

Propuesta de arquitectura para la red táctica permanente multi-dominio JRE nacional

Autor: Martínez Leyva, José Luis

Director/es: González Coma, José y Rodríguez Martínez, Francisco Javier.

Contacto: jmarley@fn.mde.es

Resumen: La Directiva 19/19 del Jefe del Estado Mayor de la Defensa (JEMAD), que marca las líneas generales para el desarrollo, evolución e interoperabilidad de la capacidad de enlace de datos tácticos (TDL) en las Fuerzas Armadas Españolas, describe una variedad de tecnologías utilizadas por ciertas unidades militares, integradas en redes tácticas seguras y ultrarrápidas, mediante equipos radio específicos. En el marco de la transición de las denominadas TDL, Link16, implementado sobre la plataforma radio JTIDS/MIDS, es el protocolo de mayor capacidad utilizado en el ámbito de la OTAN, constituyéndose en ventaja tecnológica decisiva en el campo de batalla. Un protocolo que trabaja en la denominada banda Lx (UHF de 960 a 1215 MHz), limitando su alcance a la línea de vista (LOS) por tanto, en el ámbito estrictamente táctico. El *Joint Range Extension Protocol* (JREAP), permite extender más allá de la línea de vista (BLOS) la capacidad Link16 empleando enlaces vía satélite, terrestres o redes TCP/IP, superando así dicho ámbito táctico para presentarse en el estratégico-operacional. Este trabajo tiene como objetivo fundamental realizar una propuesta de arquitectura para una red de tal naturaleza, basada en el despliegue de procesadores JRE, que sea distribuida, permanente y multidominio, y que permita a los mandos militares el seguimiento de las operaciones en curso por muy lejos que de éstas se encuentren. De forma adicional, se propone un modelo basado en microservicios en el entorno limitado de la Red de Mando y Control de la Defensa (SC2N) para una explotación más eficiente de la información táctica allí producida.

Palabras clave: Táctica, Link16, JRE, operaciones, satélite, web-services, microservicios

1. Introducción y estado del arte

1.1. Antecedentes históricos

Desde la antigüedad, el comandante de una fuerza ha tenido la necesidad de emplear los recursos de los que disponía con inteligencia y determinación para lograr la derrota del enemigo. Mucho antes de las comunicaciones por radio actuales, existieron otras muy distintas, basadas en mensajeros y algún tipo de señal simple. Tras la Segunda Guerra Mundial, y sobre todo la Guerra de Vietnam, las lecciones aprendidas sobre dichos conflictos, por parte de las fuerzas de los Estados Unidos y sus aliados, hacen pensar en la necesidad de impulsar el desarrollo de nuevas herramientas para el intercambio y difusión veloz de información táctica. Surge en ese momento la necesidad de desarrollar un sistema que permitiese por un lado conocer con exactitud y en todo momento la posición de las fuerzas propias, y por otro que permitiese el intercambio ultrarrápido y seguro de la información táctica disponible entre las diferentes unidades y centros de mando.

1.2. Contexto y motivación

La Directiva 19/19 del JEMAD (Jefe del Estado Mayor de la Defensa) [1], que marca las líneas generales para el desarrollo, evolución e interoperabilidad de la capacidad TDL en las Fuerzas Armadas, describe una variedad de tecnologías de enlace de datos tácticos, que los mandos militares puede utilizar para llevar a cabo y/o supervisar las operaciones. En este sentido, Link16, descrito en el STANAG 5516, es el sistema/protocolo más importante y de mayor capacidad utilizado hoy en día por las naciones OTAN y aliadas. Se basa en la utilización de equipos radio especiales, sea el *Joint Tactical Information Distribution System* (JTIDS) o sea el *Multifunctional information Distribution System* (MIDS), integrados en las diferentes unidades.

