BOLETÍN DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD Privada DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN

Facultad de Ingeniería. Edición No. VI. Año: 2026



INGENIERÍA DE RESILIENCIA EN OPERACIONES OFF-SHORE ANTE EVENTOS DISRUPTIVOS EN LA EMPRESA EHCOPEK, S.A.

Realizado por:

Ing. Rafael Argento/ rafaargento14@gmail.com
Codigo orcid: 0009-0006-3457-0345

Ing. Dulce Lugo/ dulcemlugo@gmail.com
Codigo orcid: 0009-0009-5827-8922

Ing. Vanessa Medina/ vanevictoria33@gmail.com
Codigo orcid: 0009-0000-1455-9938

Tutor Académico:

Tutor Metodológico:

INTRODUCCIÓN

En el contexto global, las operaciones marinas de alta criticidad enfrentan desafíos sin precedentes derivados de eventos disruptivos. En América Latina, y particularmente en el sector hidrocarburífero de Venezuela, las organizaciones han operado tradicionalmente bajo esquemas restrictivos que afectan su capacidad de respuesta. Específicamente en el Lago de Maracaibo, la empresa EHCOPEK, S.A. posee sistemas de gestión de seguridad diseñados fundamentalmente para mitigar riesgos conocidos mediante controles rígidos, lo cual choca con la variabilidad y el acoplamiento estrecho del entorno offshore. La problemática radica en la insuficiencia de los enfoques convencionales reactivos.

Los síntomas de esta vulnerabilidad se manifiestan en el agotamiento de los márgenes de seguridad, la ocurrencia persistente de incidentes menores y la adopción de prácticas informales. Estas fallas encuentran su causa en la normalización de la desviación y la falta de un marco de aprendizaje sistémico. De no aplicarse correctivos, las consecuencias apuntan a una erosión inminente de la continuidad del negocio y la potencial escalada de eventos menores hacia paradas catastróficas. controlar el pronóstico, la solución propuesta radica en el despliegue de la Ingeniería de Resiliencia, la cual fomenta capacidades activas de adaptación.

En consecuencia, el objetivo general consistió en desarrollar la ingeniería de resiliencia para el fortalecimiento de la capacidad de las operaciones Off-shore de la empresa EHCOPEK, S.A., frente a eventos disruptivos. Los objetivos específicos fueron: diagnosticar el estado actual, analizar el conocimiento del personal, identificar los factores de riesgo, elaborar un marco de gestión y diseñar un plan estratégico resiliente.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD: DEL ENFOQUE REACTIVO (SAFETY-I) A LA INGENIERÍA DE RESILIENCIA (SAFETY-II)

La mitigación del riesgo industrial ha experimentado una evolución metodológica. Tradicionalmente, se rigió bajo el paradigma reactivo *Safety-I*, asumiendo que los sistemas funcionan bien por defecto y que los accidentes derivan solo de roturas asiladas. No obstante, para entornos complejos, surge la Ingeniería de Resiliencia (*Safety-II*), concebida como la capacidad dinámica de un sistema para ajustar su propio funcionamiento antes, durante y después de perturbaciones.

CAPACIDADES TRANSVERSALES Y ANÁLISIS DE COMPLEJIDAD

Esta disciplina se operacionaliza mediante cuatro capacidades transversales: Respuesta (saber qué hacer ante la anomalía); Monitoreo (saber buscar indicadores de degradación); Anticipación (saber prever escenarios críticos); y aprendizaje (saber capitalizar la experiencia). Bajo este enfoque, el error humano se percibe como síntoma de fallas profundas en el diseño del trabajo, no como causa raíz. Para abordar esta complejidad, el modelo STPA (Análisis de Procesos Teóricos de Sistemas) facilita el diagnóstico de accidentes evaluando las pérdidas del control seguro y la retroalimentación defectuosa.

EVIDENCIA EMPÍRICA Y APLICABILIDAD PRÁCTICA DEL ENFOQUE RESILIENTE

Investigaciones previas respaldan este abordaje; estudios sobre cadenas de suministro y terminales petroleras demuestran que transitar hacia estrategias flexibles y probabilísticas resulta imperativo para reducir la incertidumbre logística. Asimismo, el concepto de "Mantenimiento Basado en la Resiliencia" ha probado ser más eficaz que el mantenimiento tradicional para absorber *shocks* ambientales en equipos submarinos.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarcó en un paradigma positivista cuantitativo. Se catalogó como una investigación de tipo descriptiva y proyectiva, orientada a detallar características operativas para derivar un plan de acción práctico. El diseño fue de campo, no experimental y de corte transaccional.

La población constó de un censo total de 21 trabajadores pertenecientes al circuito operativo de EHCOPEK, S.A. (Directores, Gerentes, Coordinadores, Técnicos y Operadores). Las técnicas de recolección incluyeron encuestas mediante un cuestionario estructurado (validado por expertos) y el análisis documental de reportes.

