

Inspección del balizamiento aeronáutico sin cerrar la pista

Cómo un aeródromo verifica su balizamiento cada año sin un cierre de pista: qué debe comprobarse, qué pruebas acepta una autoridad, dónde se detiene un dron.

RESPUESTA DIRECTA

La inspección del balizamiento aeronáutico es la verificación periódica de que las ayudas visuales de un aeródromo siguen funcionando según la norma con la que se instalaron. Abarca el enfoque, la intensidad, el color, la cobertura, los escalones de regulación y la alimentación de reserva. Un reconocimiento con dron realizado entre los movimientos de aeronaves produce el registro medido sin reservar un cierre de pista, y se detiene antes de la fotometría absoluta.

Quién se encuentra con esto

La persona que compra una inspección del balizamiento aeronáutico rara vez está buscando una inspección. Está tratando de cerrar una brecha que se ha hecho visible, y la brecha se abre de cuatro maneras habituales.

- Un regulador pide el registro que respalda el programa de mantenimiento, y la respuesta resulta ser una hoja de cálculo de sustituciones de luminarias.
- Un proyecto de repavimentación modifica la geometría, y nadie está seguro de que las ayudas de aproximación sigan concordando con ella.
- Una conversión a LED cambia las características del haz de la mitad del campo, y las antiguas cifras de aceptación ya no describen lo que hay ahí fuera.

- Una tripulación de vuelo informa de algo que no parece correcto, y la última verificación documentada de ese sistema es más antigua de lo que nadie quiere admitir por escrito.

En todos los casos, al aeródromo no le faltan luces que funcionen. Le faltan pruebas de que funcionan. El **balizamiento aeronáutico** es un sistema cuyo modo de fallo es la deriva, no la oscuridad, y la deriva es invisible para quien conduce junto a ella por la noche.

Dónde se aplica esto, y dónde no

Esto se aplica a un aeródromo que posee sus ayudas visuales y debe a alguien un registro de su estado. Ya sea un campo regional de una sola pista con un **PAPI** en cada extremo o un aeropuerto de dos pistas con un sistema completo de balizamiento de aproximación, los parámetros que deben verificarse son los mismos. Solo cambia el recuento.

No se aplica cuando el problema son luminarias que fallan. Eso es un contrato de mantenimiento, y una inspección le dirá lo que ya sabe. No se aplica a las ayudas de radionavegación, que se verifican bajo un programa separado con instrumentos separados. Y es una mala opción para un aeródromo sin ningún programa de mantenimiento, porque una medición sin un programa al que alimentar es una fotografía cara.

EL CONJUNTO DE PARÁMETROS

Lo que debe cumplirse en todo el campo

ENFOQUE	Cada luminaria direccional se encuentra en el ángulo para el que fue ajustada, y el conjunto produce juntos la señal patrón prevista.
INTENSIDAD	La salida cumple el mínimo para la clase de luminaria, y las unidades de una

	misma agrupación se igualan entre sí en lugar de divergir.
COLOR	El color emitido se mantiene dentro de los límites cromáticos, incluso cuando un filtro rojo ha envejecido.
COBERTURA	El haz sigue siendo visible en el sector horizontal y vertical que exige la norma.
CONTROL	Cada luminaria sigue el escalón de intensidad ordenado, de forma simultánea, en todo el rango de escalones.
ALIMENTACIÓN	El sistema se enciende con la fuente de reserva dentro del tiempo de conmutación que requiere la categoría de la pista.
OBSTRUCCIÓN	Nada nuevo bloquea la vista de aproximación de las ayudas, y ninguna luz cercana puede confundirse con ellas.
REGISTRO	Cada uno de los puntos anteriores tiene una medición fechada, un método declarado y un conjunto de datos conservado detrás.

Lo que el aeródromo intenta conseguir

Tres resultados. Se adquieren juntos y se juzgan por separado, por lo que vale la pena nombrar cada uno.

