

## **Equipos o dispositivos de Visión Nocturna (EVN)**

***La tecnología de visión nocturna existe desde hace mucho tiempo. Sin embargo ésta, estaba reservada exclusivamente al uso militar.***

***Hoy en día, los diversos e innovadores modelos de estos equipos, están al alcance de los civiles.***

Existen diferentes tipos y modelos de EVN (Equipos de Visión Nocturna), los que se eligen de acuerdo a las aplicaciones y al presupuesto de cada uno. Los hay binoculares, monoculares, gafas, miras telescópicas, etc., estos abarcan un gran número de aplicaciones como ser caza, seguridad, supervivencia, observación. fotografía, náutica, etc.

Antes de adquirir cualquiera de estos productos, es indispensable conocer por lo menos lo básico sobre la tecnología de los EVN, solo disponemos en el mercado de intensificadores de imágenes, multiplicadores de luz ambiente, fotomultiplicadores de luz residual o también mal llamados infrarrojos, (aunque estos aparatos sí resuelven la longitud de onda infrarroja como veremos a lo largo del artículo). Digo mal llamados IR (infrarrojos) porque, estos equipos no resuelven la radiación IR que emite todo cuerpo.

### ***Dispositivos IR***

Los dispositivos infrarrojos que pueden percibir las radiaciones de calor, separarlas y desplegarlas sobre una pantalla de tubos de rayos catódicos, existen, pero, tienen una gran desventaja, este método requiere de un sistema de enfriamiento, normalmente bajo el aspecto de una botella de nitrógeno monstruosamente voluminoso.

Por esta razón este tipo de equipos están reservados para estaciones de vigilancia fijas o en sistemas de reconocimiento de uso militar. No obstante, se está trabajando en el desarrollo de una tecnología de estado sólido, para la creación de sensores no refrigerados, los cuales seguramente revolucionarán el mundo de los EVN. Al pertenecer a una tecnología de estado sólido, estos sensores serán más fáciles de fabricar, y además no serán tan frágiles como los fotomultiplicadores actuales.

Esto se combinará con otra ventaja de los sensores térmicos con respecto a la amplificación de luz, estos pueden operar en la oscuridad total, con humo, niebla e incluso pueden detectar fuentes de calor bajo las redes de camuflaje, sin la necesidad de ninguna fuente de luz adicional, (iluminadores).

### ***Amplificadores de luz residual***

La función de los equipos que podemos encontrar en el mercado, (fotomultiplicadores de luz ambiente) es recoger todo reflejo de luz que permanezca en el ambiente durante la noche, incluso el de las estrellas, y amplificarlo de modo que la señal sea lo suficientemente fuerte para activar una pantalla sensible.

Los buenos EVN con amplificación de luz residual o ambiente, siguen siendo muy costosos, y relativamente frágiles, ya que utilizan un tubo al vacío (como los de televisión). En los casos de uso militar se debe hacer un análisis de los requerimientos.

Por ejemplo en el caso de infantería se pueden utilizar equipos más baratos, como ser monoculares o bioculares (un solo tubo multiplicador alimenta dos oculares). El caso de los pilotos es más delicado, deben usar binoculares, dos piezas oculares cada una ali-

mentada por su propio tubo, esto no solo se requiere por un tema de seguridad, como en el caso de que uno de los tubos quede fuera de servicio, sino también para brindar la señal de profundidad de la visión estereoscópica, ya que uno de los principales peligros para los pilotos es la falta de referencias. Otro tema que se debe tener muy en cuenta es el adiestramiento en el uso de los EVN. El uso de este tipo de dispositivos hace la vida más sencilla por la noche, pero, manejarse con estos equipos tiene algunas limitaciones, por lo que el usuario tendrá que quitárselos en algún momento. Este constituye el momento crítico ya que, la persona no verá nada hasta que sus ojos vuelvan a acostumbrarse a la oscuridad.

Por lo tanto en ciertos casos, el uso de estos aparatos se debe limitar a casos de extrema necesidad.

### ***Características y funcionamiento de los sistemas***

Independientemente del modelo del aparato, la performance del equipo la da el tubo, y constituye el 90% del valor final.

Dicho tubo es el talón de Aquiles del sistema, y por lo tanto es el dispositivo que más se ha de reemplazar. Por tal motivo se debe tener en cuenta una serie de factores a la hora de elegir uno de los distintos tipos de EVN.

Todos los EVN poseen un tubo intensificador, éste es el corazón del equipo. Dichos tubos se clasifican en: generación 0, primera generación, segunda generación y tercera Generación, la cuarta generación o también llamada tercera gen. Alta definición o resolución, es la que tuvimos oportunidad de ver en algunos programas que difundieron imágenes tomadas con estos aparatos, en la última guerra de Irak, y sobre la cual no se tienen demasiados datos precisos.

El intensificador de luz o fotomultiplicador básicamente consiste en tres elementos principales colocados dentro del tubo al vacío: un fotocátodo, la lámina microcanal, y una pantalla de fósforo. El fotocátodo recibe los fotones de luz desde el lente ocular, y los transmite a la lámina microcanal, que es de hecho un racimo de unos 2.000.000 de varillas (canales) a través de los cuales viajan los fotones, estos rebotan varias veces contra las paredes de los canales liberando a su vez más electrones. Por esta razón por cada fotón que ingresa al sistema serán miles los que impacten sobre la pantalla de fósforo, de allí el término ganancia.

