



El Factor Humano en RPAS: Más Allá de la Tecnología

Construyendo un Sistema de Seguridad Resiliente

La Paradoja de la Automatización: El Factor Humano Sigue Siendo el Eje de la Seguridad

La tecnología RPAS avanza a una velocidad exponencial, pero una constante se mantiene:

Más del **70%** de los incidentes y accidentes aéreos tienen como causa o factor contribuyente un error humano.

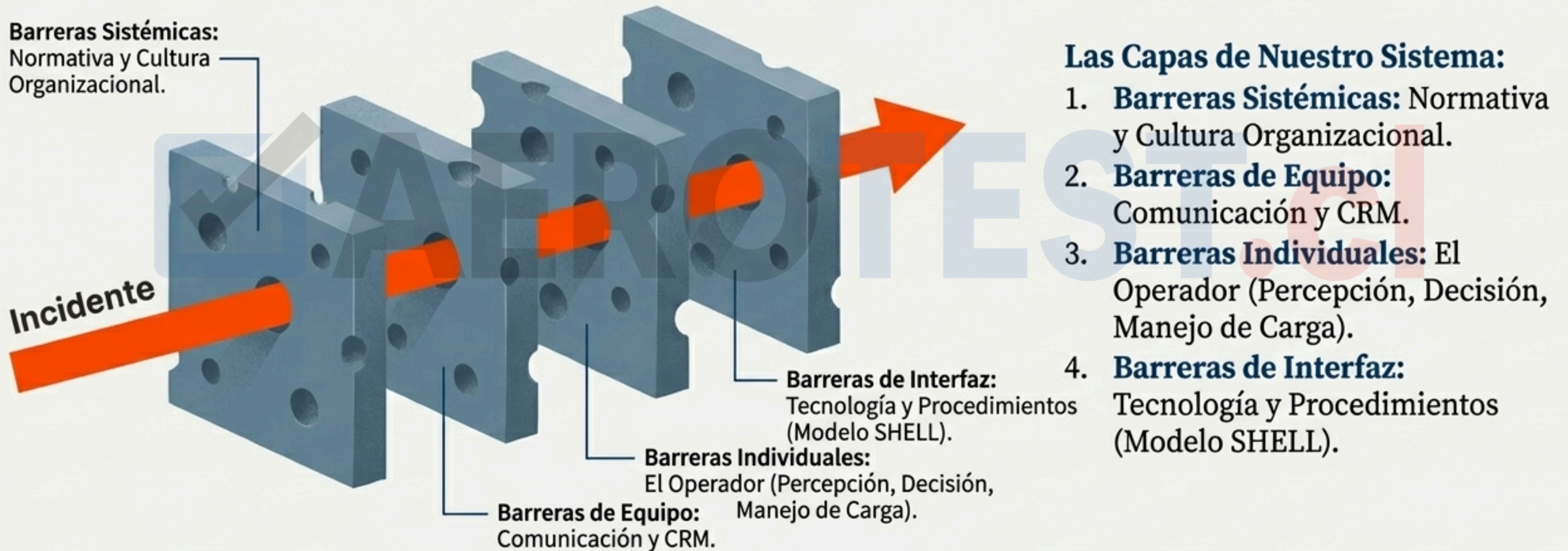
- Decisiones incorrectas bajo presión.
- Fallas de comunicación en el equipo.
- Efectos de la fatiga o el estrés.
- Distracción, complacencia o exceso de confianza.

*Los **Factores Humanos (FH)** no son un concepto teórico, sino la disciplina práctica para anticipar y mitigar estos riesgos antes de que tengan consecuencias operativas.*



El Modelo del Queso Suizo: Un Sistema de Defensas en Capas

La seguridad no depende de una sola barrera perfecta, sino de un sistema de defensas imperfectas pero redundantes. Un accidente ocurre solo cuando los “agujeros” (fallas latentes y activas) en todas las capas se alinean.



Nuestra misión es aprender a mantener estos agujeros pequeños y desalineados.

Primera Barrera: Las Reglas del Juego (Normativa DGAC Chile)

El cumplimiento normativo es la primera defensa sistémica contra el error. Define los límites operativos seguros.

Marco Regulatorio Clave



- **DAN 151:** "Regula operaciones sobre áreas pobladas (vuelos de interés público)."
- **DAN 91:** "Establece las reglas generales del aire para zonas no pobladas."