Defensa reglamentaria

El operador necesita entregar a un inspector un registro que responda a preguntas, no que afirme una conclusión. En Europa, el instrumento vinculante es el propio programa de mantenimiento aprobado del operador, redactado según el Reglamento (UE) 139/2014, que exige un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo para las ayudas visuales y los sistemas eléctricos, sin nombrar una frecuencia. Las especificaciones de diseño con las que se construyeron las ayudas se encuentran en el [Anexo 14 de la OACI](#) y, para los aeródromos certificados europeos, en la EASA CS-ADR-DSN. La medición se juzga contra ellas. El programa es lo que dice cuándo.

Disponibilidad operativa

Cada hora de inspección es una hora en que la superficie no está totalmente disponible, a menos que el método no necesite la superficie. En un campo con tráfico, el coste de ocupación domina la tarifa de inspección por un amplio margen, y es el número que realmente le importa al director de operaciones.

Una tendencia, no una instantánea

Una verificación única le indica el estado de una luminaria en una tarde. No puede decirle si una unidad está derivando, porque no hay nada con qué compararla. El resultado que vale la pena pagar es una serie en la que cada visita reproduce la anterior con la suficiente precisión como para que un cambio de unos pocos minutos de arco signifique algo.

Un conjunto del balizamiento de aproximación visto desde la posición del ojo del piloto. La integridad del patrón se juzga en todo el conjunto a la vez, no unidad por unidad desde el suelo.

Cómo transcurre el año de inspección

El programa no es un evento único. Es un ciclo, y la mayor parte se dedica a demostrar que nada ha cambiado. Los cinco pasos siguientes se repiten cada año, independientemente del método de medición utilizado, desde las largas agrupaciones de **luz de borde de pista** y **luz de calle de rodaje** hasta el **regulador de corriente constante** en la bóveda.

El ciclo de verificación

DIFICULTAD INTERMEDIO

01 Conciliar el programa con lo instalado

Recorrer el documento del programa sistema por sistema y corregir las clases de luminarias, los recuentos, los intervalos de verificación y los conjuntos de parámetros según el campo construido.

POR QUÉ El programa de mantenimiento suele ser más antiguo que el balizamiento que describe. Las conversiones a LED, las ampliaciones de pista y las mejoras del balizamiento de aproximación dejan un programa que enumera equipos que ya no están.

LISTO CUANDO

Cada sistema del campo aparece en el programa con una clase de luminaria actual, un intervalo y un conjunto de parámetros nombrado.

SI NO

Si el programa no puede conciliarse a partir de los registros, tratar el primer reconocimiento como la línea de base del estado construido y redactar el programa a partir de él.

02 Mantener la atención rutinaria separada de la verificación

Registrar cada reemplazo y ajuste con la fecha y la unidad, para que la siguiente pasada de verificación sepa qué unidades han cambiado desde la anterior.

POR QUÉ Alguien recorre el campo por la noche, anota las averías, y el contratista de mantenimiento reemplaza lo que ha fallado. Eso es necesario y no es verificación. Una luminaria reemplazada es una luminaria cuyo enfoque y salida nadie ha medido.

LISTO CUANDO

El equipo de verificación recibe una lista de las unidades cambiadas antes de la pasada, no después.

SI NO

Si el registro no existe, el reconocimiento cubre todas las unidades y la comparación comienza a partir de esta visita.

03

Verificar cada sistema según su conjunto de parámetros

Volar el perfil del aeródromo entre los movimientos de aeronaves, cubriendo cada unidad de cada agrupación, el ángulo de transición de cada indicador de senda de planeo y el patrón completo de aproximación, en cada escalón de intensidad ordenado.

POR QUÉ Para las agrupaciones de borde de pista y calle de rodaje, la pregunta es la salida y el color a lo largo de largas filas, razón por la cual el muestreo era el compromiso tradicional. Para los indicadores de senda de planeo, la pregunta es el ángulo. Para el sistema de balizamiento de aproximación, es la integridad del patrón, la progresión de intensidad y el destello secuenciado.

