



Capacidad amplificadora de los tubos intensificadores de imagen

José Díaz, María Tuduri, Carlos Dorransoro, Carmen Blanco y Rosario Pareja

Laboratorio de Ensayos
Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada, CIDA, Madrid

e-mail: jose.diaz@inves.cida.es

7ª Reunión Nacional de Óptica
Santander, Septiembre 2003

1 Objetivo

Desarrollar sistemas de medida para evaluar la capacidad de amplificación de luz de tubos intensificadores de imagen

- Control de calidad basado en radiometría óptica
- Predicción del comportamiento de sistemas de visión nocturna



2 Laboratorio de ensayos

Funciones generales:

- Evaluación de equipos
- Calibraciones
- Investigación metodológica
 - Nuevas medidas
 - Disminución de incertidumbres
- Consultoría y soporte técnica

Áreas tecnológicas:

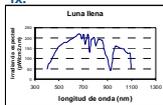
- Óptica visible
- Pruebas medioambientales
- Termovisión
- Bajas luminancias
 - Calibraciones y medidas radiométricas
 - Evaluación de tubos intensificadores
 - Evaluación de sistemas de visión nocturna

3 Introducción

Luz nocturna

A la superficie terrestre, de noche, llega radiación procedente de distintas fuentes naturales (luna, estrellas) además de otras fuentes artificiales. La energía está desplazada al IR próximo.

Los equipos de visión nocturna trabajan con luz residual de la noche en el rango de 10^{-6} a 10^{-4} lx.



Illuminancia



Tubos intensificadores de imagen: TII

Dispositivos opto-electrónicos que sirven para aumentar la intensidad de una imagen de la entrada (fotocátodo) a la salida (pantalla de fósforo).

Funcionan en condiciones extremas de oscuridad



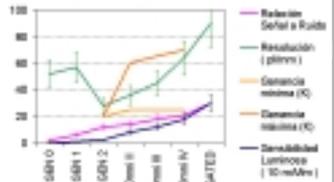
Fabricación

- Complejidad tecnológica
 - Crecimiento de fotocátodos y fósforos
 - Fibras, MCPs, fuentes de alimentación integradas
 - Vacío y encapsulamiento
- Variabilidad en el resultado final

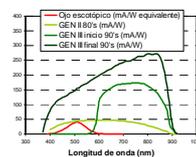
Aplicaciones

SISTEMAS DE VISIÓN NOCTURNA	INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
<ul style="list-style-type: none"> • Prismáticos (Gafas) • Cámaras • Telescopios Usos: <ul style="list-style-type: none"> • Vigilancia y rescate • Navegación y pilotaje • Fotografía y filmación 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos bioquímicos y luminiscentes • Microscopía • Endoscopia • Astronomía • Medicina nuclear

Evolución de los tubos intensificadores



Sensibilidades espectrales



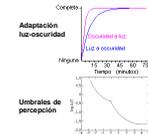
Superación de las limitaciones del ojo

- La sensibilidad espectral de los tubos se orienta hacia el IR cercano
- Respuesta inmediata (ms)
- Amplifica la luz miles de veces hasta llegar a niveles fotopicos

Ojo humano

Tiene muchas limitaciones en visión nocturna

- Sensibilidad espectral centrada en el visible
- Tiempo de adaptación del orden de minutos
- Los umbrales de detección del contraste aumentan drásticamente con la oscuridad



4 Medida de la capacidad amplificadora

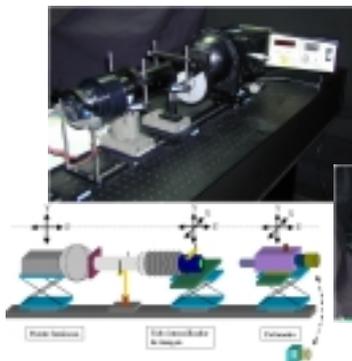
Rango dinámico

Ganancia

La relación entre la luminancia de la imagen a la salida y la iluminancia de la imagen a la entrada constituye la ganancia en luminancia del tubo.

Indica cuánto más brillante será para el usuario la imagen intensificada respecto a la imagen a ojo desnudo no adaptado.

Fuente y detector calibrados, temp. de color 2856K, simulando el espectro nocturno.