Conviene precisar que en el contexto de este trabajo los datos o información táctica se refiere a la que procede de los sistemas de las plataformas de combate y, en particular, aquella información táctica proveniente de diferentes sensores, y que las tecnologías TDL que “*engloba a aquellos procedentes de las plataformas de combate aéreas y de superficie (navales y terrestres), radar, sónar, sistemas de identificación amigo-enemigo, de guerra electrónica, de observación, y en general, de aquella información táctica procedente de diferentes sensores*” [1, p. 2] y que los TDL son el subconjunto de los datos o información proveniente de las determinadas “*comunicaciones radio estándar que se rigen por una estructura de mensajes formateados y un uso compartido del ancho de banda respecto al tiempo*” [1, p. 2] La capacidad TDL se materializa mediante el uso de equipos radio especiales y una serie de protocolos estandarizados internacionalmente que realizan el intercambio de la información táctica obtenida de diferentes sensores. Dicho intercambio incluye texto plano y voz digitalizada, no así video. Cabe resaltar que la mayor parte de los sistemas/protocolos TDL pueden ser traducidos para ser interoperables entre sí, mediante la formalización del denominado *data forwarding*, sustentado en el sustentado en el STANAG 5616.

En virtud de la citada directiva, los TDL, formando parte de los Sistemas de Mando, Control y Comunicaciones (C3), tienen como objetivo fundamental la difusión e intercambio de información táctica (datos tácticos) entre las unidades desplegadas para permitir optimizar las capacidades militares conjuntas. Para lograr tal fin, el Concepto de empleo conjunto de las TDL en la OTAN [2] establece que las TDL son la fuente de información en tiempo real principal que alimenta la *Common Operational Picture* (COP), producto que permite la visualización de la situación operativa común dentro de una operación militar), herramienta que da la agilidad necesaria al planeamiento y a la conducción de las operaciones.

En este sentido, en 2013, el Comandante del Mando de Operaciones (CMOPS) aprueba el concepto de empleo operativo de las TDL, estableciendo que “*constituyen una herramienta esencial en las operaciones conjuntas pues permiten acceder a la información táctica en tiempo real y evaluar la situación actualizada*” [3, p. 5].

Por otra parte, el concepto *Federated Mission Network* (FMN) establece también en [4, pp. 8, 9] que “*Estas Instrucciones para enlaces de datos brindan orientación sobre la implementación de la federación de servicios para respaldar el uso de mensajes TDL dentro de una Red de misión federada, utilizando específicamente JREAP-C*”, lo cual nos indica el camino a seguir para formalizar un arquitectura de la naturaleza que se propone en este trabajo en el marco de la SC2N que. En este sentido conviene recalcar lo que supone SC2N como red integral y vertebradora “*que permite al JEMAD y a los jefes de Estado Mayor de los Ejércitos y la Armada, dentro sus competencias, definir, dirigir, organizar, planear, preparar, sostener, emplear y efectuar el seguimiento del empleo de la Fuerza Conjunta de manera eficaz y de forma precisa, segura y rápida*” según cita la Directiva 02/2019 de JEMAD [5] que desarrolla e impulsa la SC2N.

Toda esta visión es fundamento de lo establecido en el documento de Requisitos de Estado Mayor (REM) “Migración de los Sistemas TDL de las FAS” aprobado por JEMAD en 2020, apartado “3.1.1 Misión y Amenaza”, [6, p. 8] donde sienta la configuración en dos capas diferenciadas:

“**Capa inferior:** formada por TDLs que recogen la información de sensores de los sistemas de armas/combate en tiempo real.

“**Capa superior:** formada por los sistemas de mando y control de nivel operacional y estratégico militar que reciben la información de los TDLs y la presentan adecuadamente en tiempo útil”.

1.3. Objetivos y alcance

El objeto del presente trabajo, teniendo en cuenta lo visto anteriormente, es concretar una propuesta arquitectura de red/sistema distribuido de alto nivel basada en el protocolo JRE, descrito en el STANAG 5518, que sea multidominio y tenga carácter permanente a nivel nacional. De forma adicional, se presenta un enfoque desde la perspectiva de servicios que pueden proporcionarse en el entorno concreto de la SC2N. Dicha red/sistema tendrá la denominación genérica de red JRE nacional.

Es obvio, por otra parte, que la misión fundamental sea la de dar respuesta en el ámbito estratégico-operacional a la necesidad que tienen las FAS, tanto desde la perspectiva de los ejércitos por separado como de forma conjunta, a la eficaz explotación de la información táctica procedente de la ingente cantidad de datos que proporcionan los sensores de las unidades militares desplegadas tanto en territorio nacional como en el extranjero.