LISTO CUANDO

Cada unidad del campo tiene una medición fechada para cada parámetro de su conjunto, y las unidades que se han desviado de sus vecinas están listadas.

SI NO

El agua estancada, la nieve o la contaminación intensa ocultan la superficie y las luminarias. La pasada se repite en lugar de evaluarse a través de la obstrucción.

04

Probar la parte eléctrica en tierra

Medir la salida del regulador por escalón en la bóveda, la resistencia de aislamiento por circuito y el tiempo de conmutación en la fuente de alimentación, y archivarlos junto con el registro óptico.

POR QUÉ El regulador de corriente constante debe suministrar cada escalón ordenado, el circuito en serie debe mantener su aislamiento, y la alimentación de reserva debe asumir el control dentro del tiempo de conmutación. Nada de eso es visible desde el aire.

LISTO CUANDO

El registro del año contiene tanto las mediciones ópticas como las eléctricas de cada circuito.

SI NO

Una unidad oscura sin un hallazgo eléctrico detrás se reinspecciona como un fallo de luminaria. Una unidad oscura con un hallazgo de circuito es una orden de trabajo de mantenimiento.

05

Cerrar el ciclo con una re-verificación

Volar de nuevo solo las unidades ajustadas con el mismo perfil de misión, y comparar con el registro anterior al ajuste.

POR QUÉ Los hallazgos se convierten en órdenes de trabajo y las órdenes de trabajo en ajustes. Una pasada de verificación después de un ajuste es la medición más barata del programa, porque la misión ya existe y la comparación es contra un estado anterior conocido.

LISTO CUANDO

Cada hallazgo en el registro del año tiene una medición de cierre fechada después de la orden de trabajo.

SI NO

Si la re-verificación sigue fallando, el hallazgo permanece abierto en el registro y el programa, no el informe, decide qué ocurre a continuación.

Cada unidad de una agrupación de borde de pista cubierta en un conjunto de pasadas. Un método que cubre toda la agrupación cambia la respuesta, no la acelera.

MAPA DE CAPACIDADES

Lo que responde un reconocimiento con dron, y dónde se detiene

NECESIDAD DEL PROGRAMA	LO QUE HACE EL RECONOCIMIENTO	PRUEBA PRODUCIDA	DÓNDE SE DETIENE
Enfoque del indicador de senda de planeo	Vuela la aproximación y ajusta la transición de color a través de cientos de fotogramas en lugar de leer uno	Ángulo de transición por unidad, el ángulo del conjunto y el espaciado entre unidades vecinas	El ajuste en sí mismo, que es trabajo del equipo de mantenimiento
Patrón del balizamiento de aproximación	Fotografía el conjunto completo desde la posición del ojo del piloto a lo largo de la aproximación	Unidades faltantes o desalineadas, integridad del patrón, comportamiento del destello secuenciado	Fallos de cable detrás de una unidad oscura, que necesitan una prueba eléctrica
Agrupaciones de borde de pista y umbral	Cubre cada unidad de la agrupación en lugar de una muestra	Salida relativa unidad a unidad, color y unidades que se han desviado de sus vecinas	Salida absoluta en candelas frente a un mínimo publicado
Color y cromaticidad	Mide las relaciones de canal, que son independientes de la exposición y de la respuesta absoluta	Si el color emitido se ha movido hacia un límite, incluidos los filtros rojos envejecidos	Una prueba de aceptación de cromaticidad formal contra las coordenadas de la norma