Pilares de Cumplimiento



- **Operador:** "Debe contar con Credencial de Piloto a Distancia (≥ 18 años, examen teórico DGAC aprobado)."
- **Equipo (RPA):** "Debe estar inscrito en el Registro Nacional y contar con equipamiento de seguridad (ej. paracaídas)."
- **Operación:** "Requiere seguro de responsabilidad civil y autorizaciones específicas para zonas pobladas."

Íconos Visuales



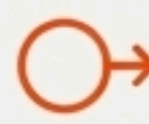
Credencial



RPA Registrado



Seguro

 **Agujero Común:** Operar fuera de los límites por desconocimiento o presión.



Tapón de Seguridad: Disciplina profesional y la lista de chequeo regulatoria pre-vuelo.

Segunda Barrera: La Cultura de Seguridad de la Organización

La cultura define “cómo hacemos las cosas aquí”. Una cultura de seguridad sólida respalda al operador que prioriza la seguridad sobre la producción.

Características de una Cultura Positiva

- ✓ **Compromiso de la Gerencia**
La seguridad es una prioridad visible en recursos y decisiones.
- ✓ **Aprendizaje Organizacional**
Los incidentes se analizan para mejorar el sistema, no para buscar culpables.
- ✓ **Empoderamiento**
El equipo tiene la autoridad y el respaldo para abortar una misión si las condiciones no son seguras.

Cultura Justa (*Just Culture*)



- Se fomenta el reporte de errores y cuasi-accidentes sin temor a represalias.
- El objetivo es aprender de los errores para fortalecer el sistema.
- Se diferencia claramente entre error humano honesto y negligencia deliberada.

El “Agujero” y el “Tapón”

➡ **Agujero Común:** Miedo a reportar un error o abortar una misión por presión del cliente o del supervisor.



Tapón de Seguridad: Liderazgo que celebra las decisiones seguras, incluso si implican retrasos.

Tercera Barrera: La Sincronía del Equipo (CRM en Operaciones Remotas)

Introducción

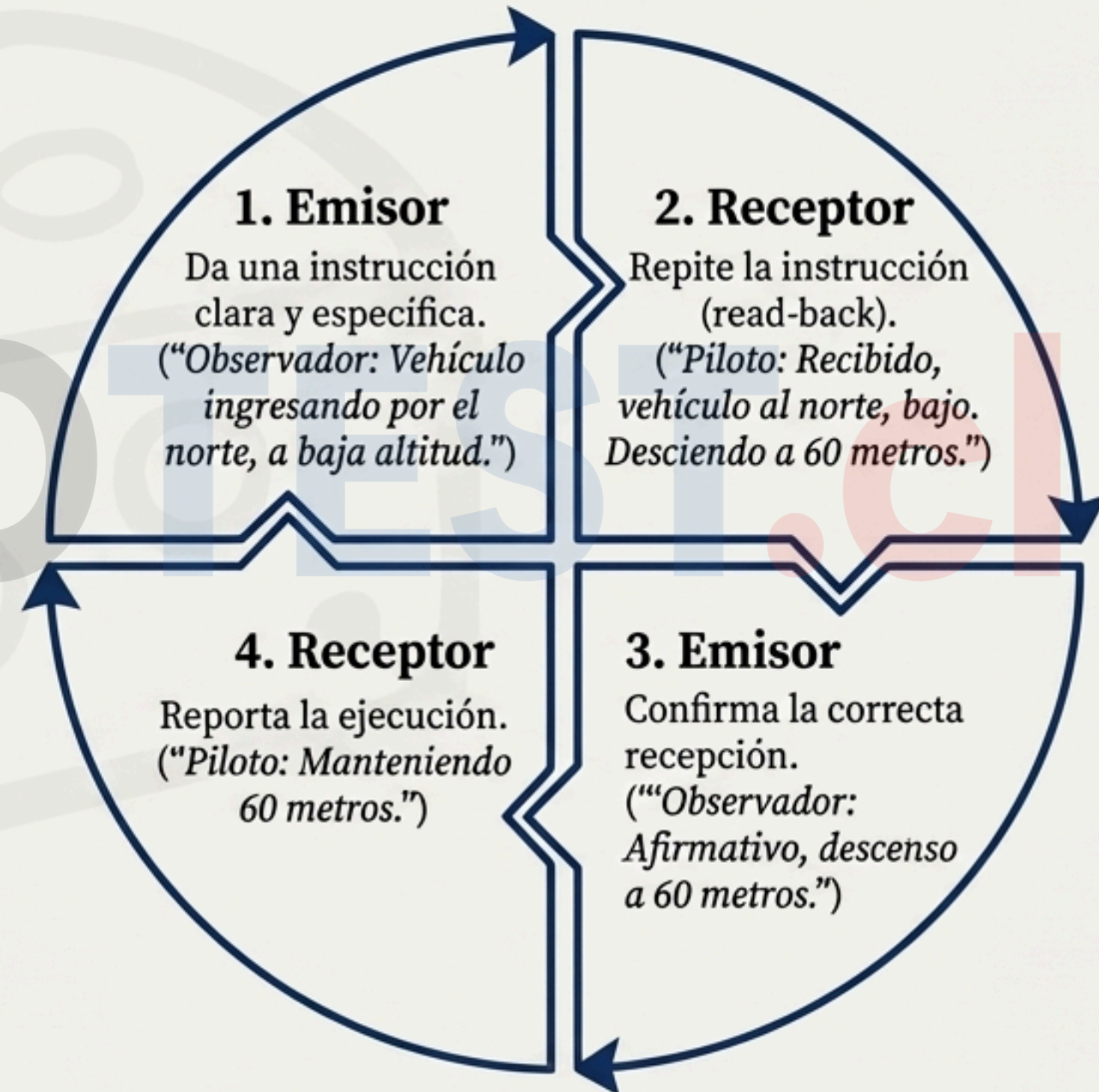
El CRM (Crew Resource Management) es el conjunto de habilidades para utilizar todos los recursos disponibles. En equipos remotos (RCRM), la comunicación clara es el pegamento que une al sistema.