El alcance del presente trabajo se muestra en la Tabla 1 siguiente:

Área	Autoridad
Conceptual	DLMC
Operativa	CMOPS / MACON-JFAC-AOC / DLMC
Técnica	CESTIC
Funcional	MACOM-JSVICA-CRC/ARS / MACOM-JFAC-AOC / DLMC / CESTIC
Seguridad	EMAD-CRIPTO/CCN

Tabla 1. Alcance por área/responsabilidad.

Por ello, el GT JRE nacional liderado por el DLMC, creado al efecto, debe tomar la iniciativa y proponer primero una arquitectura que cubra los requisitos de los ejércitos, e impulsar después su desarrollo mediante un Proyecto que cubra todas las necesidades, incluidas las instrucciones que regulen y de coordinen su explotación, gestión y administración. Este trabajo podría constituir la base de alto nivel para dichos trabajos.

1.4. Estado del arte

Actualmente las FAS españolas explotan una diversidad de sistemas de intercambio y diseminación de información táctica, ya sea específicamente TDL o no, que de forma heterogénea han venido resolviendo tales necesidades. Al respecto, hay que mencionar el Sistema de Gestión de “Batalla” BMS-LINCE, integrado en el Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra (SIMACET), que contribuyen a la conformación de la *Recognized Ground Picture* (RGP) y Sistema de Información y de Vigilancia Integrado para el Conocimiento del Entorno Marítimo (SIVICEMAR) de la Armada, que hace lo propio en la conformación de la *Recognized Maritime Picture* (RMP). Sin embargo, ambos sistemas no implementan ningún protocolo TDL. El Ejército del Aire y del Espacio, por otro lado, cuenta con Sistema Integrado de Vigilancia Aeroespacial (SVICA), basado en el despliegue de varias estaciones radar en el territorio español, implementando diferentes TDL, como Link16, Link11 y Link11B, exclusivamente para la imagen de situación táctica aérea o *Recognized Air Picture* (RAP).

Teóricamente dichas *pictures* deberían contribuir en su conjunto a la conformación de una COP conjunta, fuertemente enlazada con la denominada *Situational Awareness* (S-AWAR), o conciencia de la situación común, que integra múltiples fuentes de información, aparte de las TDL. Sin embargo, esto no ocurre así en la actualidad de una manera consistente, fiable y completa.

El esfuerzo común más importante llevado a cabo al efecto, son los Proyectos JRE y LINPRO (Procesador TDL desarrollado por la empresa española TECNOBIT). La infraestructura resultante se compuso de diverso equipamiento y una configuración de enlaces de comunicaciones sobre la infraestructura de telecomunicaciones de la defensa (I3D), para una red UDP multicast basada en JREAP. Buena solución de partida, pero rígida, semipermanente, “ad-hoc”, sin ninguna norma que la regule y donde no existen ni roles ni responsabilidades asignados.

La Figura 1 ilustra la situación de partida que contemplaron dichos proyectos, donde una operación multilink (a), que despliega unidades de muy diversa índole, aporta y disemina información táctica directamente desde el ámbito táctico para que sea mostrada en un mapa situacional (b) que otro mando o centro directivo, dentro del ámbito táctico, podrá visualizar y explotar.