La ejecución se estructuró en seis fases:

1. Diagnóstico del entorno funcional (FODA).
2. Cuantificación del conocimiento de los pilares de la Resiliencia.
3. Priorización de eventos mediante Matriz de Riesgo.
4. Análisis de Gama de Resultados.
5. Modelado STPA de restricciones de seguridad.
6. Elaboración del Plan Estratégico mediante Matriz CAME.

RESULTADOS

El procesamiento estadístico y cualitativo de la información obtenida permitió descomponer la complejidad operativa de EHCOPEK, S.A. en hallazgos verificables. A continuación, se presenta el análisis estructurado de acuerdo con las seis fases proyectadas en la metodología.

FASE I: DIAGNÓSTICO INTEGRAL Y ESTRUCTURAL DE OPERACIONES

La evaluación inicial de la organización, sintetizada mediante una Matriz FODA, arrojó una visión clara de las capacidades instaladas frente a la volatilidad del entorno venezolano.

Cuadro 1
Foda para el diagnóstico de operaciones

Dimensión	Hallazgos Críticos
Fortalezas	Capacidad técnica in situ y cultura de reporte preventivo.
Debilidades	Ingreso de personal no familiarizado con estándares y procesos administrativos desactualizados.
Oportunidades	Reestructuración organizacional en curso y mejora mediante lecciones aprendidas.
Amenazas	Subcontratación de logística marina (lanchas) e inestabilidad del marco económico.

Fuente: Argento, Lugo, Medina (2026)

El diagnóstico estructural destaca una fortaleza innegable en la capacidad física instalada y los procesos reactivos institucionalizados. Sin embargo, las debilidades logísticas suponen un lastre sistémico.

FASE II: CUANTIFICACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN INGENIERÍA DE RESILIENCIA (RAG)

El segundo hito del estudio se enfocó en medir, mediante el instrumento estandarizado, el nivel de asimilación cognitiva de los pilares de la resiliencia en la población censada. Los resultados fueron cotejados con una escala de valoración que tipificaba a la organización en los niveles: Deficiente (<70%), Frágil (70-79%), Funcional (80-89%) y Resiliente (90-100%).

Cuadro 2
Nivel Cognitivo: Pilares de la Resiliencia

Pilar de Resiliencia	Aciertos (%)	Categoría de Madurez
Aprendizaje	95%	Resiliente
Respuesta	93%	Resiliente
Anticipación	84%	Funcional
Monitoreo	81%	Funcional

Fuente: Argento, Lugo, Medina (2026)

El análisis evidenció una importante asimetría: las jefaturas obtuvieron calificaciones sobresalientes, pero el personal operativo directo de campo evidenció deficiencias en anticipación y monitoreo, confirmando un enfoque reactivo en la base obrera.

FASE III Y IV: ESPECTRO DE SINIESTRALIDAD Y VARIABILIDAD (MATRICES DE RIESGO Y GAMA DE RESULTADOS)

Para auditar el alcance real de las interrupciones en la dinámica histórica de la empresa, se procesó la base de datos de eventos adversos. De un total de 20 eventos documentados, se evidenció una distribución dominada por Accidentes con Pérdida de Tiempo e Incidentes sin daño, pero con alto potencial dando una fuerte prevalencia de fallas en procesos operativos que drenan la productividad organizacional.

Cuadro 3
Matriz de categorización de riesgos

Evento Histórico Analizado	Probabilidad (1-5)	Consecuencia (1-5)	Impacto
Corto Circuito Bus Barra (GENEREC)	4.5	3	Extrema
Ruptura Quilla Naval	2	5	Extrema
Colisión de Remolcador	3	4	Alta
Daño a Sistemas de Maniobra (Timón)	3	3	Moderada
Aprisionamiento Físico del Personal	1	5	Moderada/Alta

Fuente: Argento, Lugo, Medina (2026)

El diagnóstico comprobó que la mayor fragilidad de EHCOPEK recae en la integridad material de los sistemas de generación eléctrica, cuyo fallo paraliza la operación integral.

Fase V: Modelado del Sistema y Acciones de Control Inseguras (Análisis STPA)

Trasladando los eventos empíricos a la teoría de control propuesta por Leveson, se aplicó la técnica STPA para reconstruir la estructura de la empresa y detectar las falencias que desencadenan las perturbaciones analizadas.

Cuadro 4
Diagnostico sistémico

Nivel Jerárquico	Acción de Control Insegura (UCA)	Falla Sistémica Identificada
Personal	Operación sin estandarización.	Tolerancia al exceso de confianza técnica.
Monitoreo	Ceguera ante fatiga térmica.	Ausencia absoluta de instrumentación predictiva.
Seguridad	Operar sin detección de incendio.	Subordinación de normas a presiones de servicio.

Fuente: Argento, Lugo, Medina (2026).