Esta descripción está bastante simplificada a los efectos de una mayor comprensión, no obstante, el mayor problema que deben enfrentar los fabricantes de tubos es la calidad de definición de imagen que estos tubos dan como respuesta. Esta definición depende en su mayor parte de la cantidad de canales que se pueden colocar en la lámina.

La mayor diferencia de un equipo de segunda con respecto a un equipo de tercera generación radica en el fotocátodo, ya que este determinará la cantidad de fotones útiles al sistema.

### ***Gen. 0, Gen. I, Gen. II, Gen. III.***

Un sistema de primera generación se caracteriza por una simple (Gen. 0) o una triple estación de información (primera generación), es decir se acoplan tres tubos multiplicadores conectados entre sí por fibra óptica, de manera que el primer tubo recibe y analiza la in-

formación óptica recibida, (etapa de recepción y exploración) envía a ésta al segundo tubo por medio del manajo de fibras ópticas, el segundo a su vez amplifica la información recibida, (etapa de amplificación) y la envía al tercero, el cual realiza la misma operación y la convierte en una imagen electrónica sobre la pantalla de fósforo, (etapa de resolución) ésta imagen final es la que toma el ocular y la aumenta, o sea es la imagen que nosotros vemos al mirar a través del aparato.

Esta serie de amplificaciones las realizan los tubos por medio de la aceleración de electrones.

Los equipos de segunda generación pueden lograr la amplificación por medio de una lámina micro canal (MCP). El MCP, es una pequeña oblea o rebanada de muchos tubos pequeñísimos de vidrio los cuales poseen características de emisión secundaria, éstos emiten varios electrones cuando son golpeados por un solo electrón, es decir algo parecido a una pequeña reacción en cadena.

De esta manera se logra una mayor definición y se elimina el efecto lluvia que causan los EVN de generación 0 y I en condiciones de luz ambiente pobre. Los EVN de tercera generación son básicamente iguales a los de segunda en diseño y construcción, con una única y mayor diferencia, reemplazan el MCP o fotocátodo multialcalino por uno de arseniuro de galio, logrando entre un 15% y un 20% más de performance en el equipo.

Esto se debe a que este tipo de material tiene mayor recepción de las radiaciones infrarrojas, (con longitudes de onda de hasta nueve micrones).

Así cada impacto de electrón dentro de los microcanales, genera iones de gas que regresan al fotocátodo que puede soportar la pérdida que resulta de una película de detención de iones, algo que un fotocátodo multialcalino no puede realizar. Por esta razón, este tipo de material, a la vez dobla la vida útil del tubo fotomultiplicador que precisamente por ser un tubo al vacío, es relativamente frágil y además se agota.

La tercera generación es la más avanzada para el mercado civil al momento de escribir este artículo, y a su vez la más costosa, ya que normalmente triplican el valor comercial de los equipos de primera generación. Cabe destacar que es muy difícil conseguir en el país alguno de estos equipos, no solo por el precio, sino que los mayores productores de estos equipos, (léase potencias), tienen restricciones para con ciertos países con respecto a la venta de estos equipos.

Casi todos los aparatos incluso muchos modelos de los más antiguos, poseen bloqueador automático, al exceder un determinado límite la cantidad de luz que ingresa al equipo éste se apaga para evitar el deslumbramiento, para proteger al equipo y sobre todo, para evitar daños irreparables al ojo del usuario.

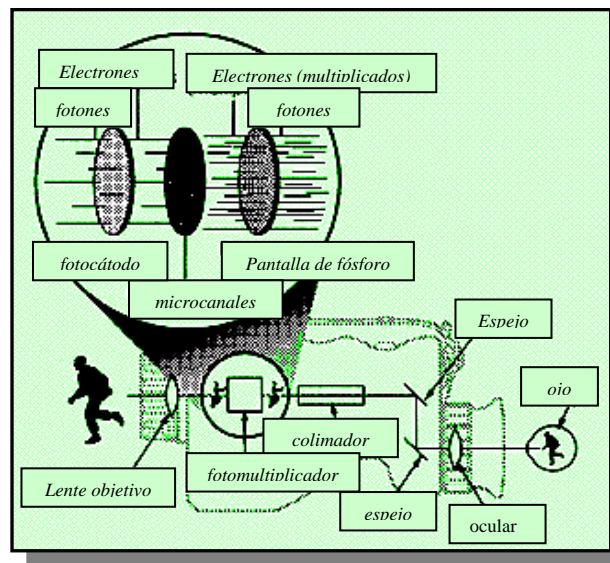
Los equipos por lo general no exceden los 4X, **ni deben** exceder los 6X. La resolución del sistema es crucial, para determinar la calidad del EVN.

Todos los sistemas de EVN se evalúan en base a un sistema universal de clasificación, y este sistema se refiere a tres puntos principales; ganancia de luz, resolución, y fotosensibilidad .

En los sistemas de generación II y III, la lente objetivo, recoge del medio ambiente la luz que el ojo humano no puede ver y enfoca a esta en el tubo intensificador de imágenes.