NECESIDAD DEL PROGRAMA	LO QUE HACE EL RECONOCIMIENTO	PRUEBA PRODUCIDA	DÓNDE SE DETIENE
Intensidad en candelas	Registra la intensidad relativa entre unidades en un mismo vuelo bajo una misma exposición	Una afirmación sólida sobre la simetría y la deriva dentro de la agrupación	Fotometría absoluta, que necesita un fotómetro calibrado como anclaje
Escalones de regulación	Repite la pasada en cada escalón ordenado	Si cada unidad cambia simultáneamente y en la cantidad ordenada	Medición de la salida del regulador, que es una prueba eléctrica en la bóveda
Obstrucción de la aproximación	Vuela la superficie de protección y fotografía lo que hay debajo	Nuevas penetraciones y luces cerca de la aproximación que podrían confundirse con las ayudas	Un reconocimiento formal de la superficie de limitación de obstáculos, que es un entregable separado
Conmutación a la alimentación de reserva	Registra el campo ópticamente mientras se conmuta la alimentación	Qué circuitos volvieron y en qué orden	El tiempo de conmutación en sí mismo, que se mide en la fuente de alimentación
Repetibilidad entre visitas	Regenera la misma misión autónoma a partir del perfil del aeródromo	Un conjunto de datos directamente comparable, por lo que el cambio se mide en lugar de recordarse	Nada, esta es la propiedad más sólida del método
Ocupación de la pista	Vuela entre movimientos de aeronaves sin cierre reservado	Un registro obtenido sin una reserva de superficie	Fotometría en tierra, que requiere un vehículo sobre la superficie

Cada necesidad del programa de inspección, la prueba que produce un reconocimiento con dron y el límite más allá del cual se requiere otro método.

Gobernanza y el registro

La inspección es solo la mitad de la compra. La otra mitad es lo que el aeródromo aún puede demostrar dentro de dieciocho meses.

Un auditor hace un pequeño número de preguntas, y todas son preguntas de reconstrucción. De dónde salió este número. Cómo se calculó, y con qué versión del método. En qué estado estaba el instrumento, y cuándo se calibró por última vez. Quién tomó la lectura, en qué fecha, con qué clima. Contra qué tolerancia se juzgó. Un informe que responde a la última pregunta y a ninguna de las demás es una conclusión, no una prueba.

Por eso los datos brutos conservados importan más que el formato del informe. Si el vídeo y el registro de posicionamiento sobreviven, un número en disputa puede recalcularse. Si no sobreviven, la única respuesta a un desafío es volar de nuevo y esperar que la luminaria no se haya movido mientras tanto.

Warning: Advertencia: una declaración de acreditación no es una declaración de método

Las normas marco para los laboratorios de ensayo y calibración describen la competencia que una organización debe demostrar ante un organismo de acreditación. Ningún proveedor la adquiere describiendo bien su proceso. Pida a cualquier proveedor de inspección, incluido este, que separe lo que tiene acreditado de lo que tiene documentado. Un método documentado con una incertidumbre declarada es algo real y no es lo mismo que una acreditación.

Pruebas y los límites honestos

Dos afirmaciones en esta página tienen peso, y cada una merece que se exprese su calificación en voz alta.

La cadena geométrica es sólida

Las posiciones provienen de GNSS RTK vinculado a una estación base y a un marco geodésico. Los parámetros intrínsecos de la cámara provienen de una calibración basada en un objetivo registrada con una fecha. Un ángulo de elevación entre dos posiciones conocidas es un problema de geometría, no de brillo, razón por la cual un ángulo de transición puede informarse con un límite.

Ángulo de transición por unidad, ajustado a cientos de fotogramas en la aproximación. El ángulo es geometría, y la geometría sobrevive a una auditoría.

La cadena óptica es más débil

Una cámara aerotransportada registra cuentas, no candelas, y esas cuentas dependen del objetivo, la exposición y la distancia. Las relaciones entre canales normalizan la mayor parte de eso, razón por la cual las mediciones de color y transición sobreviven a la debilidad. La **intensidad luminosa** absoluta no lo hace. Indicar un valor en candelas necesita una lectura de referencia tomada in situ o una calibración cruzada contra un instrumento que tenga un **certificado de calibración**. Cualquier proveedor que afirme que la cámara de su dron es un fotómetro certificado se ha saltado ese paso.