El "Agujero" y el "Tapón"

🔴 ➔ **Agujero Común:** Mensajes ambiguos o no confirmados.
("Creo que hay algo por allá").

✅ **Tapón de Seguridad:** Fraseología estandarizada y comunicación de ciclo cerrado.

El Ciclo de Comunicación Cerrada



Mensajes claros, breves, específicos y confirmados.

Fortaleciendo la Barrera del Equipo: Liderazgo y Asertividad

Un liderazgo eficaz no se basa en la autoridad, sino en la colaboración. El PIC (Pilot in Command) debe fomentar un ambiente donde cada miembro del equipo se sienta responsable y empoderado para hablar.

El "Agujero" y el "Tapón"

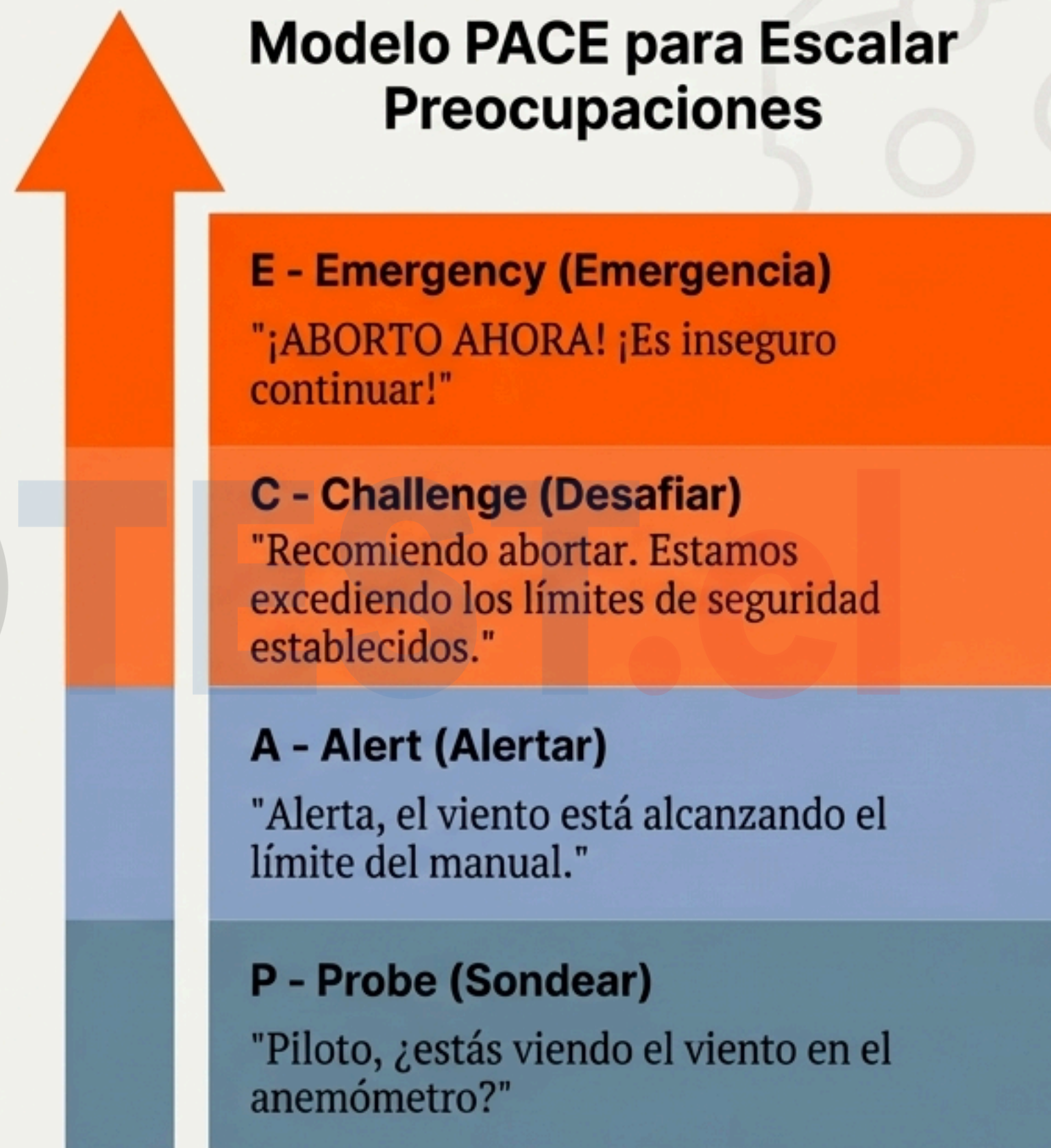


Agujero Común: Temor a contradecir a un superior o a un miembro del equipo más experimentado, incluso al detectar un riesgo.



Tapón de Seguridad: Entrenar la asertividad y usar modelos para escalar preocupaciones de manera profesional.