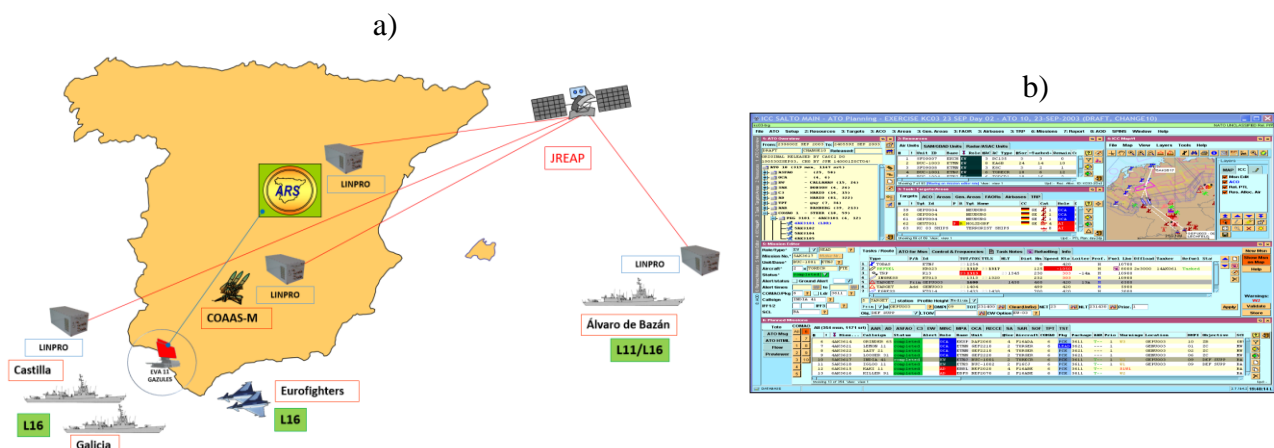


Figura 1. Operación multilink apoyada en JREAP/LINPRO (a) Imagen situacional mediante COP (b)

En lo que respecta al enfoque hacia los servicios que se pretende, destacar los trabajos realizados en el ámbito del Grupo de Trabajo TDL Cat XMLS (*XML Syndicate*) de la OTAN, donde se han desarrollado varias propuestas de descripción y modelado de datos en formato *Extensible Markup Language* (XML) de los elementos de configuración de los distintos TDL. Conviene destacar también, el uso actual que se realiza de herramientas específicas OTAN como el *Integrated Command and Control* (ICC), junto al *Networked Interoperable Real Time Information Services* (NIRIS), que dan cobertura parcial a las necesidades de intercambio flexible de información táctica, empleando el paradigma cliente-servidor, aunque exclusivamente en el entorno táctico hasta tanto no se desarrollen por completo los conceptos FMN en el ámbito de la SC2N.

2. Desarrollo

El paso lo marca la Directiva de JEMAD [1, p. 12], donde cita “*Por otra parte, la flexibilidad y distintas arquitecturas que ofrece el protocolo JREAP C requieren la determinación de una arquitectura única a implantar a nivel conjunto. Esta arquitectura al mismo tiempo deberá permitir la interoperabilidad con las distintas agencias y organismos de la OTAN involucrados en la defensa aérea, y en términos conceptuales viene representada según el siguiente gráfico*”.

Para tal labor, partiendo de una visión y una misión de la red JRE nacional, este trabajo propone un desarrollo iterativo enmarcado en una serie de etapas que resuelvan lo siguiente:

1. Determinación de los elementos, actores de la organización y entidades físicas que conformarán la red JRE nacional, con sus roles y responsabilidades.
2. Determinación de requisitos funcionales, operativos y técnicos.
3. Sopesar alternativas.
4. Visión general de la red JRE nacional, primero desde una perspectiva exclusiva de despliegue de los JRE *processors*, y segundo, desde una perspectiva integral que incluya el enfoque de servicios.

2.1. Visión y misión

Partiendo del liderazgo JEMAD, el sistema se propone como referente que permita a los mandos militares, tanto del entorno táctico como del estratégico-operacional, explotar una imagen (*picture*) de varios niveles, enriquecida con la aportación de la información táctica que proviene de los TDL.

La misión de la Red JRE nacional sería la de incrementar la capacidad de los TDL actuales (como Link16, Link22 y/o Link11), extendiendo su alcance a BLOS, por un lado, mediante el despliegue de los JRE *Processors*, y ofreciendo con un alto grado de calidad, disponibilidad, flexibilidad y detalle la información táctica disponible, por otro lado, mediante el enfoque de servicios en el entorno concreto de la SC2N. Para conseguirlo, la mayor autoridad estratégico-operacional de las FAS que es JEMAD, promulgando una norma al respecto, ha de lograr la implicación de todos los actores interesados en la consecución de las metas que plantea la red JRE nacional, incluso planteando colaboraciones estrechas, relaciones directas e integración de estructuras de forma temporal.

