para cada zona del teatro de operaciones, que será base y detonante para generar las alertas a una semana vista en las patrullas de las misiones.

Una vez actualizados estos niveles, el sistema enviará un aviso al resto de unidades subordinadas informando que las alertas han podido sufrir cambios requiriendo su revisión.

Este aviso se transmitirá como una señal en la aplicación web, como un correo electrónico al buzón genérico del equipo y como un mensaje a dispositivos móviles que se tengan dados de alta en la aplicación de mensajería.

En cualquier momento podría variar el nivel de riesgo implicando un cambio en las alertas. En esta situación se enviarán los avisos como en la situación estándar, pero con un indicador de



URGENCIA. Para esta situación se tiene marcado un teléfono móvil de urgencia y se requerirá una contestación de la recepción de la notificación.

El Sistema Jefe GT definirá las variables¹⁰ a medir para generar las alertas. Estas variables y su criterio para medirlas, será común a todas las misiones.

Desde los monitores individuales se puede observar el mapa de la zona con la situación de las unidades y su estado actual de alertas, para poder utilizar las aplicaciones integradas para el desarrollo de la misión.

Cuando se establezca una nueva misión, serán las bases contando con sus unidades por países las que den las cifras de los medios que se necesitaría para cada uno de los escenarios posibles de niveles de riesgos y la ponderación de estos sobre la misión. Estas cifras serán revisadas por Sistema Jefe GT y dará, si procede, su aprobación.

Las alertas responden a una serie de criterios, ponderaciones y porcentajes. Estos rangos de porcentajes se pueden modificar en cualquier momento siempre bajo la supervisión del Sistema Jefe GT. La lógica que se aplica relaciona en todo momento los valores definidos en la misión para cada nivel de riesgo, el nivel de riesgo en la zona geográfica que se actualiza semanalmente y el estado real de los efectivos revisado diariamente. Se puede ver en la tabla 12 del ANEXO IV.

Se optó por un modelo de base de datos relacional¹¹ para dar soporte a toda esta información. Como gestor de base de datos se utilizó MySQL¹². Este gestor permite manejar gran cantidad de información y facilita el envío de esta a cualquier lugar. La lógica del sistema se implementó en un modelo con 12 entidades/tablas con sus respectivas relaciones. Se puede ver en la tabla 13 del ANEXO IV.

Pantallas e Informes.

Siguiendo la plantilla acorde a la figura 8, se diseñan una serie de pantallas donde juegan un papel importante los colores, dando así una visión de la situación muy intuitiva.

En las pantallas de alertas, tanto en los gráficos como en el informe, las alertas se traducen a un color, rojo para situaciones con Alerta, naranja para situaciones con Aviso Especial, amarillo con Aviso y verde para aquellas situaciones sin Alerta.

Para las pantallas con otro tipo de información, como por ejemplo cuando se pretende dar información en tiempo real, la gama de colores utilizados es diferente. En este prototipo se utilizó la gama de azules.

¹⁰ Ejemplos de variables pueden ser la situación económica del país limítrofe o posibles conflictos en la zona.

¹¹ Es una base de datos donde es almacenada la información de forma organizada y estructurada. Esta reside en tablas donde cada fila de la tabla se identifica de manera única mediante una clave. Esta clave permite relaciones entre las tablas que constituyen la base de datos. Soporta un modelo lógico de datos relacional.

¹² Sistema de gestión de base de datos de código abierto, flexible y de fácil acceso dando un alto rendimiento y seguridad. Mediante consultas SQL permite actuar sobre los datos almacenados en las tablas que forman la base de datos.



Se plantea una pantalla de apoyo a GT en la figura 9, en la que se pretende dar una imagen global de las misiones y su estado frente a cualquier nivel de riesgo a considerar.

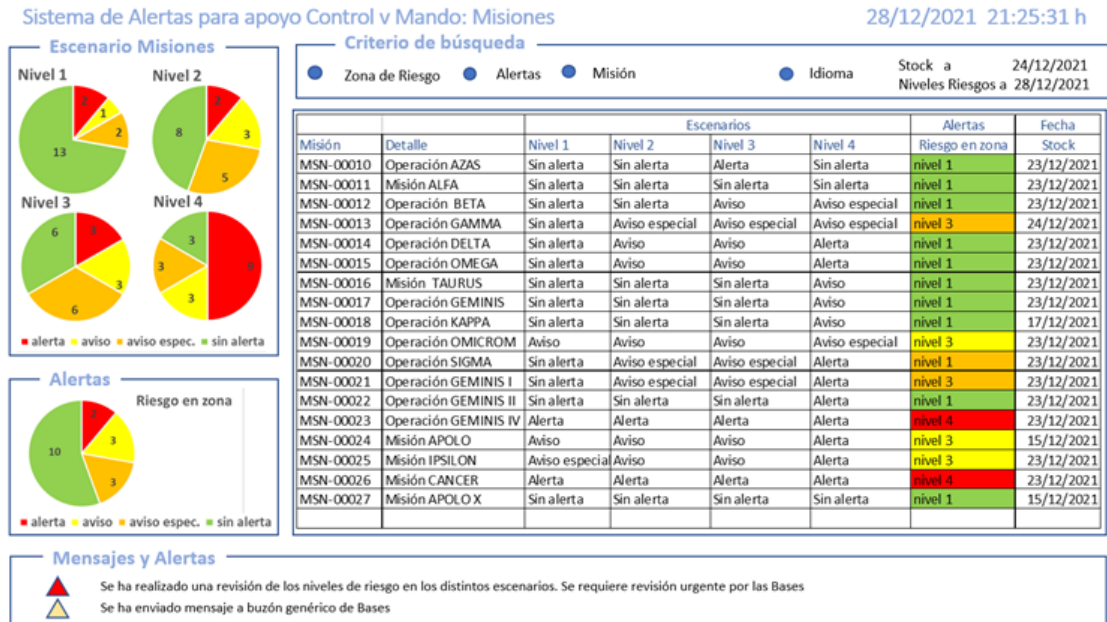


Figura 9. Pantalla de misiones. Elaboración propia

Área Escenario:

Contiene para cada uno de los niveles de riesgos establecidos, una simulación con el estado de cada una de las misiones. Esta información se muestra en un gráfico circular para cada nivel. Tras aplicar las condiciones definidas por nivel, se aplica una alerta a cada una de las misiones.

Área Alertas:

Contiene el estado de cada una de las misiones tras aplicar el nivel de riesgo que le corresponde por su zona. Esta información se muestra en un gráfico circular donde aparecen todas las misiones con su situación de alertas bajo el nivel de riesgo que le corresponda por zona.

Área principal de la pantalla:

Contiene un detalle de cada una de las misiones donde se muestra su estado de Alerta en cada uno de los cuatro posibles escenarios de riesgo y el estado que presenta realmente por su zona de riesgo. Para ello se indica el nivel que corresponde por zona de riesgo y se resalta la celda con la alerta que aparece para ese nivel.

Área mensajes y alertas:

Contiene un listado con los mensajes y avisos que han sido enviados tanto directamente por la aplicación como por los GT.



Se plantea una pantalla de apoyo a S/GT en la figura 10, en la que se pretende dar una imagen global de una misión en función de sus unidades.

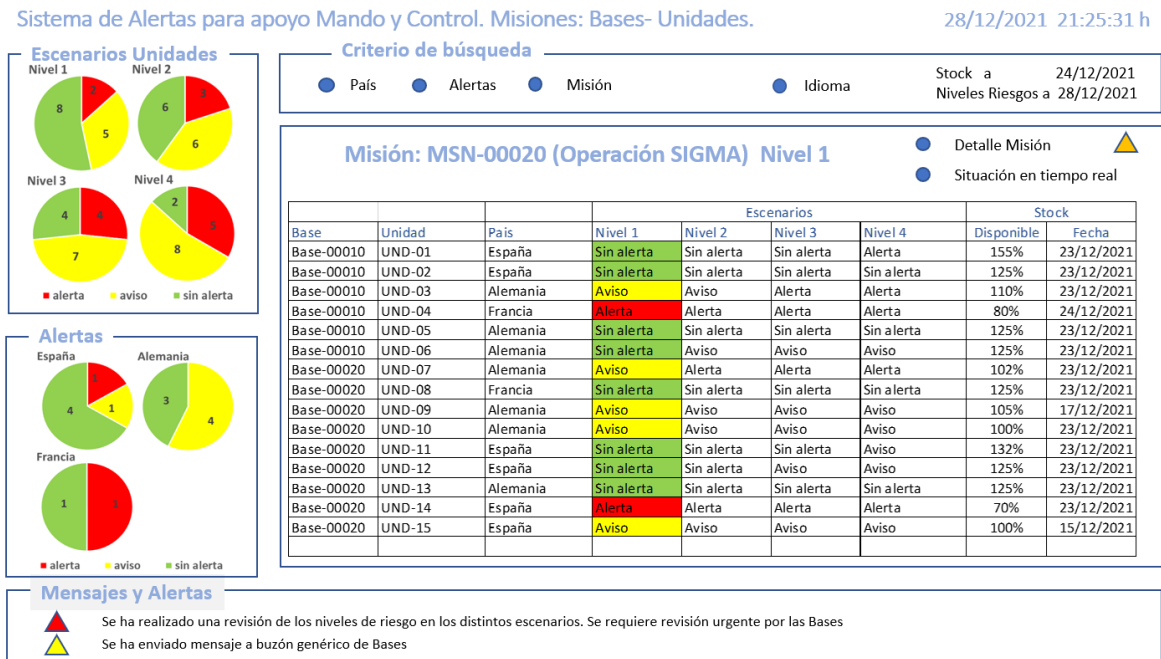


Figura 10. Bases-Unidades. Elaboración propia

Área Escenario:

Contiene para cada uno de los niveles de riesgos establecidos, una simulación con el estado de cada una de las unidades dentro de una misión. Esta información se muestra en un gráfico circular para cada nivel. Tras aplicar las condiciones definidas por nivel, se aplica una alerta a cada una de las unidades de la misión.

Área Alertas:

Contiene el estado de cada una de las unidades de la misión tras aplicar el nivel de riesgo que le corresponde por su zona de riesgo. Esta información se muestra en un gráfico circular donde aparecen todas las unidades de la misión por país con su situación de alertas bajo el nivel de riesgo que le corresponda por zona.

Área principal de la pantalla:

Contiene un detalle de todas las unidades por base que pertenecen a una misión donde se muestra su estado de Alerta en cada uno de los cuatro posibles escenarios de riesgo y el estado que presenta realmente por su zona de riesgo. Para ello se resalta la columna que corresponde a la misión por su zona de riesgo.

Área mensajes y alertas:

Contiene un listado con los mensajes y avisos que han sido enviados tanto directamente por la aplicación como por los S/GT.



Se plantea una pantalla de apoyo a GT en la figura 11, en la que se pretende dar una imagen global de una misión en función de las patrullas. Facilita las necesidades de efectivos establecidos al definir la misión en cada nivel de riesgo y el movimiento de estos en tiempo real.

Sistema de Alertas para apoyo Mando y Control. Misiones: Bases- Unidades.

28/12/2021 21:25:31 h

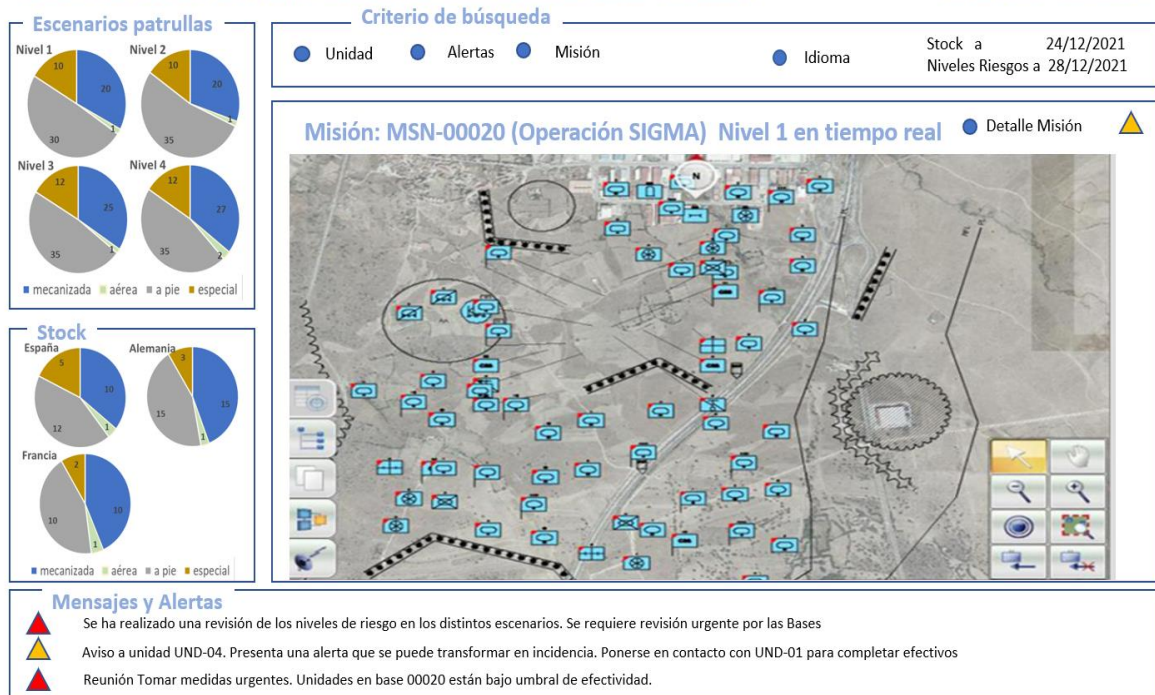


Figura 11. Pantalla del Jefe del GT. Elaboración propia. La fuente de la imagen del área principal de la pantalla es: Ejército de Tierra, Módulo de planeamiento BMS (Foto:MALE).

Área Escenario:

Contiene para cada uno de los niveles de riesgos establecidos, una simulación con el número de patrullas por tipo que se consideraron necesarias para salvar cada uno de estos niveles. Esta información se muestra en un gráfico circular para cada nivel.

Área Stock:

Contiene por país que interviene en la misión, los efectivos por tipo de patrulla que tiene disponibles.

Área principal de la pantalla:

Contiene un mapa con la situación en tiempo real del despliegue de las unidades y el desarrollo de la maniobra. Se encontraría también los enlaces para poder emplear las aplicaciones del sistema: mensajería, zoom, gestor de archivos y otras utilidades.

Área mensajes y alertas:

Contiene un listado con los mensajes y avisos que han sido enviados tanto directamente por la aplicación como por los SGT como por GT.



5 CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo, en su título inicial, era plantear un estudio comparativo de los Sistemas de Mando Control del entorno OTAN. Pese a las dificultades que entrañaba la búsqueda de información sobre este tema, se ha podido realizar una pequeña monografía, recopilando información en base a informes que no tienen mucha accesibilidad para el público en general.

Del estudio y la comparación se extrae la importancia que se le da a este tipo de sistemas en todas las potencias, en todos los casos se referían a planes futuros y a actualizaciones de los programas actuales. No es de extrañar esta importancia en un mundo donde los medios CIS adquieren cada vez más importancia.

El análisis AHP y la opinión de los expertos da una respuesta que no termina de extrañar, la superioridad de los sistemas de C2 estadounidenses. Al fin y al cabo, es Estados Unidos el principal foco de investigación y desarrollo de la industria militar y es quien lleva la iniciativa en el marco de la OTAN.

La comparación realizada quedará desactualizada por el continuo desarrollo y actualización de sistemas y requisitos de usuarios que hacen que los sistemas vayan quedando obsoletos.

Es muy remarcable el hecho de que algunos países presentan planes de cooperación con empresas nacionales civiles de telefonía para intentar copiar sistemas y procedimientos. Se puede ver como potencias de nuestro entorno, apuestan por la industria nacional para marcar la diferencia.

Inicialmente, se partía de un supuesto en el cual podría existir una interoperabilidad entre sistemas a nivel pequeña unidad y más cercana a la realidad de las misiones (plano operativo). El supuesto se vio contrastado con la realidad. He tenido la suerte de acceder al informe de un ejercicio real de interoperabilidad y la realidad es que se abarca desde un plano muy técnico y a un nivel muy elevado en cuanto al tamaño de las unidades. Todavía no se ha podido solventar del todo problemas que se dan al intentar interoperar con sistemas de menor entidad, pues se producen multitud de réplicas.

En vistas a la situación, se planteó la posibilidad de poder emplear un mismo sistema para las unidades de una misma operación a un nivel inferior a brigada. Si bien es cierto que el sistema es un simple prototipo y se centra en aspectos (alertas) que seguramente no sean los más importantes para un desarrollador de un verdadero sistema de Mando y Control.