Modelo PACE para Escalar Preocupaciones

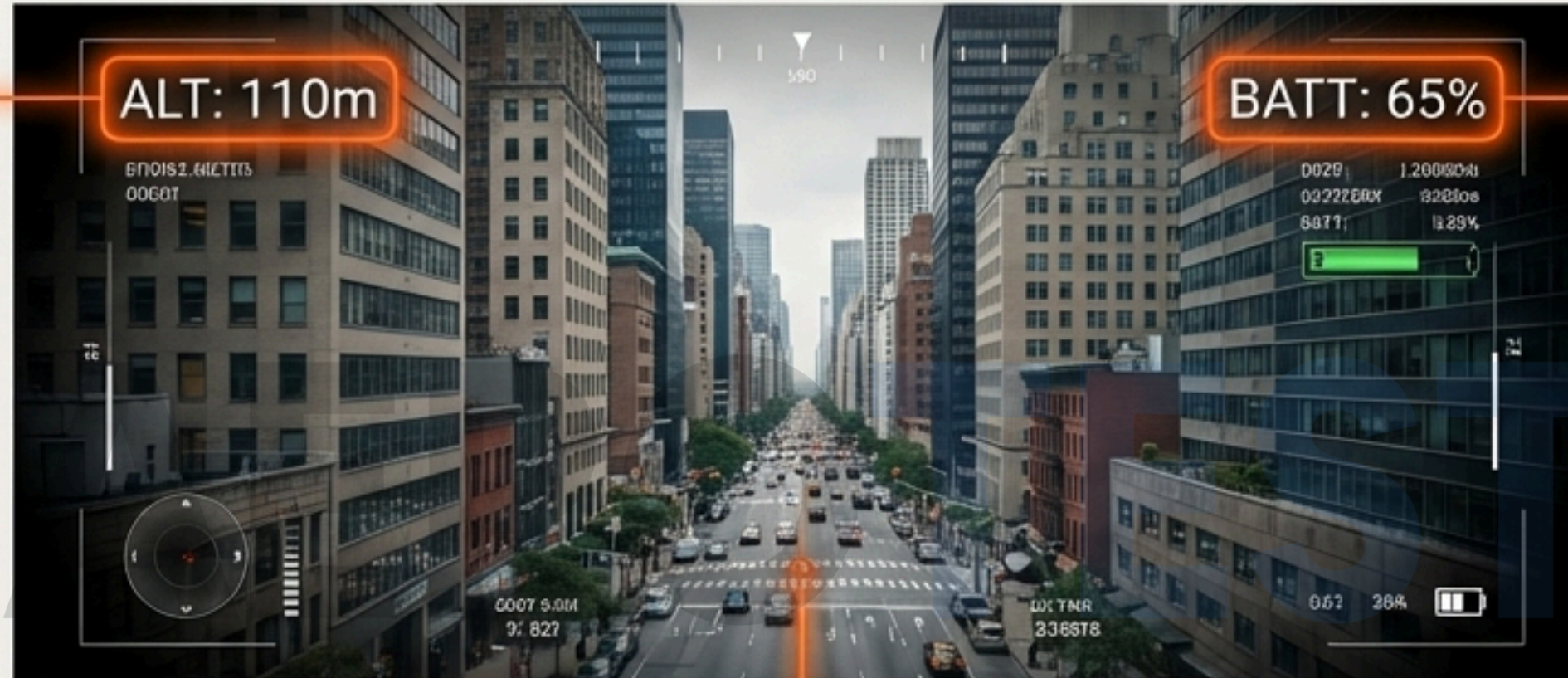


Una sugerencia de seguridad es un signo de fortaleza del equipo, no de insubordinación.

Cuarta Barrera: El Operador y su Percepción del Mundo Remoto

El piloto remoto no está a bordo. Su percepción del entorno depende enteramente de pantallas, sensores y cámaras, no de sus sentidos naturales (aceleración, vibración, sonido directo).

Confiar en los Instrumentos: La telemetría es la fuente de verdad.



Patrón de Escaneo Sistemático: Rutina constante de revisar instrumentos.



Campo Visual Limitado:
La cámara FPV crea puntos ciegos.

Limitaciones y "Agujeros" Perceptuales

- **Campo Visual Limitado:** La cámara FPV crea puntos ciegos significativos.
- **Ilusiones Visuales:** Un horizonte artificial inclinado o el lag en la transmisión de video pueden distorsionar la percepción.
- **Falta de Percepción de Profundidad:** Dificultad para estimar distancias sin apoyo de telemetría.



Tapones" de Seguridad (Contramedidas)

- **Confiar en los Instrumentos:** La telemetría (altitud, velocidad, GPS) es la fuente de verdad.
- **Patrón de Escaneo Sistemático:** Rutina constante de revisar instrumentos, posición del dron y entorno.