2.1. Elementos de la red JRE nacional

En la Tabla 2 siguiente, se muestran los roles y responsabilidades correspondientes a los diferentes elementos, ya sean actores de la estructura orgánica de las FAS, ya sean entidades físicas, que conforman la red JRE nacional:

Área	Autoridad	Responsabilidad	Rol JRE	Rol FMN
Conceptual	DLMC	Desarrolla	-	-
Operativa	CMOPS	Conducción/Dirección	JRE-NP	<i>Node</i>
Operativa	MACOM-JFAC-AOC	Coordina/Planea	JRE-NP	<i>Node</i>
Operativa	DLMC	Diseña/Custodia	-	-
Técnica	CESTIC	Gestiona/Administra	-	-
Funcional	MACOM-JSVICA-CRC/ARS	Ejecuta tareas ordinarias	JRE-NP	HUB
Funcional	MACOM-JFAC-AOC	Ejecuta tareas ordinarias	JRE-NP	<i>Node</i>
Funcional	DLMC	Ejecuta tareas ordinarias	JRE-NP	<i>Node</i>
Funcional	CESTIC	Apoyo ejecución tareas ordinarias	-	-
Seguridad	EMAD-CRIPTO/CCN	Monitorización	-	-
Usuario Táctico	Unidades y plataformas EA, ET y AR	Explotación	FJUG	
Usuario SC2N	Cuartes, Centros y Unidades	Explotación	JRE-NP	<i>Node</i>
Usuario HUB	Centros TDL	Gestión y explotación	JRE-NP	HUB

Tabla 2. Roles y responsabilidades de los elementos de la red JRE nacional.

JRE-NP: JRE *network participant* (NP).

FJUG: *Dataforwarding Unit* (en este contexto entre Link16 y JREAP).

HUB: nodo central para la distribución y diseminación de información táctica.

Node: nodo integrado de la red JRE nacional integrado en la SC2N.

En la Tabla 3 siguiente, se muestran los requisitos funcionales, operativos y técnicos que hay que tener en cuenta a la hora de desplegar la red JRE nacional propuesta:

	Funcionales	Operativos	Técnicos
<u>Tipo de flujo:</u>	Multicast o unicast	OTL segmento JRE	Comunicaciones E y P CESTIC
<u>Protocolo:</u>	TCP o UDP	OTL segmento JRE	Administración R y N CESTIC
	Número de trazas		Comunicaciones D Usuario
<u>Filtro:</u>	Local o remoto (estático o en tiempo de ejecución)	OTL segmento JRE	Config JRE <i>Processors</i> Usuario
			Sistemas TDL Usuario
			Redes TDL Usuario
			Sistemas C2 Usuario

E estática; P permanente; R roja; N negra; D desplegable.

Tabla 3. Requisitos funcionales, operativos y técnicos red JRE nacional.

Respecto a la tabla anterior, hay que recalcar que una traza es la expresión genérica utilizada para la indicación unidades que han sido captadas mediante algún tipo de sensor, ya sean propias, remotas o mutuas, dependiendo de quién es el responsable de esta. En este sentido, una traza se referencia (datos de traza) mediante un código único *Track Number* (TN) o *Source Track Number* (STN), y tiene dos características fundamentales que son la identidad y la categoría (ver Figura 2).

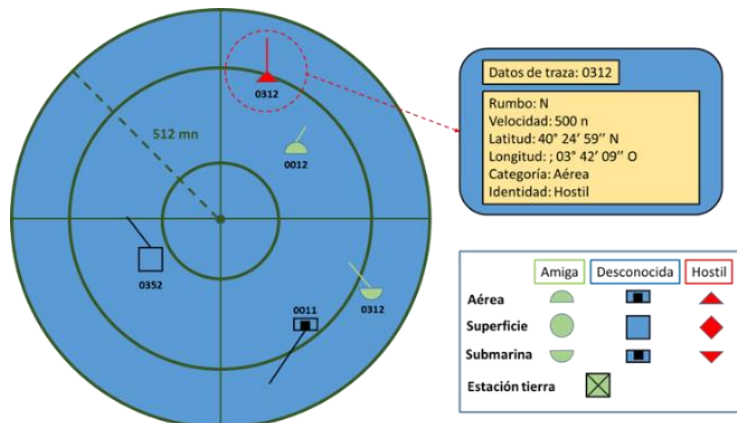


Figura 2. Imagen consola radar

Respecto a los filtros, que pueden ser definidos de forma local o remota, aplicables a las trazas mediante una acción del operador del JRE *processor*, tendríamos por categoría, identidad, geográficos, distancia (máxima y mínima), sectores (demoras y distancia), etcétera.