Existe una clara tendencia hacia la optimización del ciclo de información a través de la simplificación de los sistemas, unas cadenas de mando menos aparatosas y una transmisión de órdenes instantánea, conceptos que se han intentado aplicar con el sistema propuesto.

En cuanto a las líneas de investigación futuras en este campo son innumerables conforme avancen los programas de investigación existentes. El hecho de poder llegar a tener un sistema de Mando y Control conjunto para la OTAN, podría ser un horizonte para alcanzar, en vistas a una mayor cooperación que sepa exprimir las aportaciones de todos los miembros, pues al fin y al cabo todos estos terminan trabajando conjuntamente.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUBLICACIONES DOCTRINALES

Mando de Adiestramiento y Doctrina, PD3-602 (2009). Establecimiento y empleo de SIMACET.

Ministerio de Defensa, MT-021 (2019). Manuel de usuario de BMS-ET.

Ministerio de Defensa (2017). INTEROPERABILIDAD CONCEPTO DERIVADO 07/18.

MONOGRAFÍAS

Saaty, T. L (1980) Decision making with the analytic hierarchy process. Sci. Iran., vol.9, no.3, pp. 215-229

Saaty, T.L. y Vargas, L.G. (2006) Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, New York; Springer.

INFORMES MILITARES DE INVESTIGACIÓN

Teniente coronel Barea Mestanza, A. (2017). Sistemas de mando y control y de telecomunicaciones desplegables en el Us Army.

Teniente coronel Armada Vázquez, A. (2018). Tendencias de Mando y Control en el ejército británico hasta el horizonte del año 2035.

Teniente coronel Bermejo Cabrera, F. (2017). Actualizaciones en los sistemas de Mando y Control desplegables en el Ejército de Tierra italiano.

Teniente coronel Sierra Corredor, J. (2017). Actualización de los sistemas de Mando y Control desplegables en el ET.

Teniente coronel García Gómez, J. (2021). Informe respuesta del OFEN en el CAC sobre los sistemas de Mando y Control (C2) del ejército de tierra de los Estados Unidos.

Capitán de corbeta Cubeiro, E. (2001). "LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL"

Teniente Morales Abdelatif, J. C. (2021). Informe Donau Warrior.

ARTÍCULOS DE REVISTA DIGITAL

Reguant-Álvarez, M. y Torrado-Fonseca, M (2016). "El método Delphi". REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 9 (1), pp. 87-102. Disponible en:

<https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/view/reire2016.9.1916> Revista de innovación. Método Delphy [Consultado 28-03-2022].

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/download/26474/28219/78112> EL MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA LA TOMA DE DECISIONES. (INVESTIGACION OPERATIVA - AÑO XXVII - Nº 46 – PAGINAS 54 a 73 – NOVIEMBRE 2019) [Consultado 18-04-2022]

Guerrero Manzano, J Mª. (2006). "Evolución de los Sistemas de Mando y Control: Interoperabilidad e integración". Seguridad y Defensa. 154, pp. 51-55. Disponible en:



<https://www.coit.es/archivo-bit/diciembre-2005-enero-2006/seguridad-y-defensa-tecnologias-avanzadas-evolucion-de-los> [Consultado 28-12-2021].

García Arnáiz, F. J. (2017). “La Estructura de Mando de la Alianza Atlántica”. Cuadernos de estrategia. 191, pp 51-82. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6317254> [Consultado 27-12-2021].

SITIOS WEB

.TALOS GMV (2021). TALOS GMV. Disponible en:

<https://www.gmv.com/es-es/node/127/printable/print> [Consultado 27-12-2021].

Mando y Control. Sistemas abiertos e interoperables (2021). Disponible en:

<https://www.indracompany.com/es/mando-control-0> [Consultado 27-12-2021].

Mando y Control (2021). En: Wikipedia, la enciclopedia libre. 5 de marzo. Disponible en

https://es.wikipedia.org/wiki/Mando_y_control [Consultado 27-12-2021].

Diccionario Real Academia Española. Interoperabilidad (2021). Disponible en:

<https://dpej.rae.es/lema/interoperabilidad> [Consultado 28-12-2021].

Common Operating Environment Flip Book. Disponible en:

https://asc.army.mil/web/wp-content/uploads/COE_Flip_Book.pdf [Consultado 28-12-2021].

Analytic Hierarchy Process (AHP). Disponible en:

<https://prevencontrol.com/prevenblog/ahp-un-metodo-para-fortalecer-la-toma-de-decisiones-en-sst/> [Consultado 28-03-2022].

CWIX. Disponible en:

<https://www.act.nato.int/articles/cwix-2021-starts> [Consultado 28-03-2022].

OTROS

Presentación curso pasarela MIP: Pasarela SIMACET MIP Bloque 3.1. (2019). Thales Group. Alfonso Escalera Piña



7 ANEXOS

7.1 ANEXO I. MÉTODO DELPHI

Selección de grupo de expertos.

Lista de nombres de expertos, personal de la Brigada Guadarrama XII:

1. Tte Antonio Cuadros San Román
2. Tte Juan Carlos Morales Abdelatif
3. Tte Sergio Cañada Fernández
4. Tte Adolfo Soto Conde
5. Tte Daniel Ayuso Pérez
6. Sgto Alejandro Rodríguez Manglano
7. Sgto Alicia Santos Espinosa

Cuestionario enviado en la ronda uno.

Nombre y Apellidos:	Fecha: .../.../.....
Empleo:	
Unidad:	

Misiones/Ejercicios de Interoperabilidad en los que ha participado:		
<u>Misión/Ejercicios</u>	<u>Año</u>	<u>Comentario</u>
.....
.....

1. Indique los sistema de Mando y Control en los tiene alguna experiencia y la forma en la que ha obtenido la misma.				
<u>Sistema</u>	<u>Autodidacta</u>	<u>Curso</u>	<u>Práctica</u>	<u>Comentarios</u>
SIMACET	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SICIF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FALCON EXPLOIT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SIACCON	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FBCB2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OTROS(indique cuales)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 12. Ronda1.Primer apartado. Elaboración propia



2. ¿Considera la interoperabilidad como una capacidad fundamental para un sistema de Mando y Control?
 SI NO
 Argumente la respuesta:

2.1 Si ha contestado SI en la pregunta anterior, ¿Qué aspectos o características considera usted más relevantes y que deberían tenerse en cuenta para que un sistema de sistema de Mando y Control sea eficaz y eficiente en su uso dentro de esta capacidad?

Características	Comentario
.....
.....

3. ¿Considera la usabilidad como una capacidad fundamental para un sistema de Mando y Control?
 SI NO
 Argumente la respuesta:

3.1 Si ha contestado SI en la pregunta anterior, ¿Qué aspectos o características considera usted más relevantes y que deberían tenerse en cuenta para que un sistema de sistema de Mando y Control sea eficaz y eficiente en su uso dentro de esta capacidad?

Características	Comentario
.....
.....

4. ¿Considera el Hardware como una capacidad fundamental para un sistema de Mando y Control?
 SI NO
 Argumente la respuesta:

4.1 Si ha contestado SI en la pregunta anterior, ¿Qué aspectos o características considera usted más relevantes y que deberían tenerse en cuenta para que un sistema de sistema de Mando y Control sea eficaz y eficiente en su uso dentro de esta capacidad?

Características	Comentario
.....
.....

5. ¿Considera la transmisión y recepción de la información como una capacidad fundamental para un sistema de Mando y Control?
 SI NO
 Argumente la respuesta:

5.1 Si ha contestado SI en la pregunta anterior, ¿Qué aspectos o características considera usted más relevantes y que deberían tenerse en cuenta para que un sistema de sistema de Mando y Control sea eficaz y eficiente en su uso dentro de esta capacidad?

Características	Comentario
.....
.....

6. ¿Considera otra u otras capacidades no identificadas anteriormente como fundamentales para un sistema de Mando y Control?
 SI NO
 Sila respuesta es SI, enumérelas y argumente la respuesta:

Capacidades	Comentario
.....
.....

6.1 Si ha contestado SI en la pregunta anterior, para cada una de las capacidades enumeradas, ¿Qué aspectos o características considera usted más relevantes y que deberían tenerse en cuenta para que un sistema de sistema de Mando y Control sea eficaz y eficiente en su uso dentro de estas capacidades?

Características	Comentario
.....
.....