- **Uso de Observadores Visuales:** Un segundo par de ojos en el entorno real es una defensa crítica.

Gestionando la Energía Mental: Carga de Trabajo y Fatiga

El rendimiento humano óptimo se encuentra en un delicado equilibrio. Tanto la **sobrecarga** como la **subcarga** de trabajo son peligrosas.

Sobrecarga



Causa: Múltiples alertas, fallas del sistema, condiciones meteorológicas adversas.

Efecto: Visión de túnel, omisión de tareas críticas, decisiones apresuradas.

Subcarga



Causa: Vuelos largos, monótonos en modo automático.

Efecto: Complacencia, distracción, reducción de la vigilancia y reacción tardía ante fallas.

Herramienta de Cabina

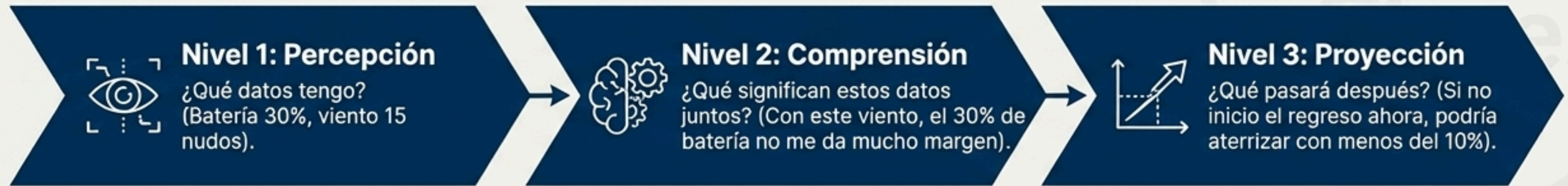
El Mantra de Priorización



Gestión de Fatiga: Políticas organizacionales de descanso, turnos razonables y auto-chequeo de síntomas son esenciales.

Manteniendo la Calma y la Claridad: Estrés y Conciencia Situacional

Definición de Conciencia Situacional (SA): No es solo ver, es entender y proyectar.



La Relación con el Estrés

El exceso de estrés (agudo o crónico) provoca visión de túnel y degrada la SA del Nivel 3 al Nivel 1. Se reacciona a los estímulos en lugar de anticiparlos.