Dentro del amplificador, intensificador o también llamado fotomultiplicador, un fotocátodo transforma esta energía lumínica en electrones, estos son enviados a una pantalla de fósforo, pero primero estos pasan a través de un disco microcanal que los multiplica varias miles de veces. Cuando los electrones son altamente intensificados, la imagen electrónica es proyectada en la pantalla de fósforo, y esto provoca la imagen de luz que nosotros podemos ver a través del ocular.

Desde la pantalla de fósforo la luz es emitida exactamente en el mismo patrón y grado de intensidad en que la luz fue recolectada por la lente objetivo, el brillo de la imagen que podemos apreciar por el ocular, corresponde precisamente a la escena que pretendíamos ver a ojo desnudo.



## Terminología

### **Control automático de brillo (ABC)**

Un dispositivo electrónico reduce automáticamente el voltaje en el disco microcanal para mantener el brillo de la imagen intensificada para proteger el tubo y mantenerlo dentro de límites óptimos. Este efecto puede observarse cuando cambiamos rápidamente desde una escena de bajas condiciones lumínicas a una con condiciones de mucha luz, la imagen aumenta su brillo de forma abrupta e inmediatamente el aparato se apaga o reduce el brillo de la imagen manteniéndolo en un nivel lumínico constante

### **Puntos Negros**

Estas son manchas en el intensificador de imágenes o puede ser suciedad entre las lentes. Los spots negros en el intensificador no afectan la performance del equipo de visión nocturna, y el tamaño de estos puntos son inherentes al proceso de manufactura del equipo.

Los spots negros en los lentes o el polvo o pelusa, pueden ser removidos con cuidado si el sistema ha sido diseñado para ópticas intercambiables.

### ***Protección de fuente de brillo (BSP)***

Esta es una función electrónica que reduce el voltaje en el fotocátodo cuando el aparato es expuesto a una fuente de luz muy brillante, como puede ser la luz de una habitación o las luces de un auto. El BSP protege el tubo de los daños que así pueden producirse alargando a su vez la vida útil del mismo, sin embargo esto tiene un efecto contraproducente en la performance del equipo si es provocado con demasiada frecuencia.

### ***Ciclos por milirradián (cy/mr)***

Esta unidad es usada para medir la resolución del sistema. Es decir que un aparato que puede detectar dos objetos separados por  $\frac{1}{2}$  yarda a una distancia de 1000 yardas posee una resolución de 1.0 cy/mr. No debe confundirse cy/mr. Con líneas pares por milímetro, (1 yarda = 91 centímetros).

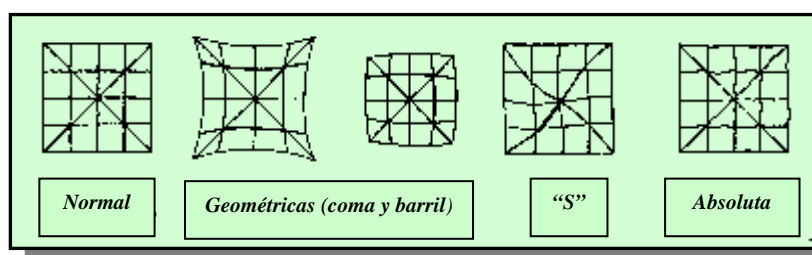
Por ejemplo, un sistema puede tener un aumento de 3X es decir incrementa la resolución del sistema en un factor de 3, esto no implica que la resolución del intensificador de imagen (medido en lp/mm.) fue incrementada.

### ***Dioptría***

Es la unidad usada para definir la corrección del ojo o el poder refractivo de una lente. Usualmente el ajuste en el ocular, se utiliza para acomodar los diferentes vicios de refracción de los ojos de los usuarios. Los sistemas militares, generalmente, proveen ajustes dióptricos en un rango de +2 a -6 dioptrías, los equipos comerciales tienen un rango de +5 a -5 dioptrías.

### ***Distorsión***

Tres tipos de distorsión son los más significativos en un aparato de visión nocturna: geométricos (coma y barril), "S" y absoluta (sheer).



La distorsión geométrica es inherente a todos los equipos con tubos fotomultiplicadores de generación 0, I y en algunos equipos de generación II que utilizan tubo electrostático para producir la inversión de imagen con fibra óptica. Este tipo de distorsión es eliminado en equipos que utilizan tubos de imagen con lámina microcanal y fibra óptica para la inversión de la imagen, sin embargo la distorsión en "S" puede ocurrir en estos últimos tubos.

La distorsión en "S" resulta por la operación de retorcimiento en la fabricación de los inversores de fibra óptica. Generalmente esta distorsión es muy pequeña y muy difícil de observar si no lo hace un ojo avezado por decirlo de alguna forma. Los tubos fabricados bajo los estándares militares de EEUU desde 1988 están muy cerca de la no-percepción de la distorsión "S"

La distorsión absoluta puede ocurrir en algún tubo de imagen que utiliza manojos de fibra óptica para la pantalla de fósforo (Gen. I). Esta aparece como una división o dislocación en una extraña línea de visión en el área de la imagen.

Los tubos que no utilizan inversores de imagen y que utilizan pantalla microcanal y cristal para las ópticas están libres de distorsión.