Figura 13. Ronda1.Segundo apartado Elaboración propia



7. En relación con la interoperabilidad y en base a su experiencia dentro de una misión o maniobra en la que han intervenido otros países,

7.1 ¿le ha resultado fácil identificar el mismo tipo de información en los distintos C2 que se han utilizado?
 SI NO
 Argumente la respuesta:

7.2 Si a la pregunta anterior ha respondido NO, ¿considera que para una mejor interoperabilidad sería necesario avanzar hacia una estandarización de los distintos C2?
 SI NO
 Argumente la respuesta:

7.3 ¿qué tres carencias fundamentales detecta en los Sistemas de Mando y Control empleados?

Carencias _____	Comentario _____
.....
.....

7.4 ¿qué tres beneficios fundamentales cree que una estandarización podría aportar a la hora de la toma de decisiones?

Beneficios _____	Comentario _____
.....
.....

8. ¿Reconoce la iniciativa Common Operating Environment (COE) en alguno de los C2 que ha utilizado?
 SI NO
 Indique el sistema de C2 que creen que se puede ajustar a esta iniciativa:

8.1 ¿Considera que esta iniciativa mejora la interoperabilidad en relación con los sistemas que conoce actualmente?
 SI NO
 Argumente la respuesta:

8.2 Si ha contestado SI en la pregunta anterior, ¿Considera necesario que se actualicen los sistemas de Mando y Control bajo el marco de esta iniciativa?
 SI NO
 Argumente la respuesta:

8.3 Si ha contestado SI en la 8.2, ¿Puede indicar cómo afectaría esta iniciativa a las características que ha enumerado en la pregunta 2 sobre interoperabilidad?

Características _____	Comentario _____
.....
.....

8.4 Si ha contestado SI en la 8.2, ¿Puede indicar cómo afectaría esta iniciativa a las carencias en sistema de Mando y Control que ha enumerado en la pregunta 7.3 relacionadas con interoperabilidad?

Carencias _____	Comentario _____
.....
.....

Figura 14. Ronda 1. Tercer apartado. Elaboración propia



Questionario enviado en la ronda dos

RONDA SEGUNDA						
Señale con X si está de acuerdo en que se trata de una capacidad relevante en un sistema C2			Importante			
			Nada	Poco	Bastante	Muy
Dimensiones	Frecuencia (SI)	SI(X)	Valores			
Interoperabilidad	7/7		1	2	3	4
Hardware	7/7		1	2	3	4
Usabilidad	7/7		1	2	3	4
Transmisión y recepción de la información	7/7		1	2	3	4
Otros	2/7		1	2	3	4
Señale con X si está de acuerdo en que se trata de una característica relevante en un sistema C2			Importante			
			Nada	Poco	Bastante	Muy
Dimensión: Usabilidad	Frecuencia	SI(X)	Valores			
Flexibilidad	4/7		1	2	3	4
Estandarización de integraciones	2/7		1	2	3	4
Información homogénea	6/7		1	2	3	4
Sencillez	7/7		1	2	3	4
Percepción directa e intuitiva de la situación	7/7		1	2	3	4
Formación continuada y actualizada	2/7		1	2	3	4
Señale con X si está de acuerdo en que se trata de una característica relevante en un sistema C2			Importante			
			Nada	Poco	Bastante	Muy
Dimensión: Hardware	Frecuencia	SI(X)	Valores			
Dispositivos modernos y compactos	7/7		1	2	3	4
Dispositivos Robustos	3/7		1	2	3	4
Relación calidad/precio	5/7		1	2	3	4
Bajo mantenimiento	5/7		1	2	3	4
Formación continuada y actualizada	5/7		1	2	3	4
Señale con X si está de acuerdo en que se trata de una característica relevante en un sistema C2			Importante			
			Nada	Poco	Bastante	Muy
Dimensión: Transmisión y recepción información	Frecuencia	SI(X)	Valores			
Intercambio de datos en tiempo real	7/7		1	2	3	4
Robustez sistema de redes	7/7		1	2	3	4
Comunicación entre unidades	4/7		1	2	3	4
Geolocalización	3/7		1	2	3	4
Disponibilidad de la información 24x7	6/7		1	2	3	4
Señale con X si está de acuerdo en que se trata de una característica relevante en un sistema C2			Importante			
			Nada	Poco	Bastante	Muy
Dimensión: Interoperabilidad	Frecuencia	SI(X)	Valores			
Estandarización	7/7		1	2	3	4
Seguridad	7/7		1	2	3	4
Distintos perfiles para acceder a distinta información	5/7		1	2	3	4
Uso a nivel nacional	4/7		1	2	3	4

Figura 15. Ronda 2. Capacidades y características. Elaboración propia



Cuestionario enviado en la ronda tres.

RONDA 3		
Capacidades más revelantes en un sistema C2 (Valoración: 1- menos valorado y 4-mas valorado)		Valoración
Dimensiones	Media (*)	(1,2,3,4,5)
Interoperabilidad	4,00	
Usabilidad	3,00	
Transmisión y recepción de la información	3,00	
Hardware	2,00	
Características más revelantes en un sistema C2 (Valoración: 1- menos valorado y 6-mas valorado)		Valoración
Dimensión: Usabilidad	Media (*)	(1,2,3,4,5,6)
Sencillez	3,88	
Información homogenea	3,50	
Percepción directa e intuitiva de la situación	3,50	
Flexibilidad	2,25	
Estandarización de integraciones	2,00	
Formación continuada y actualizada	1,38	
Características más revelantes en un sistema C2 (Valoración: 1- menos valorado y 5-mas valorado)		Valoración
Dimensión: Hardware	Media (*)	(1,2,3,4,5)
Relación calidad/precio	4,00	
Bajo mantenimiento	2,63	
Dispositivos modernos y compactos	2,63	
Dispositivos robustos	2,00	
Formación continuada y actualizada	1,86	
Características más revelantes en un sistema C2 (Valoración: 1- menos valorado y 5-mas valorado)		Valoración
Dimensión: Transmisión y recepción información	Media (*)	(1,2,3,4,5)
Intercambio de datos en tiempo real	4,00	
Robustez sistema de redes	3,29	
Disponibilidad de la información 24x7	3,00	
Geolocalización	2,00	
Comunicación entre unidades	2,00	
Características más revelantes en un sistema C2 (Valoración: 1- menos valorado y 4-mas valorado)		Valoración
Dimensión: Interoperabilidad	Media (*)	(1,2,3,4)
Estandarización	4,00	
Seguridad	3,29	
Uso a nivel nacional	1,86	
Distintos perfiles para acceder a distinta información	1,86	
(*) Media: Resultado obtenido de la Ronda 2		

Figura 16. Ronda 3. Dimensiones y características. Elaboración propia



7.2 ANEXO II. AHP.

Documento adjunto en el correo de convocatoria para el grupo de expertos.

El objetivo de este documento es informar a los participantes en el estudio de la finalidad de este, de los métodos empleados, de los calendarios y facilitar información adicional.

La finalidad del estudio es realizar una comparación de cinco sistemas de C2 seleccionados previamente, en esta fase serán las alternativas. La comparación se realizará en base a unos criterios/subcriterios que se han identificado en una fase previa mediante una batería de encuestas según la metodología DELPHI.

Para conseguir este fin se realizarán una serie de reuniones con las que se pretende llegar a un consenso entre todos los participantes respecto a la comparación entre criterios, la comparación entre subcriterios dentro de cada uno de los criterios y la comparación entre alternativas, en este caso sistemas de C2. Estas comparaciones son la base del método de decisión que se empleará. Se utilizará el método de decisión multicriterio discreto AHP (~~ANALYTIC HIERARCHY PROCESS~~).

Realizaremos puestas en común, tras las cuales se rellenarán las correspondientes matrices de comparación siguiendo la escala ~~SRATV~~:

Valor	Definición
1	a - Igual Importancia
3	b - Importancia Moderada $\simeq 1/2$
5	c - Importancia Grande $\simeq 1/5$
7	d - Importancia Muy Grande $\simeq 1/7$
9	e - Importancia Extrema $\simeq 1/9$

Como herramienta de trabajo se empleará la aplicación *AyudaDecisionAHPnet4.0* desarrollada por la Academia de Logística del Ejército de Tierra. Esta herramienta permite recoger las distintas comparaciones de una forma rápida y sencilla. Finalmente facilitar el cálculo deseado.

Para trabajar con la herramienta se convocarán una serie de reuniones, videoconferencias. Se tiene previsto entre una y tres, no más.

Los valores requeridos serán consensuados de uno en uno en las distintas reuniones.

Los criterios/subcriterios que se utilizarán son:

CRITERIO USABILIDAD: se refiere a la facilidad en el empleo de una herramienta por parte de los usuarios.