FASE VI: FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO DE DESARROLLO

Utilizando el andamiaje del STPA para definir qué UCAs debían ser mitigadas inmediatamente, y consolidando los hallazgos mediante la Matriz CAME, se elaboró un plan de acción formal. La estrategia se desplegó en ejes organizacionales apoyados por proyectos orientados al diseño tecnológico, el capital humano y la gobernanza:

Cuadro 5
Plan de desarrollo estratégico

Eje de Actuación	Proyectos Resilientes Clave
Seguridad Operacional	Instalación de sensores térmicos y vigilancia satelital.
Infraestructura	Certificación normativa obligatoria del sistema contra incendios.
Talento Humano	Simulacros y entrenamiento inmersivo en monitoreo crítico temprano.
Gobernanza	Cláusulas de fiabilidad y auditoría rigurosa para contratistas.
Mejora Continua	Creación de repositorio digital para democratizar el aprendizaje.

Fuente: Argento, Lugo, Medina (2026)

Este conjunto de proyectos arquitectónicos tiene la vocación de instaurar bucles de retroalimentación en tiempo real, reducir la desviación sociológica mediante la capacitación especializada del personal de línea, e integrar el componente de incertidumbre logística a la malla de control propia de la corporación.

Como resultado de este proceso de síntesis estratégica, se derivaron los componentes del plan (Ver Figura 6), los cuales se despliegan secuencialmente a través de los Objetivos Estratégicos estructurales (Ver Cuadro 17), los Ejes Estratégicos que direccionan la actuación organizacional (Ver Cuadro 18), los Programas específicos orientados al propósito operativo (Ver Cuadro 19) y, finalmente, la Matriz de Proyectos detallada por cada eje, responsable e indicador de gestión (Ver Cuadro 20).

En conjunto, este despliegue estructurado garantiza que la estrategia no se quede en un nivel conceptual, sino que se transforme en una hoja de ruta completamente operativa y medible. Al vincular cada proyecto con responsables e indicadores de gestión claros, EHCOPEK, S.A. no solo asegura la viabilidad técnica del plan, sino que permite que este funcione como un sistema unificado de resiliencia, donde las acciones preventivas en los activos y la preparación del personal no se manejan de forma aislada.

De este modo, se establece un mecanismo continuo de evaluación y aprendizaje institucional que protegerá la continuidad de las operaciones frente a perturbaciones inmediatas, permitiendo a la organización ajustar sus defensas a lo largo del tiempo y consolidar una capacidad de respuesta ágil ante la naturaleza cambiante y compleja del entorno Off-shore.

CONCLUSIONES

En respuesta a los objetivos del estudio, se establecieron las siguientes conclusiones:

En cuanto al diagnóstico operativo, la empresa goza de resiliencia técnica por sus talleres flotantes, pero padece de una vulnerabilidad extrínseca al depender logísticamente del transporte subcontratado, inyectando variabilidad al sistema.

Con relación al conocimiento del personal, se constató una fractura cognitiva. Mientras la gerencia posee destrezas óptimas de adaptación teórica, los operadores tácticos carecen de capacidad para anticipar y monitorear señales débiles, manteniendo a la empresa anclada en un paradigma de seguridad reactiva.

Sobre la identificación de riesgos, el escrutinio estadístico dictaminó que la mayor prioridad no reside en errores humanos asilados, sino en el deterioro y falla de componentes mecánicos y de suministro eléctrico, poseyendo el mayor potencial de parada catastrófica.

Respecto al marco de gestión STPA, se comprobó que los siniestros pasados derivaron de comandos organizacionales defectuosos, principalmente de la normalización del exceso de confianza y la omisión voluntaria de certificaciones en infraestructuras de emergencia.

Finalmente, mediante el diseño del Plan Estratégico se sentaron las bases para transitar hacia la ingeniería de resiliencia activa. La integración de tecnologías de telemetría predictiva, junto con un reentrenamiento cognitivo del recurso humano, dotará a la organización de los escudos necesarios para absorber el impacto de eventos disruptivos

marítimos sin comprometer su viabilidad operativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calderón Pacheco, C. A., & Arenis Quiroga, G. A. (2022). Identificación de los aspectos fundamentales en medio ambiente, seguridad y gestión durante las operaciones offshore. Universidad Industrial de Santander (UIS).

Grant, E. (2018). Application of Resilience Engineering and Safety II mindset. University of Southampton.

Woods, D. D., & Hollnagel, E. (2020). Resilience engineering in offshore wind operations.

Usman, A. Y. (2017). A Resilience Modelling Approach for Oil Terminal Operations Under High Uncertainties. Liverpool John Moores University.

Usman, A. Y. (2017). A resilience modelling approach for oil terminal operations under high uncertainties (Dissertation).

Leveson, N. (2012). STAMP Based Process Analysis (STPA) and Resilience Engineering