

# Comunicaciones tierra/tierra para ACCS

CARLOS GÓMEZ LÓPEZ de MEDINA,  
Capitán de Aviación

*"El Presidente puede hacerle general... pero sólo las comunicaciones pueden hacerle comandante".*

Comandante en Jefe del  
"Strategic Air Command" (USAF)

**L**A red de comunicaciones T/T tiene por objeto permitir el intercambio de información entre todos los centros/instalaciones ACCS, haciendo posible el flujo ascendente de información desde los sensores a los centros de mando y descendente (órdenes) desde los centros de mando hasta llegar en última instancia a las armas ya sean aeronaves o misiles. La red T/T constituye el "sistema nervioso" de cualquier Sistema de Mando y Control.

## DESCRIPCION

Aunque este artículo pretende centrarse en las características de la red T/T para un Sistema de Mando y Control, parece conveniente citar los elementos que la integran.

### A. Medios de Transmisión.

Proporcionan el soporte (de cualquier naturaleza: cable, radio, fibra óptica) o camino necesario para poder transportar la información entre dos terminales de comunicaciones (teléfono, teletipo, ordenador, etc.).

### B. Medios de Conmutación.

Permiten la comunicación entre cualquiera de los usuarios de la red, obteniendo la máxima

eficacia de la misma y el mayor rendimiento de los medios de transmisión.

### C. Subsistema de Seguridad.

Proporciona la protección del contenido de la información, del flujo de la información, contra la intrusión en las instalaciones de la red y la gestión de las claves utilizadas.

### D. Subsistema de Gestión y Supervisión.

Permite obtener información sobre el estado de los medios y sub-sistemas de la red así como posibilidad de tomar acciones remotas sobre los mismos.

## CARACTERISTICAS

La red T/T idónea para cubrir las necesidades de un sistema de mando y control (ACCS), debe tener al menos las siguientes características:

— Permitir que la información llegue a su destino evitando retrasos que la hagan inservible.

— Disponer de la capacidad necesaria para soportar la información (en sus distintas formas), generada por el Sistema de Mando y Control.

— Conseguir la mayor super-

vivencia para seguir operando aún a pesar de sufrir daños.

— Impedir la interceptación y explotación no deseada de la información.

— Debe utilizar, siempre que sea posible, la misma tecnología y protocolos de las redes civiles.

## Información sin retraso

Un Sistema de Mando y Control, con el concepto actual de funcionamiento como pretende ser el ACCS, puede implantarse solamente si se dispone de un sub-sistema de comunicaciones capaz de permitir la transferencia de información en el tiempo requerido. Un sistema de mando perfectamente diseñado que proporcione todas las posibles ayudas a la decisión y con un magnífico despliegue de sensores, no sería efectivo si la red de comunicaciones no es capaz de transferir la información a tiempo de ser utilizada. El hecho de que la información de que dispone el centro de mando no refleje la realidad actual puede tener efectos catastróficos y el sistema de mando y control distará mucho de alcanzar el efecto multiplicador de fuerzas que se pretendía cuando fue diseñado. En cambio, un simple sistema de mando y control

será muy eficaz si la completa operación del sistema se realiza en "tiempo real".

El tipo de información a intercambiar, también tiene un valor esencial en la eficacia del sistema C2, por lo que es imprescindible optimizar el formato de esa información para:

- Transferir el máximo de información en el mínimo tiempo posible.

- Tratar de reducir al mínimo los tiempos muertos desde que la información es producida

en no retrasar ese mensaje en su traslado entre dos ordenadores correspondientes a dos centros de mando distintos.

El empleo de la voz es realmente poco eficaz ya que es necesario emplear muchas palabras para expresar una situación, la velocidad a la que se habla no puede ser muy elevada, se necesitan mayores recursos de transmisión para transferir información mediante voz y finalmente, es necesario introducir la información en el sistema

el acceso de todos los centros e instalaciones del sistema C2 y para soportar el tráfico de la información, en sus distintas formas (voz, telegrafía y datos), generada o destinada a ellos.

La gran dispersión de instalaciones (fundamentalmente sensores), condiciona el tamaño de la red T/T.