- SENCILLEZ: cualidad que permita un fácil aprendizaje de la herramienta al usuario.
- PERCEPCIÓN DIRECTA E INTUITIVA DE LA SITUACIÓN: capacidad de comprender e identificar la información mostrada de una herramienta.
- INFORMACIÓN HOMOGÉNEA: en apariencia se muestra la información bajo criterios estándares y comunes a todos los sistemas.

CRITERIO HARDWARE: cualidad que se centra en los componentes puramente físicos del sistema.

- BAJO MANTENIMIENTO: cualidad que valora la resistencia y durabilidad del material empleado en el sistema y su adaptación a versiones y cambios.
- ÓPTIMA RELACIÓN CALIDAD/PRECIO: cualidad que valora que el sistema tenga unas prestaciones que cumplan las exigencias con garantías y se ajusten a presupuestos definidos.
- DISPOSITIVOS MODERNOS Y COMPACTOS: cualidad que valora la necesidad de disponer de sistemas actuales y de última generación.

CRITERIO TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA INFORMACIÓN: se refiere a la interconexión entre sistemas para el flujo de datos.

- INTERCAMBIO DE DATOS EN TIEMPO REAL: cualidad relacionada con la transmisión de información instantánea.
- ROBUSTEZ SISTEMA DE REDES: cualidad que valora la solidez de los sistemas de los sistemas de comunicación.
- DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN 24X7: se refiere a la facilidad de disponer de la información en tiempo en cualquier momento que precise el usuario.

CRITERIO INTEROPERABILIDAD: cualidad que valora la capacidad de los sistemas de compartir datos e información entre ellos. Tendiendo a actuar como unidad.

- SEGURIDAD: se refiere a la capacidad de proteger datos y acciones y garantizar la confidencialidad.
- DISTINTOS PERFILES PARA ACCEDER A LA DISTINTA INFORMACIÓN: se refiere a la capacidad de seleccionar la información dependiendo del perfil del usuario que la solicita.
- ESTANDARIZACIÓN: cualidad que busca crear una base común para todos los sistemas tanto en forma como en sus contenidos y criterios de actuación.



Las alternativas son los cinco sistemas C2 que se desean comparar: **SIMACET, SICF, SIACCON, FBCB2 y FALCON EXPLOIT.**

Este criterio/subcriterios y alternativas darán lugar a una matriz de comparación entre criterios, cuatro matrices de comparación entre subcriterios (una dentro de cada criterio) y doce matrices de comparación entre sistemas de C2, una para cada subcriterio considerado.

Para que sirva de ejemplo de lo que vamos a hacer, aunque ya lo tenéis en el manual que os adjunto y que me consta que varios ya habéis trabajado con él, incluyo dos posibles casos con sus matrices:

1. La matriz de comparación entre criterios y los expertos consideran que la transmisión y recepción de información es moderadamente más importante que la usabilidad deberá incluirse lo siguiente:

CRITERIOS	Usabilidad	Hardware	Transmisión inf.	Interoperabilidad
Usabilidad	1		1/3	
Hardware		1		
Transmisión inf.	3		1	
Interoperabilidad				1

2. la matriz de comparación entre alternativas para el subcriterio sencillez y los expertos consideran que el sistema FBCB2 es extremadamente más sencillo que el sistema SICF se incluirían los siguientes valores en la matriz:

Sencillez	SIMACET	SICF	SIACCON	FBCB2	FALCON
SIMACET	1				
SICF		1		1/9	
SIACCON			1		
FBCB2		9		1	
FALCON					1

Como se puede ver, en los dos casos la diagonal de la matriz tiene siempre valor uno.

En breve se enviará la convocatoria y la forma de conexión de la primera reunión.

Se adjunta un documento con un manual de ayuda de la herramienta. Estos contenidos son puramente informativos. En las reuniones seguiremos el manual y desde mi puesto iré introduciendo la información en la herramienta.

Figura 17. Documento explicación para expertos AHP. Elaboración propia.



Método AHP. Fundamentos.

En este anexo se explicará el proceso llevado a cabo para el análisis AHP, que permite una jerarquización de los sistemas de C2 estudiados por parte de los expertos.

El Analytic Hierarchy Process (AHP) fue desarrollado por el profesor Thomas L. Saaty para ser empleado inicialmente por el departamento de Defensa de Estados Unidos. Con este método se pretendía resolver problemas en los que fuese necesaria la toma de decisiones.

Es un método de decisión multicriterio que permite al usuario elegir entre distintas alternativas en función de criterios ordenados previamente. Se basa en una estructura jerárquica que parte de un objetivo final pasando por criterios y subcriterios, para en última instancia, comparar una serie de alternativas. De ahí viene la importancia de seleccionar de forma correcta los criterios y subcriterios y que sean excluyentes entre sí.

Se procede a comparar criterios, subcriterios y alternativas por pares. Estas comparaciones se valoran según la escala Saaty que tenemos en tabla 8. Las valoraciones se ordenan en matrices de comparaciones de dimensión $n \times n$. Donde n es el número de criterios si se están comparando criterios o el número de subcriterios para un criterio, si comparamos los subcriterios o el número de alternativas si estamos comparando alternativas.

Se apoya en cuatro axiomas que se recogen en el apéndice matemático, Saaty (1998):

Axioma 1: Juicios recíprocos. La valoración a_{ij} es inversa a a_{ji} .

Axioma 2: Homogeneidad. Los elementos que se están comparando tienen el mismo orden de magnitud.

Axioma 3: Estructura jerárquica. Los elementos de dos niveles jerárquicos consecutivos tienen dependencia y lo mismo dentro del mismo nivel.

Axioma 4: Expectativas de orden de rango. Las expectativas aparecen en la estructura en función de criterios y subcriterios.

Según estos axiomas las matrices de comparación quedarían:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Donde $a_{ij} = 1/a_{ji}$ para $i \neq j$ con $i, j = 1 \dots n$
 $a_{ij} = 1$ para $i = j$ con $i, j = 1 \dots n$

Para cada una de estas matrices, se calcula los pesos (w_i) de los elementos a comparar (criterios, subcriterios o alternativas). El conjunto de estas ponderaciones constituye el vector de pesos relativos para una matriz. Todos los vectores se aplican para calcular la matriz de decisión final.



$$\begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (a_{11} / \sum a_{j1} + \dots + a_{1n} / \sum a_{jn}) / n \\ \vdots \\ (a_{n1} / \sum a_{j1} + \dots + a_{nn} / \sum a_{jn}) / n \end{bmatrix}$$

Para alcanzar un resultado final válido, es necesario que los datos empleados sean consistentes. El método AHP facilita una forma de medir esta consistencia. Esta utilidad es el índice o ratio de consistencia (RC). Si este ratio es aceptable podemos continuar con el estudio, si no lo fuera, deberíamos revisar y si procede, modificar las valoraciones realizadas.

El ratio RC es el cociente entre dos índices, el índice de consistencia propio de la matriz A (IC) y el índice de consistencia de una matriz de comparaciones dos a dos obtenida de manera aleatoria (IA).

$$RC = IC/IA$$

Este cálculo está desarrollado de forma que el valor 0,10 es la barrera que marca idoneidad de los valores utilizados.

Si RC es menor o igual que 0,10 podemos considerar una consistencia aceptable.

Si RC es mayor que 0,10 estaremos ante una inconsistencia.

Para obtener estos resultados se utilizó la herramienta AyudaDecisionAHPnet4.0

Herramienta para la aplicación AHP: AyudaDecisionAHPnet4.0

Para realizar el AHP, se utilizó una herramienta facilitada en la asignatura de Logística. La herramienta desarrollada por la Academia de Logística del Ejército de Tierra, permite automatizar el proceso del AHP. Los pasos seguidos durante las videoconferencias se corresponden con lo expresado en el manual de empleo de la aplicación.



Figura 18. Pantalla de inicio de la herramienta

En la figura 19 vemos el resultado del paso inicial, introducción de los criterios, sus correspondientes subcriterios y las alternativas a estudiar.



Figura 19. Definición de criterios y subcriterios en la herramienta

Una vez cargados los criterios/subcriterios y alternativas en la herramienta, se procedió a alimentar las matrices de comparación. Para cada matriz la herramienta calculó el peso relativo (w) y la Razón de Inconsistencia (R.I.). Después de completar las 17 matrices derivadas de las condiciones establecidas, la aplicación facilitó el resultado final como la matriz de decisión con sus pesos relativos (w) y su RI en función de las 17 matrices anteriores.