### ***Equivalente de iluminación de fondo. (Background) (EBI)***

Esta es la cantidad de luz que se puede observar en un tubo multiplicador que es encendido pero no tiene luz en toda la superficie del fotocátodo. Esto es afectado por la temperatura, cuando el equipo de visión nocturna es sobrecalentado o trabaja por encima de su límite de temperatura. El EBI se mide en lúmenes por centímetros cuadrados ( $\text{lm}/\text{cm}^2$ ), cuanto menor es el valor resultante mejor. El nivel de EBI determina el mínimo nivel de luz con el cual podemos observar algo a través del equipo y, debajo de este nivel de luz, los objetos pueden ser enmascarados por el EBI.

### ***Punto de emisión***

Es la fluctuación del brillo de la luz en el área de la imagen que no puede atravesar el sistema óptico cuando la luz es bloqueada desde la lente objetivo. La posición del punto de emisión dentro del campo de visión no debe moverse. Si un punto de emisión desaparece o solo es débilmente visible cuando las condiciones de luz son pobres o durante una observación nocturna, esto no es indicativo de un problema. Si el punto de emisión permanece brillante bajo todas las condiciones de luz, el equipo necesita ser reparado. No debe confundirse un punto de emisión con una fuente de luz puntual existente en la escena observada.

### ***Pupila de salida***

Es la distancia que el ojo debe tener desde el último elemento del ocular para lograr el área de imagen óptima.

### ***Patrón de ruido activo (FPN)***

Un suave patrón hexagonal (panal de abejas) suele verse en el área de la imagen bajo altas condiciones de luz, este patrón es inherente a la estructura de la pantalla microcanal y puede verse virtualmente en todos los sistemas de II y III generación si los niveles de luz son demasiado altos.

### ***Candela por pie (fc)***

Es la unidad de iluminación igual a un lumen por pie cuadrado.

### ***Ganancia***

*Ganancia de luz (factor de amplificación)*

*Se evalúa de acuerdo a cuantas veces la unidad de visión nocturna amplifica la luz ambiente*

Sobre este punto debemos resaltar algo, el aparato no amplifica “toda” la luz ambiente, si toda la luz que es capaz de entrar por su pupila de entrada (diámetro del lente objetivo) por lo tanto adquirir un aparato que tenga mucha ganancia, pero que posea una pupila de entrada de reducidas dimensiones, no nos brindará demasiadas ventajas con respecto a otro que amplifique la mitad, pero que tenga un objetivo mucho mayor.

Esta también es llamada ganancia de brillo o ganancia de iluminación. Este es el número de veces que el equipo de visión nocturna amplifica la luz entrante, usualmente es medido como ganancia del tubo y del sistema. La ganancia del tubo es medida como la relación entre la luz de salida dividida por la luz de entrada, generalmente se expresa como valores de miles de veces, (30.000 veces por ejemplo).

Si la ganancia del tubo es demasiado alta el tubo será “ruidoso” (ver FPN) y la proporción de señal de ruido deberá bajar con condiciones de luz más pobres. Los equipos militares de USA de II y III generación operan con ganancias entre 20.000 y 37.000 veces.

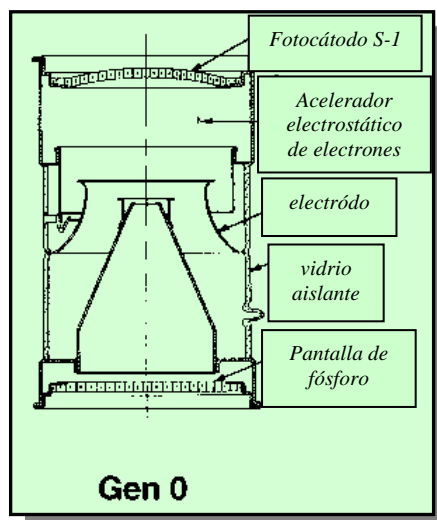
En otros equipos, la ganancia del sistema se mide como la cantidad de luz de salida (dividido por la cantidad de luz de entrada, y esto es lo que realmente el usuario ve. En algunos equipos de visión nocturna la ganancia del tubo es reducida por el sistema de lentes y es afectado por la calidad de la óptica o de los filtros, por lo tanto es muy importante para el usuario conocer las características técnicas del equipo a operar.

### ***Arseniuro de Galio (GaAs)***

Es el material con que están contruidos los fotocátodos de los equipos de III generación. Este tipo de fotocátodos tienen una fotosensibilidad muy alta en la región del espectro entre 450 y 950 nanómetros (visible e infrarrojo cercano)

### ***Generación 0***

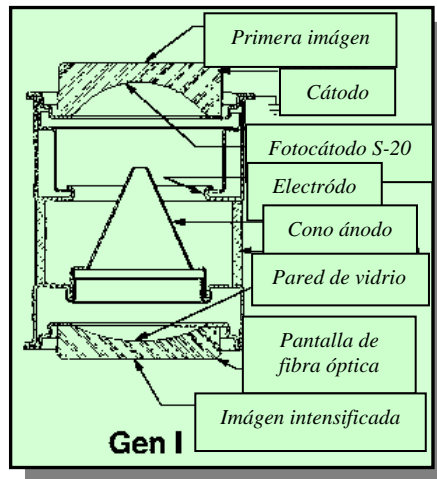
Normalmente los equipos de generación 0 utilizan un fotocátodo S-1 con un pico de respuesta en la región del verde azulado (con una fotosensibilidad de 60 uA/lm), se consigue la ganancia con la inversión electrostática y la aceleración de electrones. Consecuentemente los tubos de generación 0 se caracterizan por la presencia de distorsión geométrica y necesitan ser activados por iluminación de radiación IR.