El hecho de que el modo fundamental de intercambio de información se realice en forma de datos y que se utilice tecnología digital, reduce las necesi-



Los radioenlaces troposféricos de tecnología digital proporcionan grandes posibilidades de acceso. El AN/TRC-170 (en la foto) permite establecer vanos de 225 km.

hasta que es utilizada eficazmente.

Por los motivos citados, es necesario que la información se recoja en mensajes normalizados de forma que permita el intercambio de información entre ordenadores en tiempo muy reducido.

Aunque el diseño de mensajes optimizados es responsabilidad del área de proceso de datos (ADP), la responsabilidad de la red de comunicaciones T/T ra-

de proceso (ordenador) correspondiente. Por todo ello, la transferencia de información vía voz se irá reduciendo progresivamente entre centros del sistema C2, utilizándose exclusivamente para ampliar la información recibida o como método de reserva si falla el intercambio mediante datos.

#### **Capacidad**

La red T/T debe tener la capacidad suficiente para permitir

dades de medios de transmisión.

#### **Supervivencia**

Hasta ahora hemos tratado de puntualizar que la misión principal de la red de comunicaciones es lograr que la información llegue a su destino sin retraso y sin errores, pero este objetivo (salvo el requisito de tiempo-real), es aparentemente similar al de las redes de comunicaciones civiles. No obstante,

hay otra característica que diferencia a la red militar que tiene que satisfacer las necesidades de un Sistema de Mando y Control.

La red militar debe ser superviviente y para ello diseñada en función de la amenaza prevista. En el diseño de redes civiles no se tiene en cuenta la posibilidad de que sean atacadas.

La característica de supervivencia pretende evitar a toda costa la paralización del "sistema nervioso" y por lo tanto del sistema C2, ya que los centros de mando, aún siendo capaces de "pensar", no podrían recibir información ni dar órdenes. El sistema C2 será tan superviviente como el más débil de los eslabones que lo integran. La red T/T si no se diseña siguiendo el criterio adecuado, y debido a su extensión, es probable que constituya el eslabón más débil.

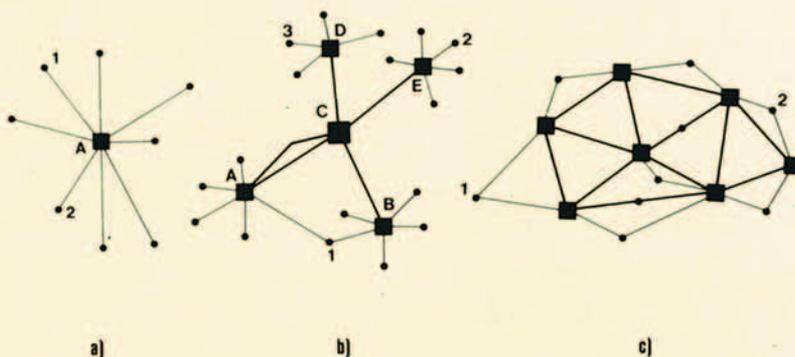
Aún en el caso de que la red T/T sufra daños importantes en una zona geográfica determinada, ningún centro de mando, arma (SQC, SAM), o sensor (radar, sensor pasivo) debe quedar incomunicado. El daño debería de afectar solamente, a la cantidad de información que se pueda intercambiar que se irá reduciendo en orden inverso a su prioridad. En caso de reducción de la capacidad de la red, sólo se permitirían las comunicaciones prioritarias.

El método más apropiado para aumentar la supervivencia es el *mallado* (Figura 1).

Un paso más para mejorar la supervivencia pasa por emplear **medios de transmisión de distintas características** para hacer frente a distintas amenazas (radioenlaces terrestres de visual directa, fibra óptica, satélite, etc.). Una solución muy ventajosa es la de combinar el empleo de radioenlace y fibra óptica. Cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes (Cuadro 1), pero la combinación de ambas, aumenta extraordinariamente la supervivencia de la red T/T.

FIGURA 1. TIPOS DE MALLADO

La figura muestra tres tipos de redes de comunicaciones en función de su grado de mallado.