La ganancia es regulable en fabricación y puede influir en:

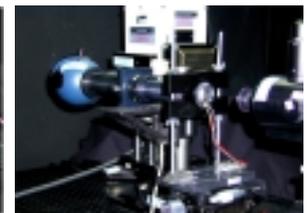
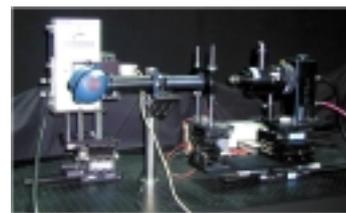
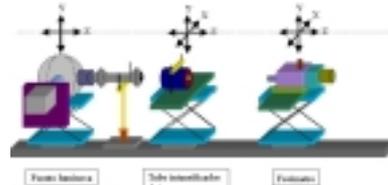
- la vida media del tubo
- la adaptación del usuario a la oscuridad
- la comodidad de observación
- la relación señal ruido

Es la pendiente de la zona lineal del rango dinámico



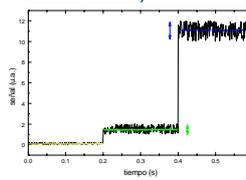
Relación Señal / Ruido

Refleja las prestaciones del fotocátodo y las características de amplificación de la placa microcanal (MCP).

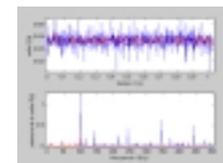


Adquisición:

Señales temporales de oscuridad y luz (10×10^{-6} fc, 2856K) en un spot de 0.2 mm. Frecuencia de muestreo 10 Hz (frecuencia umbral del sistema visual para fluctuaciones de brillo)



Filtro temporal (digital)



Cálculo de los valores medios y desviaciones estándar de las señales filtradas

$$S/R = \frac{\bar{S}_{luz} - \bar{S}_{fondo}}{K \cdot (\sigma_{luz}^2 + \sigma_{fondo}^2)^{1/2}}$$

K: Parámetro de respuesta del fósforo. Elimina influencia de la pantalla 1.14 para P-20 1.19 para P-43

Valores típicos		
	GEN 2	GEN 3
S/N	12.5	23
		GEN 3 sin barrera de iones
		27

EBI - Equivalent Background Input

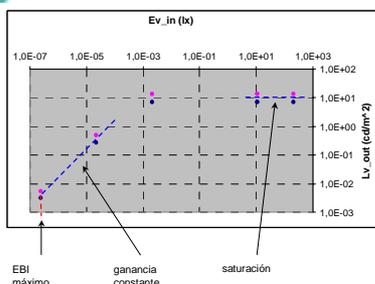
Señal de entrada equivalente al fondo del tubo.

Se mide el nivel de brillo a la salida en ausencia total de iluminación a la entrada y se define en términos de iluminación de entrada, a través de la ganancia.

Es unas 10 veces inferior que la escena natural sin sombra más oscura a temperatura ambiente.

Depende mucho de la temperatura.

Es el umbral inferior del rango dinámico



Saturación

Los tubos tienen un control automático de ganancia o protección frente a fuentes brillantes.

Limitan el brillo de salida y la máxima corriente a través del tubo para controlar el daño causado por fuentes brillantes.

La saturación del tubo impone el límite superior del rango dinámico.

Valores típicos		
	GEN 2	GEN 3
EBI	$0.8 \cdot 10^{-7}$ lx	$1.0 \cdot 10^{-7}$ lx
ganancia	20K	25K a 65K

5 Conclusiones

- Se han desarrollado dos bancos de ensayo para realizar cinco medidas complementarias que describen la capacidad amplificadora de los tubos intensificadores de imagen.
- Los ensayos cumplen normativa vigente y tienen trazabilidad a patrones europeos con baja incertidumbre.
- Estas medidas sirven para discriminar niveles de calidad de tubos, predecir prestaciones, y dar soporte a diseñadores y usuarios.

Referencias:

- [1] Iles p.CsOrba, Image Tubes. Howard W. Sams&Co. Inc. USA 1985
- [2] Lucien M. Biberman (editor), Electro-Optical Imaging. System Performance and Modeling, SPIE Press, USA, 2000
- [3] Normas STANAG sobre tubos intensificadores

Agradecimientos:

Al personal del CIDA y en especial al Laboratorio de Ensayos