### Generación I

Generalmente utilizan fotocátodos tipo S-20 (con fotosensibilidad de 180 a 200  $\mu\text{A}/\text{lm}$ ), la ganancia se logra del mismo modo que en la Gen. 0.

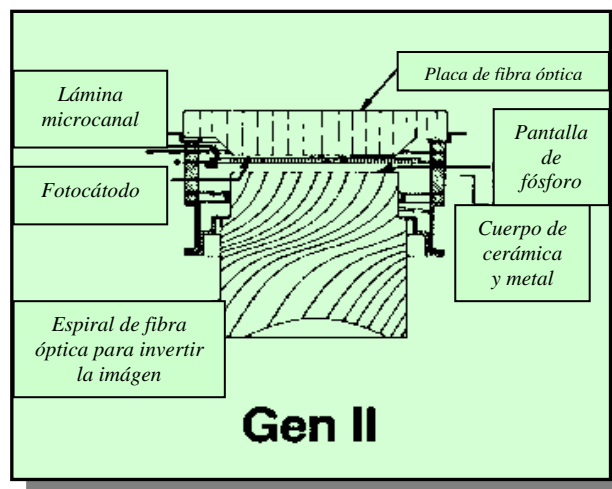
Debido a la alta fotosensibilidad del S-20 la generación I fue la primera con intensificador



de imagen realmente pasivo. Se caracteriza por tener distorsión geométrica y una pobre performance en condiciones de bajos niveles de luz y niebla.

### Generación II

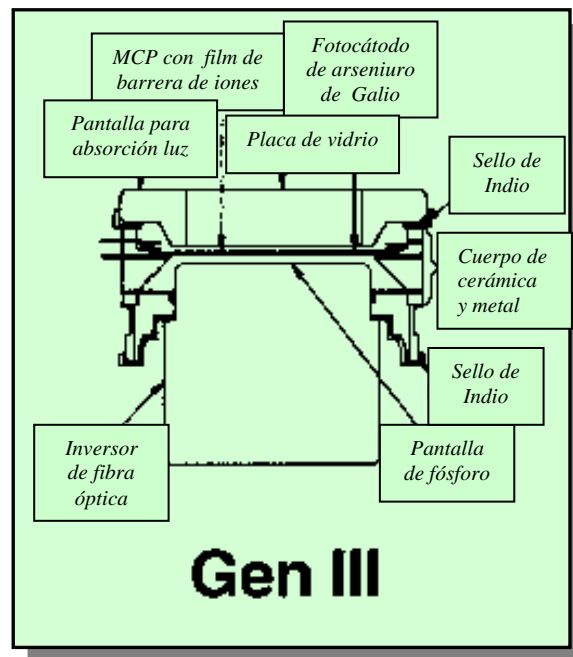
Utiliza un fotocátodo S-25 (rojo extendido con fotosensibilidad de 240  $\mu\text{A}/\text{lm}$ ) logran la ganancia con una pantalla microcanal. Se los puede encontrar con inversores electrostáticos o de fibra óptica. Los tubos de II gen. Proveen un rendimiento satisfactorio con niveles de luz bajos y tienen baja distorsión.



### **Generación III**

Utiliza arseniuro de galio para el fotocátodo y la placa microcanal para obtener mayor ganancia.

La placa microcanal es recubierta con un film de barrido de iones para incrementar la vida útil del tubo. Produce más de 800 uA/lm en la región del espectro que va desde los 450 a 950 nanómetros (Infrarrojo cercano). La Gen III provee excelente performance en niveles muy bajos de luz. La calidad de estos tubos presentan una distorsión imperceptible.



### **Par de líneas por milímetro (lp/mm)**

Esta unidad se utiliza para medir la resolución del intensificador. Usualmente determinada por la fuerza aérea de EEUU desde 1951 para resolver el poder de los test sobre blancos. Los blancos son una serie de diferentes patrones compuestos por tres líneas verticales y tres horizontales.

### **Lumen**

Esta unidad denota los fotones que puede percibir el ojo humano en un segundo.

### **Microampers por Lumen (uA/lm)**

Es la medida de la corriente eléctrica (uA) producida por un fotocátodo cuando éste es expuesto a una cantidad medida de luz.

**Lámina microcanal (MCP)**

Es un disco de vidrio metalizado que multiplica los electrones producidos por el fotocátodo. Un MCP se puede encontrar solo en equipos de gen II y gen III. Un equipo de estos suele tener aproximadamente entre 2 y 6 millones de canales. El número de canales es un factor determinante para la resolución del equipo, a modo de ejemplo: los nuevos MCP's de ITT tienen 6.34 millones de canales contra 3.14 millones que tenía el modelo standard anterior. Los electrones penetran en los canales chocando contra sus paredes y excitando a su vez a otros electrones produciendo lo que se conoce como efecto cascada. Los MCP's eliminan las distorsiones comunes de los equipos de Gen 0 y Gen I.