Los sistemas fotométricos en tierra son la contrapartida, y son buenos exactamente en lo que el dron es débil. Un fotómetro montado en un vehículo mide la intensidad directamente y produce las cifras absolutas que desea una prueba de aceptación. El material de los proveedores para esos sistemas describe la cobertura de una pista de aproximación de precisión completa en ambas direcciones en menos de dos horas, lo que supone una ocupación real de una superficie que, por lo demás, está generando ingresos. Ningún método domina. El programa decide qué pregunta se está haciendo, y el método la sigue.

Objeciones que vale la pena plantear antes de comprar

"Nuestra autoridad no ha aceptado métodos con dron." Pregunte, por escrito, y pregunte por el parámetro, no por la plataforma. Las normas describen lo que debe verificarse y las tolerancias con las que se juzga. En gran medida, guardan silencio sobre el instrumento. El manual de ayudas visuales, OACI Doc 9157 Parte 4, párrafo 8.3.43, señala desde hace algunos años a los vehículos aéreos no tripulados como uno de los métodos disponibles para verificar los ajustes de

los indicadores de senda de planeo, lo cual es algo útil para tener en la conversación.

"Ya pagamos por una inspección en vuelo." Entonces la pregunta útil es para qué está ahí la aeronave. Si está calibrando ayudas de radio, está haciendo algo que un dron no puede hacer, y las ayudas visuales pueden ir de paso en una visita que ocurre de todos modos. Esa comparación es el tema de **reconocimiento con dron frente a inspección en vuelo** .

"Solo necesitamos las luces que fallaron." Las luces que fallan son un problema de mantenimiento. Las luces que derivan son un problema de seguridad, y se ven bien desde la carretera perimetral. Toda la razón por la que la verificación existe como actividad separada es que el modo de fallo es invisible.

"No podemos ceder la pista." Esa es la restricción en torno a la cual se construyó el método, y es la razón por la que un reconocimiento realizado entre movimientos vale más en un campo con tráfico que en uno tranquilo.

Tareas relacionadas

Si la pregunta inmediata es de procedimiento más que comercial, el **procedimiento de medición fotométrica** establece cómo se planifica y ejecuta una campaña, incluido dónde debe entrar un instrumento calibrado en la cadena. Si la pregunta es qué método comprar, la comparación anterior es la página para ello. Si la pregunta es cuánto cuesta un solo sistema, la **guía de costes de calibración PAPI** es el estado honesto de un mercado donde nadie publica una tarifa. Y si el campo necesita una visita completa, la forma de una está en la **página de precios** .

Preguntas Frecuentes

¿Con qué frecuencia debe inspeccionarse el balizamiento aeronáutico?

El intervalo se fija a nivel nacional, no global, y depende de la categoría de la pista y de lo que establezca el propio programa de mantenimiento del aeródromo. Los operadores europeos trabajan bajo el Reglamento (UE) 139/2014, que exige un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo para las ayudas visuales y los sistemas eléctricos, sin nombrar una frecuencia. En Estados Unidos, el documento de la FAA que establece las expectativas para las pistas de aproximación de precisión es el que fija las pautas para el mantenimiento de las ayudas visuales aeroportuarias, y la cifra que suele citarse para ellas es la de pruebas fotométricas al menos dos veces al año. La respuesta práctica es que su programa de mantenimiento aprobado es el documento vinculante, y vale la pena leerlo antes de asumir un ciclo anual.

¿Qué se mide realmente en una inspección del balizamiento?

Seis familias de parámetros. Enfoque, que es el ángulo al que está ajustada una luminaria direccional. Intensidad, que es cuánta luz emite y en qué dirección. Color, juzgado según los límites cromáticos que define la norma. Cobertura, es decir, que el haz sigue siendo visible en el sector que debe servir. Comportamiento de control, que es si cada luminaria sigue el escalón de intensidad ordenado de forma simultánea. Y alimentación, que significa que el balizamiento sigue encendiéndose con la fuente de reserva dentro del tiempo requerido. Un reconocimiento que solo informe de los dos primeros no es una inspección del sistema.