En la Figura 3 siguiente, se presenta la arquitectura final objeto de este trabajo para la red JRE nacional, teniendo en cuenta el despliegue, exclusivamente nacional, de los JRE *Processors* necesarios y el despliegue de los elementos básicos del modelo de microservicios propuesto.

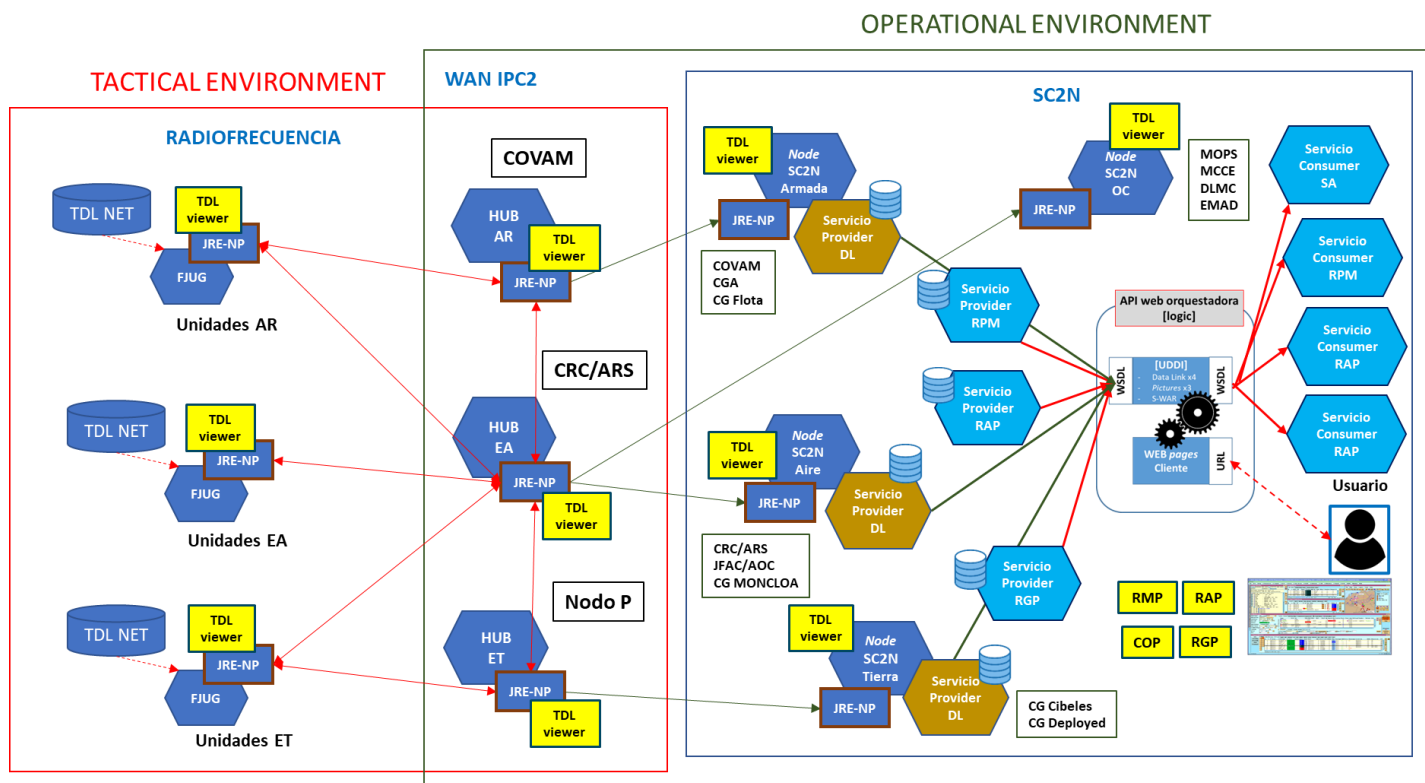


Figura 3. Arquitectura final propuesta para la red JRE nacional.