**Miliamperes por Watt (mA/W)**

Es la medida de la corriente eléctrica producida por un fotocátodo, cuando es expuesto a una luz de una determinada longitud de onda, ésta emite un flujo radiante, (Watt).

**Infrarrojo cercano**

Es la longitud de onda más corta de la región infrarroja del espectro, nominalmente de 750 a 2500 nanómetros. Los equipos de Gen III operan en la franja de 450 a 950 nanómetros.

**Fotocátodo**

Es la superficie posterior de un intensificador de imágenes, el cual absorbe energía lumínica y la transforma en energía eléctrica en la forma de una imagen electrónica. El tipo de material para su construcción es diferente de acuerdo a las características de las diferentes generaciones de intensificadores.

**Fotorespuesta (PR)**

Ver fotosensibilidad

**Fotosensibilidad**

*Esta nos ayuda a determinar el nivel mínimo y tipo de luz que el equipo necesita para funcionar adecuadamente.*

Es la propiedad del material del fotocátodo para producir respuestas eléctricas cuando recibe ondas de luz, (fotones). Usualmente se mide en (uA/lm).

Con respecto a esto empecemos por decir que el nivel mínimo de luz requerido por lo general es de  $5^{10}$  lux, con respecto al tipo o naturaleza de la luz ésta puede ser visible o infrarroja.

En el caso del espectro visible, me refiero por supuesto a la luz ambiente que podemos apreciar a ojo desnudo. En el caso de la infrarroja, los EVN con sistema de fotomultiplicación no resuelven por sí solos todas las longitudes de onda de la zona infrarroja que todo cuerpo emana, por lo que destaco que este tipo de luz es la que pueden proveer al medio, los iluminadores láseres infrarrojos que se les pueden adosar a los equipos (en la mayoría ya vienen incorporados) o a las linternas comunes que mediante un filtro selectivo que se les puede incorporar por muy poco valor, proveen este tipo de luz.

En este último caso el alcance de la fuente de luz es bastante corto, dado que no es una fuente de las denominadas coherentes como si lo es la luz láser, (una fuente de luz coherente es aquella que emite todos sus rayos en la misma longitud de onda).

Por lo tanto en condiciones de luz donde ni siquiera los EVN pueden “ver” poseer un iluminador de cualquier tipo es casi imprescindible, ya que es lo mismo que encender un reflector, no para nosotros, sino para el equipo.

La clasificación antes mencionada es utilizada por la mayoría de los fabricantes del mundo, incluso por muchos ejércitos del mundo.

Algunas empresas eligen utilizar sus propios sistemas de clasificación o evaluación, los cuales profesan grandes ganancias de luz, generalmente de 60.000 a 120.000 veces, pero nunca se hace referencia a otros tipos de especificaciones válidas, por ej. Resolución y fotosensibilidad. Estos sistemas de clasificación son altamente inexactos o en el mejor de los casos extremadamente engañosos y desinformados.

### **Resolución**

*La resolución del sistema revela información respecto de la agudeza y claridad de la imagen amplificada.*

Es el poder que tiene un tubo intensificador o un sistema de visión nocturna para distinguir entre dos objetos que se encuentran demasiado cerca. La resolución del intensificador de imágenes se mide en pares de líneas por milímetro (lp/mm), mientras que la resolución del sistema se mide en ciclos por miliradián.

En algunos equipos de visión nocturna la resolución del intensificador de imágenes permanece constante cuando se agrega al equipo algún objetivo u ocular de mayor poder para desarrollar una determinada actividad, pero la resolución del sistema puede ser afectada en estas circunstancias.

Muchas veces la resolución en el mismo equipo es muy diferente cuando se mide en el centro de la imagen, que cuando se la mide en la periferia, este detalle es verdaderamente importante a la hora de seleccionar un NVD para fotografía o vídeo, donde toda la resolución de la imagen es importante.

Generalmente ésta está determinada por el tipo de tubo amplificador y sobre todo por el tipo de fotocátodo utilizado, ya que, por ejemplo, dentro de los equipos de primera generación, existen los llamados “primera generación alta resolución” estos aparatos poseen un fotocátodo denominado S25, el cual es alcalino, por lo tanto el EVN no llega a ser un equipo de Gen. II pero se le aproxima bastante. En realidad veremos que esta clasificación no es correcta en realidad correspondería a Gen. 0 y Gen. I respectivamente.

### **Relación señal-ruido (SNR)**

La cantidad de señal de luz que alcanza al ojo es dividida por la percepción de ruido que este puede distinguir.

Cuanto más alta es la SNR, mejor es la habilidad del tubo para resolver objetos con un buen contraste, bajo condiciones de luminosidad muy bajas, porque la SNR está directamente relacionada con la sensibilidad del fotocátodo, con la eficiencia del fósforo de la

pantalla, y también con el voltaje de operación del MCP, este es el mejor indicador de la performance del tubo intensificador de imágenes.