- a. La red permite la comunicación entre todos sus usuarios con un gran ahorro de medios de transmisión y de conmutación (sólo se emplea el nodo de conmutación A). Su estructura (topología) es válida para una red civil pero el fallo (accidental o provocado), del enlace entre el usuario 1 y A dejaría a 1 incomunicado. En caso de fallo del nodo A, el efecto sería mucho mayor, ya que *todos los usuarios* quedarían incomunicados.
- b. La red representa una mejora sobre el caso anterior ya que el usuario 1 dispone de dos accesos distintos a los nodos A y B, pero el empleo de una red jerarquizada obliga a que tanto el usuario 1 como el 3 tengan que establecer la comunicación con 2 a través de C convirtiendo a este nodo (de jerarquía superior) en un elemento crítico cuya pérdida tendría un efecto muy importante sobre la red T/T y que hace que este diseño sea poco superviviente aunque muy válido, y de hecho muy utilizado, para redes civiles.
- c. La red tiene el grado de mallado adecuado y ningún elemento es crítico. Puede observarse que el usuario 1 se comunica con 2 a través de múltiples caminos, lo que obliga a realizar muchos ataques para evitarlo y a destruir todos los nodos para anular el "sistema nervioso". ●

CUADRO 1. VENTAJAS/INCONVENIENTES DE FIBRA OPTICA FRENTE A LA UTILIZACION DE RADIOENLACES O CABLE COAXIAL EN REDES MILITARES

CARACTERISTICAS	RADIOENLACE MICROONDAS	CABLE COAXIAL	FIBRA OPTICA	
			MULTIMODO	MONOMODO
Distancia entre repetidores	****	.	****	****
Capacidad de transporte	***	***	***	****
Resistencia perturbación	**	.	****	****
Seguridad (1)	.	**	***	***
Operación y mantenimiento	**	.	***	***
Coste (2)	***	.	***	**
Supervivencia (3) *	.	**	***	***
Resistencia al medio ambiente	.	.	***	***

(1) Protección de la información.

(2) Suponiendo un tráfico bajo.

(3) Frente a ataques externos no terroristas (Aéreos y/o sabotaje).

Dada la importancia de la red T/T, y con la idea de mejorar su supervivencia, los distintos elementos que la constituyen (repetidores, nodos de conmutación, centros de control), deben disponer de una **protección física** (bunquerización), adecuada a su importancia, teniendo en cuenta que la primera acción para proteger una instalación es que pase inadvertida.

Otro punto a tener en cuenta es la **protección contra el pulso electromagnético** (EMP, Cuadro 2), originado por una explosión nuclear fuera de la atmósfera y que deja inservibles la mayoría de los equipos electrónicos. Si bien es cierto que los centros de mando y sensores deben estar protegidos frente a esta amenaza, la falta de protección en la red T/T nos dejaría nuevamente sin "sistema nervioso", por lo que sería completamente absurdo, en ese caso, proteger los centros de mando.

Está generalmente aceptado que es más fácil y económico tratar de lograr la máxima supervivencia mediante la interconexión de sistemas imperfectos y redundantes que alcanzarla mediante un único sistema absolutamente superviviente. Por este motivo además de diversificar los medios de transmisión, es aconsejable disponer de una red de últimos recursos que mediante satélite o equipos radio en la banda de HF permita unir directamente los elementos más importantes del sistema C2 y haciendo posible, aunque con limitaciones debido a la reducción de la cantidad de información a intercambiar, que ningún centro quede incomunicado.

Es necesario recordar que sería absurdo no tener presente y planeada la utilización en caso necesario, de la enorme infraestructura de comunicaciones que puede proporcionar la **compañía pública** correspondiente, en nuestro caso la Compañía Telefónica.



La utilización de medios de restauración de red es esencial para mantener la supervivencia de la misma. En la foto, estación móvil para sustituir una estación fija de la RMWEA.

## Seguridad

La red T/T debe proporcionar **resistencia a la intrusión** impidiendo la "escucha" de las comunicaciones o el análisis del tráfico existente. Para ello, debe utilizarse un cifrado en bloque de los radioenlaces. Adicionalmente, deben utilizarse métodos de cifrado extremo a extremo para proteger información clasificada.