El despliegue que se propone se circunscribe a los elementos señalados en el Caso de Uso 1 analizado en el cuerpo de la memoria del trabajo. Conviene señalar al respecto que el entorno específico estratégico-operacional se configura sobre la red IP subyacente de Mando y Control (WAN-IPC2), que a su vez se divide en múltiples dominios de seguridad, uno de los cuales es la SC2N, precisamente el lugar donde se despliega la parte correspondiente a la red JRE nacional, y servicios asociados, en el entorno estratégico-operacional.

De acuerdo con las necesidades funcionales, se deben desarrollar las matrices de enlaces que determinen los flujos válidos, todos ellos caracterizados por un *link designator* único, así como con sus características (TCP, UDP multicast y UDP unicast), entre los diferentes JRE *processors*, con su correspondiente dirección IP fija, así como con la configuración de las matrices de conexión (o CONMATRIX) específicas de cada uno de ellos. La materialización operativa de dichas necesidades funcionales, se concretan en el documento OPTASKLINK, de acuerdo con la publicación APP-11, que regula el catálogo de mensajes OTAN [7], y se despliegan sobre la infraestructura de telecomunicaciones comunicaciones de la I3D, en múltiples dominios, de acuerdo con los requisitos técnicos correspondientes.

3. Resultados y discusión

Tras la validación y prueba efectuada mediante la herramienta EVALINKL16 de un escenario concreto ilustrativo, la conclusión principal es que se deben poner a prueba escenarios y casos de uso diversos, de menor a mayor complejidad, para comprobar que la transmisión y recepción de mensajería Link16 y paquetes JRE se produce tal y como se espera.

4. Conclusiones

Al término de este trabajo los objetivos principales que se han cumplido son los siguientes:

1. Se ha presentado una propuesta concreta de arquitectura distribuida de red/sistema de alto nivel basada en el protocolo JRE, multidominio y de naturaleza permanente.
2. Se le ha dado a la propuesta un enfoque adicional hacia un el modelo basado en web-services o microservicios, a implementar en el entorno de la SC2N, conforme al concepto FMN.
3. La red/sistema propuesto permite dar respuesta a las necesidades que tienen las FAS, mandos y centros directivos del entrono estratégico-operacional, en relación con la explotación eficaz de la información táctica producida en el entorno táctico, propio de las operaciones militares.

5. Líneas futuras

En cuanto a las líneas principales a destacar:

1. Desarrollo de un proyecto software completo que comprenda todas las tareas de análisis, diseño y codificación y pruebas de los *web-services* o microservicios asociados a la red JRE nacional.
2. Despliegue completo de un laboratorio de pruebas de la infraestructura de red de JRE *Processors*, que incluya herramientas avanzadas como CSI, NIRIS y LINPRO.

Referencias

- [1] Estado Mayor de la Defensa, *Directiva 19/19 del JEMAD de líneas generales para el desarrollo, evolución e interoperabilidad de la capacidad de enlace de datos tácticos (TDL) en las FAS*, EMAD, 2019.
- [2] Allied Commander Operations, *OTAN [30/05/2016] ACO Joint Concept of Employment for Tactical Data Links in NATO*, ACO, 2016.
- [3] Estado Mayor de la Defensa, *Concepto de empleo de TDL en operaciones conuntas lideradas por el CMOPS*, EMAD, 2013.
- [4] Capability Planning Working Group (CPWG), *FMN Spiral 4 Instructions and Service Instructions for Data Links*, NATO - Military Committee, 2019.
- [5] Directiva 02/2019 del JEMAD, *Despliegue del Sistema de Mando y Control Nacional (SC2N)*, MINISDEF, 2019.
- [6] Ministerio de Defensa - GRUPLAN - JEMAD, *Migración de los Sistemas TDL en las FAS*, MINISDEF, 2020.
- [7] NATO Standarization Agency, *APP-11 - NATO message catalogue (OPTASKLINK)*, NSA, 2001.