Herramienta de Cabina: Protocolo 'SNAP' para Recuperar la SA



El Momento de la Verdad: Toma de Decisiones y Gestión del Error

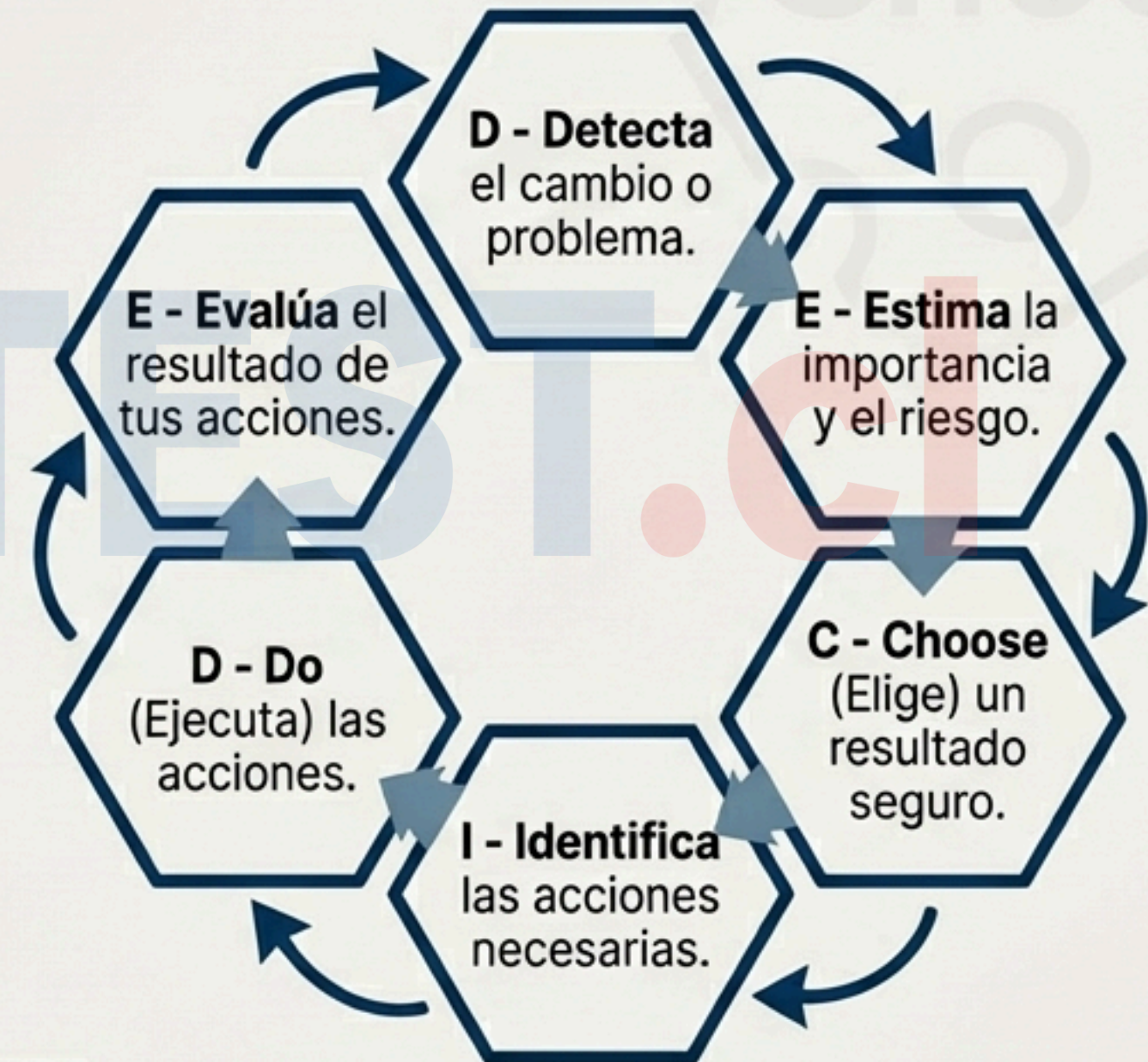
Amenazas a la Buena Decisión (Sesgos Cognitivos)

- ⚠️ **“Get-there-itis” / Continuación del Plan:** La tendencia a seguir con el plan original a pesar de las crecientes señales de peligro (“ya casi terminamos...”).
- ⚠️ **Exceso de Confianza:** “He volado aquí docenas de veces, no pasará nada”.
- ⚠️ **Presión de Tiempo:** Conduce a tomar atajos y a una evaluación incompleta de los riesgos.