### **Brillo**

Es un suave, casual y centelleante efecto a través del área de la imagen. El brillo es una característica normal del microcanal del intensificador de imágenes, y es más pronunciado bajo condiciones de luz muy malas, denominado a veces ruido de vídeo. No debe confundirse brillo con puntos de emisión.

### **Espectro**

Es el rango de energía electromagnética proveniente de rayos cósmicos. La frecuencia electromagnética se mide en ciclos por segundos y la longitud de onda en nanómetros o micrones. La región ultravioleta del espectro se extiende desde los 100 a los 400 nanómetros, con una franja llamada ultravioleta cercano que va nominalmente de los 300 a los 400 nm.

La porción visible del espectro se extiende desde los 400 a los 750 nm. La región infrarroja se extiende desde los 750 nm. Hasta  $2 \times 10^5$  nm. con la correspondiente región del infrarrojo cercano desde los 750 a los 2500 nm.



Espectro

### **Evaluación**

Las características de los EVN se pueden encuadrar dentro de cuatro categorías que ayudan en la evaluación: performance, factores humanos, aplicación específica y costo.

#### **Performance**

Esta es sin dudas la más importante de las características.

La mayoría de los EVN hoy en día proveen una adecuada imagen bajo condiciones de luz muy pobres así como con luz de luna o luz de estrellas, o incluso en la oscuridad total ayudado con un iluminador IR.

#### **Fotosensibilidad**

Es la capacidad de los EVN de detectar energía lumínica y convertirla en una imagen electrónica, ésta refleja la fotosensibilidad del intensificador de imágenes. Es sin dudas el factor más importante para poder “ver” en la oscuridad. Sin embargo, sabemos que en la noche necesitamos energía lumínica de la región del IR cercano más que de la región del visible, por lo tanto, si un EVN argumenta poseer una alta fotosensibilidad debemos probarlo en esta región del espectro para comprobar esta característica. Un EVN con una

alta fotosensibilidad en el azul o en el visible no tiene una mejor performance que otro equipo que posee mejor fotosensibilidad en el IR cercano.

### ***Relación señal-ruido (SNR)***

Este es probablemente el factor más simple y a su vez más significativo para poder ver en la oscuridad. Sabemos que la SNR puede computar varios caminos para definir los resultados.

Cuando se mide de acuerdo a las especificaciones militares de EEUU, la SNR toma en cuenta la fotosensibilidad tanto como la eficiencia de la pantalla de fósforo para definir y reconvertir la imagen electrónica en una imagen visible y la contribución del ruido de la placa microcanal, porque la SNR determina que la imagen de un intensificador con baja resolución, pero con una alta relación de señal-ruido, pueda definir una imagen, bien contrastada, ayudado por el ruido de fondo.

### ***Ganancia***

Este factor tiende a confundir los parámetros cuando se evalúa un EVN.

La ganancia más importante a medir es la ganancia del equipo. Valores muy altos de ganancias en el tubo de imágenes no son especialmente significativos. Los ejércitos de EEUU procuran obtener equipos con ganancias en el tubo de 20.000 a 37.000 veces, pero estos equipos operan en un rango de ganancia de 2.000 a 3.000 veces. Por supuesto cuanto más grande es el valor, mayor será la posibilidad del equipo de amplificar la luz detectada, pero queda en claro que la ganancia del tubo no representa la capacidad de amplificación o ganancia del equipo.

La ganancia es solo una parte de la historia, si un EVN no posee una buena fotosensibilidad y SNR, un valor muy alto de ganancia en el tubo solo contribuirá a obtener imágenes pobres, brillosas, pero no mejores. Por lo tanto valores muy altos de ganancia en el tubo harán que este trabaje demasiado y en consecuencia su vida útil se acortará. El mejor de los test es probar el EVN en el campo de acción, en condiciones de luz verdaderamente pobres.

### ***Resolución***

Usualmente esta es medida como la resolución del tubo (lp/mm) o la resolución del sistema (cy/mr.) los sistemas se evalúan con ópticas similares en calidad y en filtrado, la resolución del tubo es un criterio importante. La mayoría de los sistemas producen una óptima resolución del mismo punto tanto con condiciones de luz altas como muy pobres.

Así como la resolución es medida con estas condiciones, también se utiliza la misma vía, la misma magnificación, y las mismas condiciones (especificaciones militares de EEUU), cuanto mayor es el valor, mejor es la habilidad del sistema para presentar una imagen clara y definida. Algunos equipos producen una imagen bien definida en el centro, pero presentan una imagen muy deficiente al observar la periferia del área de visión, esta característica se da sobre todo en equipos que poseen tubos de Gen 0. De todos modos debemos recordar que algunos EVN producen buenos resultados bajo condiciones de luz nocturna medianamente buenas, pero tienen resultados desastrosos en verdaderas condiciones de oscuridad, que en realidad es para lo que fueron desarrollados.

## ***Factores Humanos***

Aquí, el peso, la altura, el equipo a cargar, la dificultad o la facilidad de la operación, son factores a considerar. Se debe recordar que algunas operaciones nocturnas, debido a su facilidad o a las condiciones de luz reinantes no requieren de ninguna ayuda adicional, por lo tanto no hay que complicarse cargando equipos que, en definitiva constituirán un estorbo más que una ayuda.