Evaluación de criterios y subcriterios

Matriz de comparación de criterios

Las respuestas dadas por los expertos se plasman en la figura 20 permitiendo jerarquizar de forma relativa los criterios con la escala Saaty.

Asimismo, se obtiene el peso relativo (w) de cada uno de los criterios/subcriterios. A destacar que en la figura 20, la interoperabilidad es el criterio más importante (consensuado por los expertos).

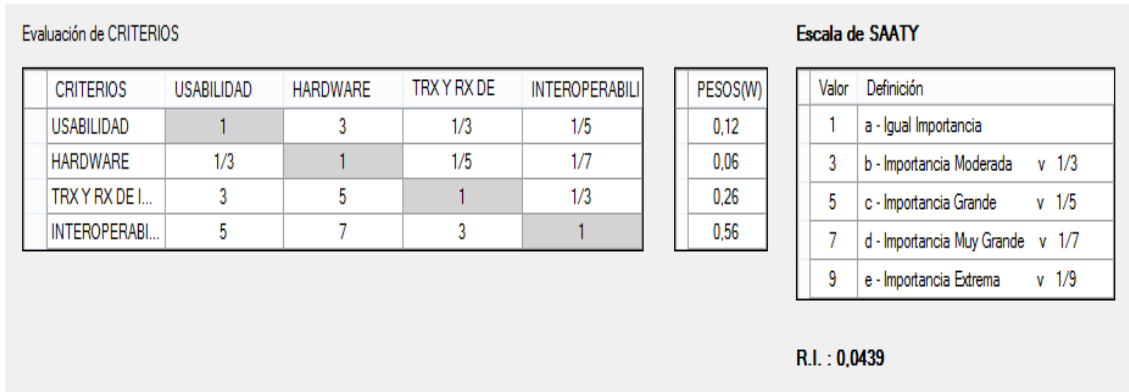


Figura 20. Comparación de los criterios entre ellos con la herramienta

Ejemplo de introducción de datos y su significado

Para explicar el funcionamiento de la herramienta empleada se va a explicar la figura 20. Como se puede observar, se están comparando los criterios para ver cual deciden los expertos que es más importante. Esto se realiza otorgándole el valor de la escala SAATY.

Si se quiere reflejar que la transmisión y recepción de información (TRX Y RX DE) es moderadamente más importante que la usabilidad deberá incluirse lo siguiente:

En la celda (USABILIDAD, TRX Y RX DE) → 1/3

En la celda (TRX Y RX DE, USABILIDAD) → 3

Esta filosofía es la misma que si se trabajara sin la herramienta, como es de esperar.

Matrices de comparación de subcriterios por criterio

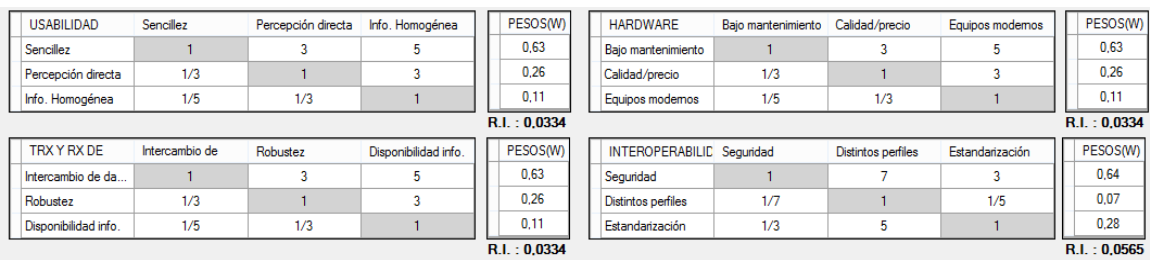


Figura 21. Comparación de subcriterios dentro de cada criterio

Se comprueba que en todo el proceso la Razón de Inconsistencia (R.I.) debe ser menor que 0,1 para que no existan incongruencias en el análisis.



Evaluación de alternativas

Las figuras 22, 23, y 24 son el cuerpo principal del análisis. En ellas se expone la comparación de las alternativas para cada subcriterio y la comparación de los subcriterios dentro de cada criterio, y se recibe un peso (w) para la matriz de decisión final.

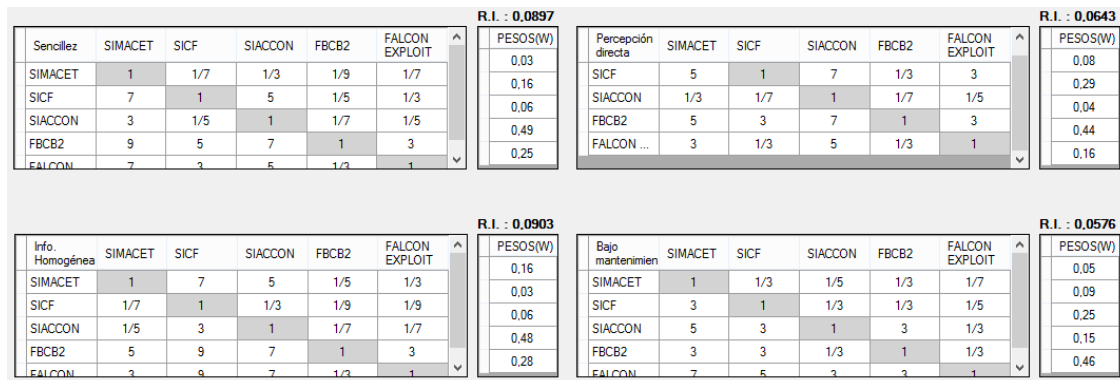


Figura 22. Comparación de alternativas para cada subcriterio en la herramienta (I)

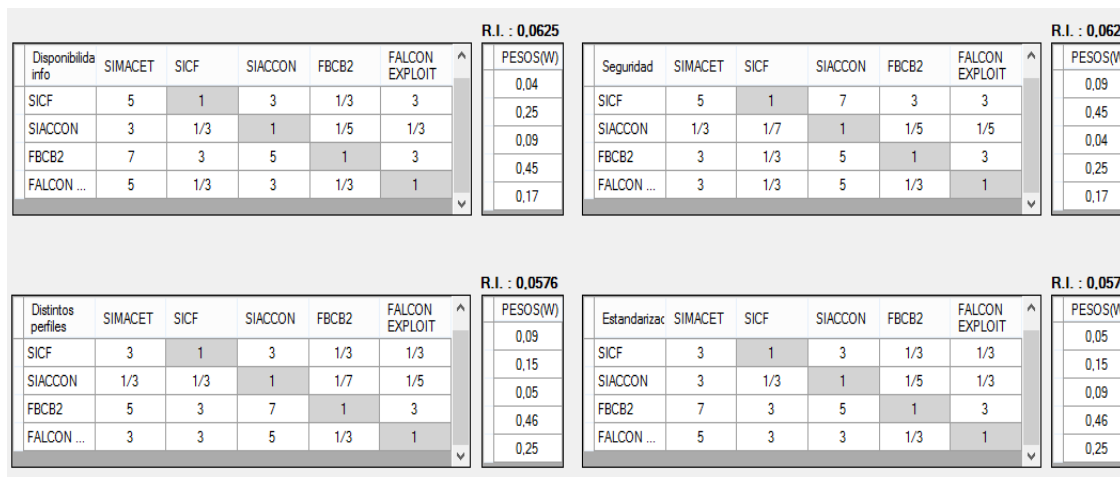


Figura 23. Comparación de alternativas para cada subcriterio en la herramienta (II)



R.I. : 0.0635						R.I. : 0.0576							
Calidad/prec	SIMACET	SICF	SIACCON	FBCB2	FALCON EXPLOIT	PESOS(W)	Equipos modemos	SIMACET	SICF	SIACCON	FBCB2	FALCON EXPLOIT	PESOS(W)
SICF	3	1	3	1/3	1/5	0,05	SICF	3	1	3	1/3	1/3	0,05
SIACCON	3	1/3	1	1/3	1/5	0,14	SIACCON	3	1/3	1	1/5	1/3	0,15
FBCB2	5	3	3	1	1/3	0,09	FBCB2	7	3	5	1	3	0,09
FALCON ...	7	5	5	3	1	0,24	FALCON ...	5	3	3	1/3	1	0,46
						0,49							0,25

R.I. : 0.0576						R.I. : 0.0576							
Intercambio de datos	SIMACET	SICF	SIACCON	FBCB2	FALCON EXPLOIT	PESOS(W)	Robustez	SIMACET	SICF	SIACCON	FBCB2	FALCON EXPLOIT	PESOS(W)
SICF	3	1	1/3	1/5	1/3	0,05	SICF	1/3	1	1/5	1/3	1/7	0,05
SIACCON	3	3	1	1/3	1/3	0,09	SIACCON	3	5	1	3	1/3	0,25
FBCB2	7	5	3	1	3	0,15	FBCB2	3	3	1/3	1	1/3	0,15
FALCON ...	5	3	3	1/3	1	0,46	FALCON ...	5	7	3	3	1	0,15
						0,25							0,46

Figura 24. Comparación de alternativas para cada subcriterio en la herramienta (III)

Se comprueba que en todo el proceso la Razón de Inconsistencia (R.I.) debe ser menor que 0,1 para que no existan incongruencias en el análisis.