El ‘Tapón’ de Seguridad

Usar modelos de decisión estructurados para contrarrestar los sesgos.

Herramienta de Cabina El Modelo DECIDE

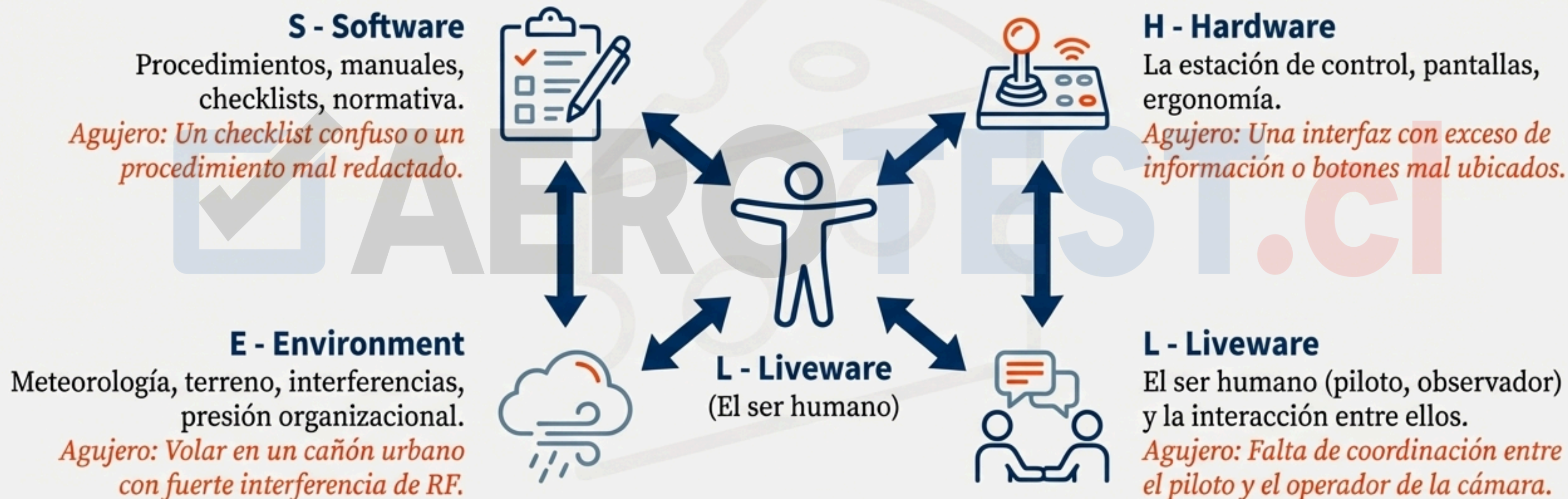


Gestión del Error

La meta no es la ausencia de errores, sino la detección temprana y la recuperación segura.

Quinta Barrera: La Interfaz con el Sistema (El Modelo SHELL)