¿Puede un dron sustituir a un vehículo fotométrico móvil?

No para todo. Un sistema fotométrico remolcado o montado en un vehículo lleva un fotómetro calibrado y mide la intensidad en candelas directamente, que es lo que necesita una prueba de aceptación de cromaticidad e intensidad según la norma. Un dron mide muy bien la geometría, mide bien las relaciones de color y necesita un anclaje externo para indicar la intensidad absoluta. Cuando la pregunta es el enfoque, el ángulo de transición, la integridad del patrón, la cobertura y si algo se ha movido desde la última vez, el dron la responde sin ocupar la superficie. Cuando la pregunta son las candelas frente a un mínimo publicado, un instrumento calibrado aún tiene que estar en la cadena.

¿Hay que cerrar la pista?

Para un reconocimiento con dron, no se reserva ningún cierre. El trabajo se coordina con la torre y se realiza en los intervalos entre movimientos de aeronaves, y la aeronave siempre tiene prioridad. Una pasada fotométrica en tierra es diferente, porque un vehículo debe recorrer la superficie, y eso es una ocupación reservada. El material publicado por los proveedores de fotometría móvil en tierra describe la cobertura de una pista de aproximación de precisión completa en ambas direcciones en menos de dos horas, lo que da una idea de la ocupación que implica.

¿Qué pruebas quiere realmente una autoridad?

Algo que pueda reconstruirse. La verdadera pregunta de un inspector no es si un número es impresionante, sino si se puede rastrear: de dónde vino la lectura, qué método la produjo, en qué estado estaba el instrumento, quién la tomó y en qué condiciones, y contra qué tolerancia se juzgó. Un informe que indica una conclusión y no conserva nada detrás no puede responder a ninguna de esas preguntas. Los datos brutos conservados, un método fijo y versionado, y una incertidumbre declarada son lo que convierte una medición en una prueba.

¿Dónde deja de ser suficiente un reconocimiento con dron?

En tres lugares. La intensidad fotométrica absoluta en candelas necesita un fotómetro calibrado en algún punto de la cadena, ya sea como lectura de referencia in situ o como calibración cruzada. Todo lo que está bajo la superficie, como el aislamiento del cable, el estado del circuito en serie y el comportamiento del regulador de corriente constante bajo carga, es una prueba eléctrica, no óptica. Y las ayudas de radionavegación quedan completamente fuera del método. Un programa de inspección que sabe dónde se detiene su método es más útil que uno que afirma cubrirlo todo.

Referencias

- | | |
|------------------------------------|---|
| icao-annex-14-v1 | Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, Volumen I: Diseño y Operaciones de Aeródromos
Organización de Aviación Civil Internacional |
| <hr/> | |
| icao-doc-9157-p4 | Doc 9157, Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 4: Ayudas Visuales
Organización de Aviación Civil Internacional |
| <hr/> | |
| easa-cs-adr-dsn-7 | Especificaciones de Certificación y Material de Guía para el Diseño de Aeródromos, CS-ADR-DSN Edición 7
(https://www.easa.europa.eu/en/document-library/certification-specifications/cs-adr-dsn-issue-7)
Agencia de Seguridad Aérea de la Unión Europea |
| <hr/> | |
| eu-139-2014 | Reglamento (UE) n.º 139/2014 de la Comisión por el que se establecen requisitos y procedimientos administrativos relativos a los aeródromos
(https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/139/oj/eng)
Oficina de Publicaciones de la Unión Europea |
| <hr/> | |
| faa-ac-150-5340-26 | AC 150/5340-26, Mantenimiento de las Instalaciones de Ayudas Visuales Aeroportuarias
(https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/index.cfm/go/document.current/documentnumber/150_5340-26)
Administración Federal de Aviación |

adbsafegate-photometric

Pruebas Fotométricas y Rendimiento de los Activos AGL
(<https://adbsafegate.com/media/jq0biu4n/adbsg-photometric-testing.pdf>)
ADB SAFEGATE