Hay que indicar que en las figuras 22, 23 y 24 debido a que el tamaño de las ventanas de la herramienta para las matrices es fijo y se utilizan cursores para desplazarse, la imagen que se tiene de estas matrices aparece cortada.

Resultados

Finalmente, todo el proceso de la herramienta se traduce en la figura 25. El resultado se expone como una matriz con todos los pesos ponderados de las fases. El número más elevado de la última fila hace referencia al sistema de C2 mejor valorado. El desarrollo de las conclusiones se expone en el apartado 4.2

MATRIZ DE DECISIÓN						
CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	SIMACET	SICF	SIACCON	FBCB2	FALCON
USABILIDAD	0.12	0.06	0.18	0.06	0.48	0.23
+ Sencillez	0.63	0.03	0.16	0.06	0.49	0.25
+ Percepción directa	0.26	0.08	0.29	0.04	0.44	0.16
+ Info. Homogénea	0.11	0.16	0.03	0.06	0.48	0.28
HARDWARE	0.06	0.05	0.11	0.19	0.21	0.44
+ Bajo mantenimiento	0.63	0.05	0.09	0.25	0.15	0.46
+ Calidad/precio	0.26	0.05	0.14	0.09	0.24	0.49
+ Equipos modemos	0.11	0.05	0.15	0.09	0.46	0.25
TRX Y RX DE INFO	0.26	0.06	0.10	0.17	0.38	0.30
+ Intercambio de datos	0.63	0.05	0.09	0.15	0.46	0.25
+ Robustez	0.26	0.09	0.05	0.25	0.15	0.46
+ Disponibilidad info.	0.11	0.04	0.25	0.09	0.45	0.17
INTEROPERABILIDAD	0.56	0.08	0.34	0.06	0.32	0.20
+ Seguridad	0.64	0.09	0.45	0.04	0.25	0.17
+ Distintos perfiles	0.07	0.09	0.15	0.05	0.46	0.25
+ Estandarización	0.28	0.05	0.15	0.09	0.46	0.25
		0.07	0.25	0.09	0.35	0.24

Figura 25. Matriz final de decisión del AHP



7.3 ANEXO III. COE.

El COE (Common Operational Picture) es un concepto del Ejército de los Estados Unidos de América que busca aplicar la reducción de hardwares y la simplicidad de los softwares, vivida en el mundo civil en el último siglo, al mundo militar. Hace unos años se tenían diferentes dispositivos para realizar las funciones que hoy realiza un smartphone (GPS, calendario, block de notas...).

Es muy común que para cada función del combate (navegación, fuegos...) exista un medio hardware y un software. Esto provoca problemas de espacio en vehículos y Puestos de Mando por no hablar de los problemas para el flujo de información.

El fin último de esta iniciativa es proporcionar a los combatientes herramientas fáciles de usar en herramientas software en un mismo dispositivo, creando un ejército más eficiente evitando las duplicidades en el desarrollo de las operaciones.

El COE rompe con lo establecido previamente, la interoperabilidad no es algo que se busque al final, debe ser una prioridad inicial. Asimismo, se tienen en cuenta las necesidades operativas de los usuarios en los pasos iniciales del desarrollo de los sistemas.

Las fuerzas armadas de EEUU han comprendido la necesidad de actuar en un mundo complejo y muchas veces novedoso donde la tecnología otorga la superioridad. En este marco se busca implementar una fuerza rápidamente desplegable y con una serie de medios que apoyen estas características.

El COE no solo se centra en los modelos norteamericanos, en su raíz está agilizar las interacciones entre los ejércitos aliados (cada vez más común), siempre buscando la simplicidad y no perder la seguridad.

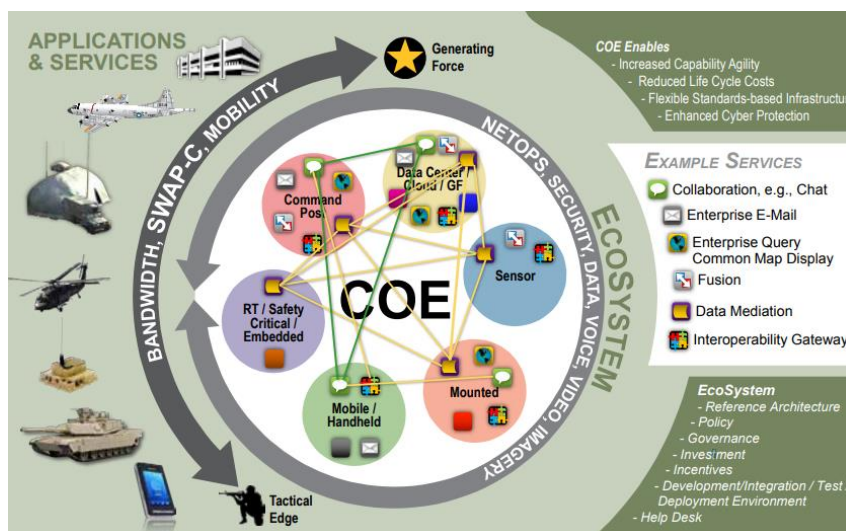


Figura26. Arquitectura COE. Fuente: https://asc.army.mil/web/wp-content/uploads/COE_Flip_Book.pdf

Los nuevos sistemas de C2 han creado sistemas de red cada vez más desarrollados que permiten una visión más real y actualizada del campo de batalla por parte del comandante de la



operación. Sin embargo, todo desarrollo de sistemas presenta vulnerabilidades cibernéticas. El COE no se olvida de esta nueva dimensión del conflicto (el ciberespacio).

El COE busca reducir el número de puntos de acceso a la red y detectar las intrusiones en la red en tiempos reducidos (horas o días). Cuando se necesite un parche de seguridad, los usuarios podrían recibirlo individualmente a través de la red y descargarlo como si fuese una aplicación de smartphone.

Por otro lado, esta iniciativa pone en el centro de todo al combatiente, el cual es un sensor más. Este sensor es una fuente de información del campo de batalla que transmitida en espacio y tiempo óptimo a un Puesto de Mando es un recurso indispensable y crítico. El COE administra estos sensores de forma segura e incluye su relación de servicios.



7.4 ANEXO IV. PROPUESTA SISTEMA C2.

Perfiles que intervienen en el conjunto:

Interviniente	Funciones
Sistema de Información (SI)	Repositorio donde reside la información facilitada por las distintas unidades y que será la base para generar las alertas y fuente de alimentación de la aplicación.
Sistema Jefe GT	<p>Establecer el nivel de riesgo por zonas en los lugares geográficos.</p> <p>Definir alertas, variables comunes a todo el operativo.</p> <p>Recibir información de unidades subordinadas para su control.</p> <p>Emitir órdenes. <i>(El GT equivale a un Batallón formada por varios S/GT de diferentes armas o especialidades)</i></p>
Sistema Jefe S/GT	<p>Analizar y definir las necesidades de la misión por nivel de riesgo.</p> <p>Recibir, unificar y validar información de unidades subordinadas. <i>(El S/GT equivale a una Compañía y es la unidad de la que salen las diferentes patrullas que realizarán las misiones).</i></p>
Sistema Base	Transmitir información de las unidades subordinadas al SI.
Sistema Unidad	Transmitir la información sobre el estado de las patrullas.
Sistema Patrulla	Informar a la unidad del estado de los efectivos después de realizar su tarea. <i>(Se corresponde a una Sección y se encarga de la realización de las misiones propiamente dichas)</i>

Tabla 11. Usuarios que intervienen en el sistema. Elaboración propia.



Reglas para establecer las Alertas.