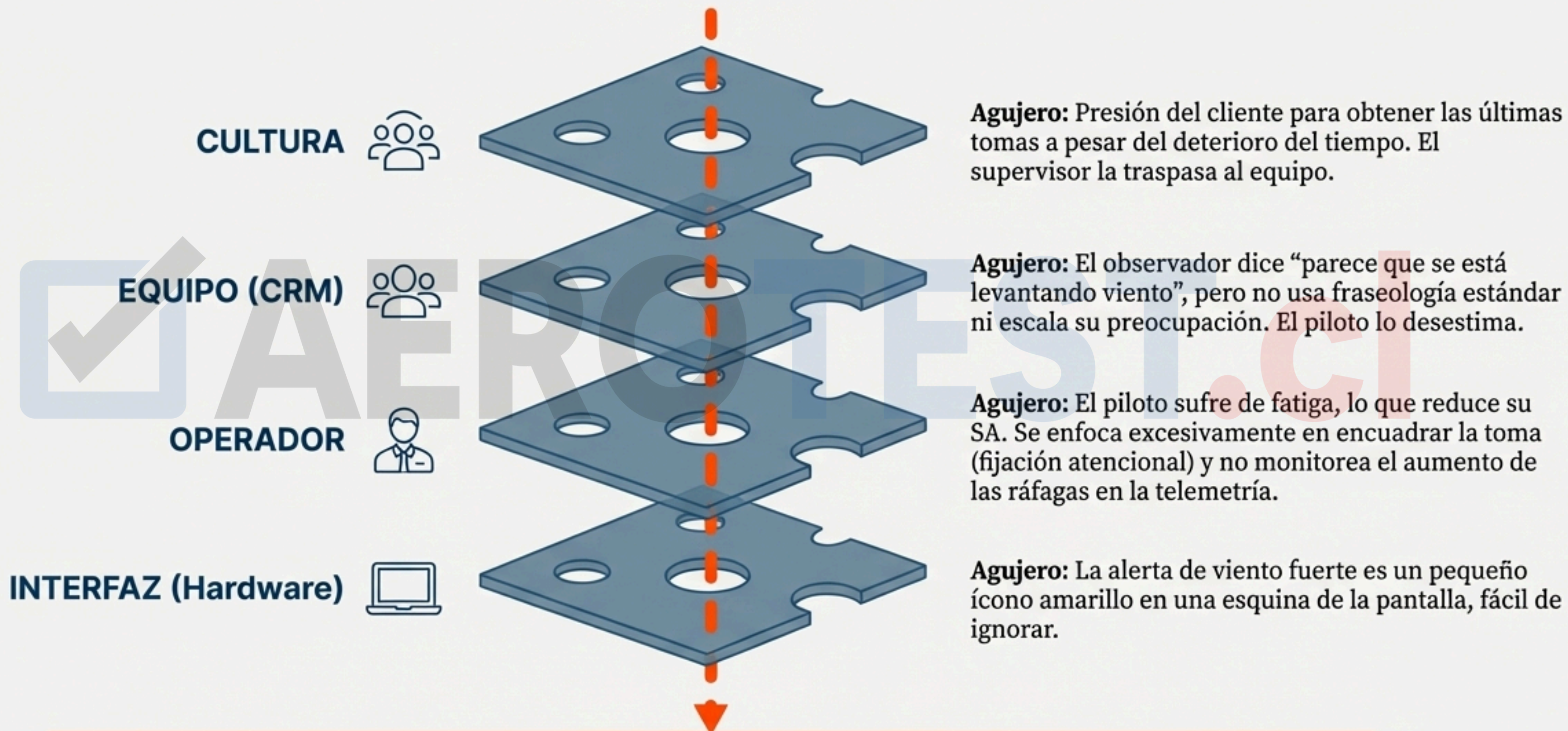
El operador no actúa en el vacío. Su desempeño está condicionado por las herramientas y el entorno. El modelo SHELL analiza estas interacciones.



Un diseño centrado en el ser humano y procedimientos claros son barreras de seguridad tan importantes como la habilidad del piloto.

Cuando las Barreras Fallan: Anatomía de un Incidente

Escenario: Un vuelo de inspección de infraestructura al final de una larga jornada.



Resultado: Una ráfaga inesperada desestabiliza el dron cerca de una torre, forzando una maniobra evasiva brusca que casi resulta en colisión. El incidente se produce por la alineación de todas las fallas.

De la Teoría a la Práctica: Su Kit de Herramientas para la Resiliencia

	Capa de Defensa	Agujero Común (Falla)	Tapón de Seguridad (Herramienta)
	SISTÉMICA (Normativa/Cultura)	Presión para tomar atajos; operar fuera de los límites.	Cultura Justa y disciplina regulatoria.
	EQUIPO (CRM)	Comunicación ambigua; temor a hablar.	Comunicación de Ciclo Cerrado y Modelo PACE.
	OPERADOR (Cognitivo)	Pérdida de SA por estrés o fijación.	Patrones de escaneo y Protocolo SNAP.
	OPERADOR (Decisión)	Sesgos cognitivos bajo presión (ej. 'get-there-itis').	Modelos estructurados como DECIDE y el mantra 'Volar-Navegar-Comunicar'.
	INTERFAZ (SHELL)	Diseño de interfaz confuso o procedimientos poco claros.	Checklists bien diseñados y un diseño de sistema centrado en el humano.

La Seguridad No es un Accidente. Es una Disciplina.

La tecnología vuela la aeronave, pero las personas garantizan la seguridad.

El objetivo de los Factores Humanos no es eliminar el error, ya que es inherente a nuestra naturaleza. El objetivo es construir sistemas resilientes, con profesionales conscientes de sus limitaciones, equipados con herramientas para mitigarlas y respaldados por una cultura que entiende que la decisión más segura es siempre la decisión correcta.