## Compatibilidad con redes civiles

Al diseñar la red T/T deberá tenerse en cuenta la tecnología, normas y protocolos utilizados. Al igual que el "hardware" del sistema de proceso de datos (ADP) debe ser de propósito general, la **tecnología** (digital) y los **protocolos** (CCITT) utilizados en la red T/T deben ser, (y no tienen porqué ser distintos), similares a los civiles, consiguiéndose de esta forma reducir el coste de los equipos y lograr la interoperabilidad con redes

### CUADRO 2. PULSO ELECTROMAGNETICO

**E**L Pulso Electromagnético ("Electromagnetic Pulse" EMP), es una onda electromagnética de gran amplitud y corta duración generada por una explosión nuclear realizada fuera de la atmósfera. El área afectada es función, fundamentalmente, de la potencia de la explosión y de la altitud a la que se produce. La explosión de una bomba de tamaño moderado (10 megatones) a una altitud de entre 375 y 450 Kms., debería, teóricamente, producir un pulso con la suficiente energía para destruir todos los equipos electrónicos desprotegidos en un área del tamaño de los Estados Unidos.

Los cables metálicos existentes en el área afectada por el EMP, actúan como antenas receptoras de la energía producida en las que se inducirán corrientes eléctricas de valor elevado. Los cables de gran longitud, como líneas de transporte de energía eléctrica o líneas telefónicas, recogerán la energía generada en forma de ondas de baja frecuencia. Los conductores de pequeña longitud como antenas o cables de alimentación recogerán la energía generada en forma de ondas de alta frecuencia, sometiendo al equipo electrónico correspondiente una corriente y una diferencia de potencial de valor suficiente para destruir circuitos integrados, cambiar las propiedades eléctricas de algunos componentes y dañar o "borrar" el "software".

En términos muy generales y simplistas, los métodos de protección contra el EMP, consisten, siempre que es posible, en proteger el **recinto** más que en proteger los equipos individualmente. Para ello la instalación debe de estar rodeada por un entramado metálico ("jaula de Faraday"), que se conecta a tierra. Todas las líneas metálicas existentes en el exterior (líneas de transmisión, energía, etc.) deben ser "filtradas" en su paso al interior del recinto mediante dispositivos que derivan a tierra la energía inducida protegiendo de esta forma los equipos existentes en el interior.

Además del daño permanente en los equipos, el EMP también produce interferencia en las comunicaciones soportadas por radio o cables telefónicos llegando a impedir su utilización durante períodos de horas (dependiendo de proximidad y altitud de la explosión así como de la frecuencia en la que se establece la comunicación). Si los equipos están protegidos, el enlace se restablecerá en cuanto mejoren las condiciones de propagación. Si no lo están, el enlace no se volverá a restablecer hasta que los equipos afectados sean sustituidos.

La fibra óptica es especialmente útil contra el EMP, ya que éste no afecta a la propagación de la luz en el interior de la fibra. En términos generales, puede afirmarse que las comunicaciones soportadas por fibra óptica no serían interrumpidas. ●



*Evaluación de la capacidad de resistencia al pulso electromagnético (EMP) de una instalación transportable.*

civiles, lo que facilitará su uso ya sea de modo permanente (alquiler o compra de medios de transmisión), o en caso de emergencia.

### **RED CONJUNTA**

Indudablemente, una red de estas características tiene una gran desventaja, su **coste**. No obstante, hay una forma de reducir el precio consistente en aumentar el número de usuarios. Por este motivo, una red de comunicaciones T/T conjunta (Ejército de Tierra, Armada y Aire), si está bien gestionada, es

la solución ideal que permite disponer de una red adecuada para soportar las necesidades operativas (sistemas C2) y logísticas/administrativas de los tres ejércitos a un coste razonable.

### **LA RED T/T EN FUNCIONAMIENTO**

Podemos imaginar como podría comportarse la red de comunicaciones T/T suponiendo la operación del Sistema de Mando y Control Aéreo (ACCS) en un ambiente de guerra.