Si la operación requiere un tiempo relativamente corto, puede cargarse algún EVN para facilitar la visión, pero no es aconsejable llevarlo si el periodo de tiempo que insumirá es muy prolongado, salvo algún caso de fuerza mayor.

Debemos recordar que, bajo condiciones de mucha presión, estrés, nerviosismo, etc., operaciones tan simples como presionar un botón con un solo dedo, producen fatiga, imaginemos también, el brillo inicial que un EVN produce al encenderlo hasta alcanzar su régimen de trabajo de acuerdo a la luz ambiente de ese momento, y estaremos agregando deslumbramiento y fatiga ocular al observador, solo por nombrar algunos puntos.

## **Conveniencia para su aplicación**

Aquí características tales como campo de visión, magnificación, versatilidad, resistencia a la intemperie, distorsión y performance son factores muy importantes a tener en cuenta.

### ***Magnificación y campo visual***

Por lo que se refiere a magnificación y campo visual consideremos la distancia y el área que necesitamos cubrir. Para aplicaciones de supervivencia o búsqueda, cuanto mayor es la magnificación más estrecho o pequeño será el campo visual, por lo tanto más veces se debe barrer el área para encontrar el objeto buscado. Generalmente una relación 1:1 a 400 mts. Provee una óptima performance.

Para observaciones a larga distancia o aplicaciones como miras telescópicas, el valor de la magnificación debe variar, sin embargo debemos considerar otras características de la performance del EVN, así como la magnificación aumenta, el campo visual decrece, y el denominado número F se incrementa, todas estas variaciones reducen la cantidad de luz capturada, consecuentemente necesitaremos en el equipo un tubo con una performance o rendimiento excelente para condiciones de luz muy pobres, y/o lentes de altísima calidad.

Otro de los factores a tener en cuenta es la versatilidad del equipo si este va a ser usado en situaciones que requieran diferentes magnificaciones. Nunca se debe abrir el equipo para instalar nuevas ópticas, esto puede producir daños irreparables en sus componentes.

### ***Distorsión***

Los tubos electrostáticos inversores de imágenes de los equipos de Gen 0, Gen I y Gen II, producen cierta cantidad de distorsión en la imagen.

En los sistemas de Gen III y Gen II de 18 mm. la distorsión geométrica se elimina, pero es posible encontrar alguna perceptible "S" y distorsión absoluta (sheer). El grado de la distorsión y su interferencia en la aplicación del equipo es un tema a considerar.

En aplicaciones tales como fotografía, vídeo o en el caso de miras telescópicas, la distorsión y la resolución periférica son factores vitales.

### ***Resistencia a la intemperie***

La capacidad de los EVN para operar bajo condiciones adversas del medio ambiente es otro de los factores importantes a tener en cuenta. La mayor amenaza es la humedad que pueda entrar en el equipo, ya que esta empañará la pantalla y no permitirá ver correctamente la imagen, por lo tanto la hermeticidad del equipo es crítica.

Además cuando se trabaja cerca de ríos, arroyos y campos inundados la flotabilidad del equipo es un factor determinante.

### **Costo**

El costo del equipo es otro factor a tener en cuenta, pero no corresponde desarrollarlo en este artículo.



### Consideraciones finales

Todos los intensificadores de imágenes se agotarán al cabo de un tiempo, debido a los gases que se generan en la migración de los electrones al fotocátodo, además por razones como; tener los tubos un circuito de protección de brillo (BSP) y la ausencia de un film que actúa como barrera de iones sobre el microcanal producen un acortamiento en la vida de este.

Un factor importante en la confianza o seguridad del equipo es el voltaje usado para producir la ganancia. Si un tubo es exigido duramente, en cuanto a su fabricación, para producir alta ganancia esto acelerará la producción de gases y aumentará la posibilidad de que el tubo se agote y no pueda convertir electrones en luz,(fotones).

Un criterio de evaluación final para determinar o no la incorporación de un control automático de brillo (BSP) cuando el equipo es expuesto a altas condiciones de luz o a fuentes de brillo muy intensas, es el siguiente; algunos tubos tienen el circuito de BSP dentro del intensificador de imágenes lo que impide que los gases escapen fuera de él e invadan la pantalla de fósforo y otros componentes.

Este circuito reduce automáticamente el voltaje del fotocátodo cuando el sistema es expuesto a fuentes de luz intensas. Los BSP's de estas características no solo protegen el tubo fotomultiplicador sino que también alargan la vida del mismo.

**Nota 2: *Especificaciones de la Generación II y III***

Las especificaciones militares de EEUU dicen que un equipo de Gen II debe tener una vida útil de por lo menos 2.000 horas de operación.

La especificación anterior no corresponde para los equipos de Gen III. Debido a la presencia de la barrera de iones en los equipos de Gen III, el fotocátodo de arseniuro de galio está protegido contra la degradación, y la vida útil y la performance de este se extiende varias veces más que los EVN de Gen II (aprox. Unas 10.000 hs.).



***Profesor Salvador Daniel Patti***  
***Licenciado en Óptica Oftálmica***

***Universidad de Morón***

***Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales***

***Departamento de Óptica***

***Cátedra de Física General***

***Cátedra de Óptica Física***

***Prof. A cargo de los laboratorios de Interferometría, Radiación Laser y Visión Nocturna***