Para cada unidad dentro de una base en una misión, según las variables y las ponderaciones establecidas, se definen las alertas de la siguiente forma:

Nivel de Riesgo 1 - Bajo		
Alerta	Color	Criterio
Sin alerta	Verde	Cuando los efectivos estén al 80% o más del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Aviso	Amarillo	Cuando los efectivos estén entre 60% y 79% del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Alerta	Rojo	Cuando los efectivos estén por debajo de 59% del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Nivel de Riesgo 2 - Medio		
Alerta	Color	Criterio
Sin alerta	Verde	Cuando los efectivos estén al 85% o más del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Aviso	Amarillo	Cuando los efectivos estén entre 65% y 84% del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Alerta	Rojo	Cuando los efectivos estén por debajo de 64% del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Nivel de Riesgo 3 - Alto		
Alerta	Color	Criterio
Sin alerta	Verde	Cuando los efectivos estén al 90% o más del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Aviso	Amarillo	Cuando los efectivos estén entre 70% y 89% del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Alerta	Rojo	Cuando los efectivos estén por debajo de 69% del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Nivel de Riesgo 4 - Muy Alto		
Alerta	Color	Criterio
Sin alerta	Verde	Cuando los efectivos estén al 100% o más del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Aviso	Amarillo	Cuando los efectivos estén entre 90% y 99% del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Alerta	Rojo	Cuando los efectivos estén por debajo de 89% del valor establecido para esa misión y ese servicio en esa unidad.
Alertas agrupadas para una misión		
Criterio		
Vendrán dadas por la suma de los efectivos de sus unidades. Con una salvedad, si para una de las variables a medir existe una o más unidades que presenten una alerta roja, aunque el total de la misión sea sin alerta, se generará una alerta especial, naranja, que indicará que existe unidad/unidades con déficit en el servicio para ese escenario.		

Tabla 12. Lógica de Alertas. Elaboración propia.



Entidades y Modelo de Datos:

Entidad	Descripción
Nivel Riesgo	<p>Contiene los niveles de riesgos con su código y definición.</p> <p>Se tendrá una fila por código de nivel de riesgo.</p>
Mapa Riesgo	<p>Contiene los códigos país agrupados en zonas y para cada agrupación, el nivel de riesgo asignado.</p>
Alerta	<p>Contiene la definición de las alertas que se podrán utilizar.</p> <p>Se tendrá una fila por alerta definida.</p>
Nivel Alerta	<p>Contiene los criterios a aplicar para cada alerta dentro de un nivel de riesgo. Serán los porcentajes entre los que se moverán las alertas en cada uno de los niveles de riesgos establecidos.</p> <p>Se tendrá una fila por alerta y nivel de riesgo definido.</p>
Misión	<p>Contiene información básica de las misiones. Se incluye una descripción de esta y los contactos que se emplean en la interoperabilidad.</p> <p>Se tendrá una fila por misión, siendo la clave el código de misión que la identifica de forma única.</p>
Misión Zona	<p>Contiene a modo de mapa, los países agrupados por zona que abarca una misión. A cada agrupación se le asigna un nivel de riesgo tras realizar un periódico análisis de la situación.</p> <p>Se tendrá una fila por misión, zona y país siendo esta la forma única de identificar una situación de riesgo dentro de la misión.</p>
Base	<p>Contiene las bases que pertenecen a una misión y la información relacionada con sus contactos, correo electrónico del buzón genérico, contactos móviles estándar y de emergencia.</p> <p>Se tendrá una fila por misión y base siendo esta la forma única de identificar una base.</p>
Unidad	<p>Contiene las unidades con su país de procedencia que componen una base que pertenecen a una misión con la información relacionada de sus contactos, correo electrónico del buzón genérico, contactos móviles, correo electrónico del buzón genérico, contactos móviles estándar y de emergencia. Se tendrá una fila por misión, base y unidad siendo esta la forma única de identificar una base.</p>
Patrulla Tipo	<p>Contiene los distintos tipos de patrulla que se pueden dar en una misión.</p> <p>Se tendrá una fila por tipo de patrulla.</p>
Patrulla Finalidad	<p>Contiene las distintas finalidades para las que se tienen patrullas dentro de una misión. Se tendrá una fila por finalidad de patrulla.</p>
Patrulla	<p>Contiene las necesidades de patrullas dentro de una misión. Se definen por tipo y finalidad cuando se inicia la misión y se puede modificar en cualquier momento por el mando correspondiente y siempre validado por Sistema GT. Se asignará el número de vehículos y de efectivos humanos imprescindibles.</p> <p>Se tendrá una fila por misión, base, unidad, país, tipo y finalidad de patrulla.</p>
Stock Unidad	<p>Contiene el estado de los efectivos disponibles al fin de la jornada en una unidad. Se facilitará la información tanto de medios materiales como humanos.</p>

Tabla 13. Descripción de entidades y tablas del sistema. Elaboración propia.

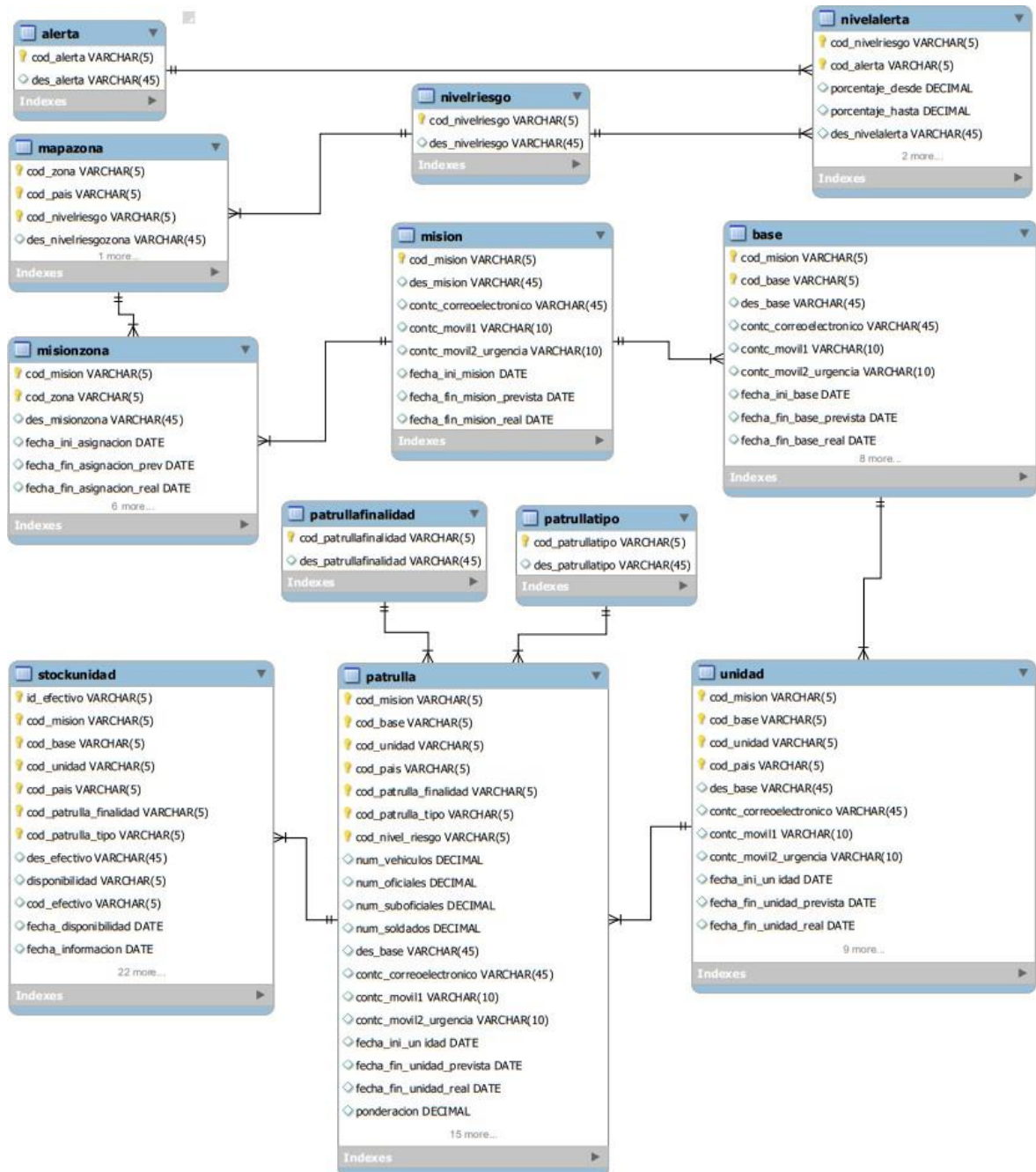


Figura 27. Modelo de datos MYSQL. Elaboración propia.