Desde un CAOC ("Combined Air Operation Center"), se asigna una misión ofensiva a uno de los SQOCs ("Squadron Operation Center"), la transferencia de información se realiza en forma de datos y no es necesario intercambiar ni una palabra entre ambas entidades, ya que toda la información se puede contener en mensajes previamente formateados y que están integrados en un "data-link". Una formación de dos aviones despegará para cumplir la misión asignada. Cuando establezcan contacto radio con el ACC ("Air Control Center") corres-

pondiente, la red T/T permitirá que la información (voz o datos) generada por el controlador llegue a la estación radio T/A/T.

Para ordenar un "scramble", tampoco es necesario que el CAOC establezca una conversación con el SQOC correspondiente. No obstante, al igual que en la asignación de una misión ofensiva, puede establecerse una conversación telefónica para ampliar la información recibida.

Desde cualquier centro ACCS es posible, a través de la red conjunta, mantener una conversación telefónica o enviar un mensaje telegráfico a cualquier usuario que tenga acceso a la red (de cualquier ejército). Si los dos usuarios pertenecen al ACCS, la conversación telefónica se establecerá con marcación reducida (por ejemplo 3 cifras en lugar de 7), estará cifrada (a elección se realizará un cifrado extremo a extremo independientemente del cifrado de red), y la comunicación gozará de las máximas prestaciones disponibles en la red. Por otra parte, si es necesario enviar un mensaje telegráfico a otra entidad ACCS, no será imprescindible recurrir al centro de comunicaciones existente en la entidad correspondiente (CAOC, WOC, etc.), se podrá utilizar el servicio de co-

re electrónico desde el mismo puesto de trabajo siendo recibido ese mensaje en el puesto de trabajo del destinatario.

En caso de degradación de la red T/T (pérdida de medios de transmisión o conmutación), la información será reconducida por donde exista "camino" disponible para llegar a su destino. En el caso de que la degradación aumente debido a sucesivas destrucciones, es posible que una determinada entidad quede con un solo acceso que no permita el flujo de información que se precisa, en este instante se recurrirá al grado de prioridad de la información. Finalmente, si la entidad queda aislada aún dispondrá de una pequeña capacidad de comunicación a través de la red de últimos recursos (mediante HF o satélite), consiguiendo que una determinada entidad sólo deje de comunicarse cuando ha sido destruida.

Cualquier degradación o novedad de la red T/T puede supervisarse desde el CAOC, de esta forma puede conocerse el nivel de degradación de la red en un determinado momento (medios de transmisión y/o conmutación fuera de servicio) permitiendo que se tenga presente este importante factor en el planeamiento y ejecución de operaciones aéreas y que se dis-

ponga de información sobre las acciones tomadas para restaurar la red.

## CONCLUSIONES

La red de comunicaciones T/T necesaria para un sistema C2, debe reunir varias características entre las que destacan: supervivencia, fiabilidad y tiempo de respuesta.

En términos generales, puede afirmarse que la mejor forma de alcanzar el grado de supervivencia es el empleo de medios o sistemas imperfectos y redundantes antes que conseguir un único sistema absolutamente perfecto. La diversificación de medios de transmisión, la utilización de la red pública civil (Compañía Telefónica) y el empleo de una red de últimos recursos junto con el mallado de la propia red T/T militar, puede proporcionar el grado de supervivencia requerido.

Una red T/T con las características necesarias para soportar un sistema C2 tiene un coste muy elevado. No es razonable utilizar dicha red exclusivamente para servir al sistema C2 de un ejército. Una red conjunta bien gestionada, puede cumplir los requisitos operativos, logísticos y administrativos de las Fuerzas Armadas minimizando el coste. ■

## T A P A S

### PARA ENCUADERNAR REVISTA DE AERONAUTICA Y ASTRONAUTICA

Tenemos a la disposición de nuestros suscriptores y lectores lujosas tapas para encuadernar los tomos correspondientes a todos los publicados desde enero de 1966, al precio de **800 ptas.**, en tela, con lomo de piel y estampación en oro.

PEDIDOS A LA ADMINISTRACION DE: **REVISTA DE AERONAUTICA Y ASTRONAUTICA**

PRINCESA. 88

acompañando el importe, más veinticinco pesetas para gastos de envío, por giro postal.