

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILISTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

THE USE OF THE ANALYSIS OF THE SECURITY OF ORGANIZATIONAL RISKS IN MANGING

Gabriel Montesino Figueroa¹  <https://orcid.org/0009-0003-6487-1198>

Jesús Salomón Llanes¹  <https://orcid.org/0000-0003-0273-0990>

Martín Irían Barrios Rivera¹  <https://orcid.org/0000-0002-9152-3709>

Iván Pérez Iñiguez¹  <https://orcid.org/0009-0000-9225-6449>

Mercedes Hernández Algezabal¹  <https://orcid.org/0009-0003-4496-349X>

Maritza Mengana López¹  <https://orcid.org/0000-0002-8510-9974>

¹. Escuela Superior de Cuadros del Estado y del Gobierno (ESCEG), La Habana, Cuba

✉ gabriel@esceg.cu, jsalomon@esceg.cu, martin@esceg.cu, ivan@esceg.cu, mhernandez@esceg.cu, maritza@esceg.cu

*Autor para dirigir correspondencia: gabriel@esceg.cu

Clasificación JEL: H11, H75, O32

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14740092>

Recibido: 11/10/2024

Aceptado: 21/12/2024

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

Resumen

La necesidad de las organizaciones de controlar los riesgos de una manera sistemática y completa, ha dado origen a la gestión de riesgos, proceso estructurado que busca identificar, evaluar y controlar los mismos. El trabajo tiene como objetivo utilizar la metodología de Análisis probabilístico de Seguridad (APS), en la valoración de los riesgos asociados al proceso de ciencia, tecnología e innovación (CTI) de una institución de educación superior. La aplicación del APS permite identificar los riesgos del proceso, efectuar la clasificación y cuantificación de los fallos, elaborar el árbol de fallo y realizar las evaluaciones cuantitativas y cualitativas, correspondientes al proceso, constituyendo una primera aproximación al empleo de estas herramientas en la gestión de riesgos no tecnológicos, que ocurren en los sistemas socio técnico.

Palabras clave: riesgos, gestión de riesgos, fallos, árbol de fallos, técnicas cualitativas, semicuantitativas y cuantitativas utilizadas para la gestión de riesgos.

Abstract

The need for organizations to control risks in a systematic and comprehensive manner has given rise to risk management, a structured process that seeks to identify, evaluate and control them. The aim of this work is to use the Probabilistic Security Analysis (PSA) methodology in the assessment of risks associated with the science, technology and innovation (STI) process of a higher education institution. The application of PSA allows identifying process risks, classifying and quantifying failures, developing the fault tree and performing quantitative and qualitative evaluations corresponding to the process, constituting a first approximation to the use of these tools in the management of non-technological risks that occur in socio-technical system

Keywords: risks, risk management, fails, fail tree, evaluative techniques, semi quantitative and qualitative for risks management.

Introducción

Los riesgos siempre han existido, la palabra desde sus orígenes se relaciona con peligro, con hechos adversos que pueden ocurrir y que tienen el potencial para causar un incidente no deseado. La Real Academia de la Lengua Española define el riesgo como contingencia o proximidad de un daño, la posible ocurrencia de un suceso que puede traer alguna afectación

Según la NC ISO/IEC Guía 51: 2000, el riesgo, es la combinación de la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de un suceso y de su consecuencia. Evento o condición que, si ocurre, tiene un efecto positivo o negativo sobre al menos un objetivo del proyecto.¹ La Norma Técnica ISO 31000 del 2018, lo define como el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos, lo relaciona directamente con la indecisión e indica, que cualquier situación cuyo resultado sea incierto y afecte los objetivos previamente establecidos por la organización, se considera un riesgo.²

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

La resolución 60 de la Contraloría General de la República de Cuba del 2011, define el riesgo como la incertidumbre de que ocurra un acontecimiento que pudiera afectar o beneficiar el logro de los objetivos y metas de la organización.³ Por otro lado, el riesgo es definido como el suceso donde las consecuencias del accidente se expresan en términos de estado de avería a la tecnología (medios de transporte, instalación industrial o componentes de la misma), directamente relacionados con el daño potencial a las personas y al entorno, pero sin abarcar las consecuencias sobre estos últimos, la anterior definición se refiere fundamentalmente a los riesgos tecnológicos.^{4,5}

Se plantea que el riesgo es la combinación de la probabilidad de un suceso y su consecuencia.⁶ Además, se considera como la probabilidad que presenta un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un período de tiempo definido.⁷ En este orden, se plantea que el riesgo es resultado de la combinación de eventos potenciales y sus consecuencias pudiendo estar determinadas por un problema, fallo, accidente, catástrofe natural, fraude o error humano.⁸

También se precisa al riesgo, como una característica propia de todas las operaciones desarrolladas en cualquier compañía, y puede definirse como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un daño y la severidad del mismo. Se puntualiza, como la posibilidad de que ocurra un efecto no deseado en los procesos de la organización, materializado por situaciones, fenómenos, decisiones, resultados sujetos a incertidumbre y que traen consigo un impacto negativo para el desempeño de la organización, su efecto final es una pérdida económica o financiera.⁹

Se concluye que existe una amplia diversidad de definiciones de riesgo, la mayoría combina la posibilidad o probabilidad que se produzca un evento no deseado, con las consecuencias que provocaría su ocurrencia, donde la probabilidad tiene un carácter aleatorio, influenciado por un conjunto de amenazas o causas que dan lugar al suceso, cuyas consecuencias dependerían del estado de mayor o menor propensión o indefensión ante los efectos del evento, esta fase se identifica como vulnerabilidad.

En este orden de ideas, se puede plantear que el riesgo abarca tanto las amenazas como las oportunidades e impacta en todos los sectores de la sociedad, la economía y la política. Donde los sucesos no deseados que afectan a una organización, pueden ser operacionales, financieros, tecnológicos y estratégicos. La necesidad de las organizaciones de controlar los riesgos de una manera sistemática y completa, ha dado origen a la gestión de riesgos y las normas inherentes a este propósito. Se plantea que la mayor parte de las amenazas rara vez se miden o controlan, siendo entonces necesario gestionar los riesgos a través de un sistema.¹⁰⁻¹²

Se considera la gestión de riesgos, como el proceso de identificar, evaluar y minimizar el impacto de estos. Es una manera en que las organizaciones identifiquen las amenazas y peligros potenciales y tomen medidas para eliminar o reducir las posibilidades de que ocurran. Por tanto, gestionar el riesgo permite aprovechar las oportunidades y neutralizar las amenazas a las que estas se enfrentan.¹³

Los pasos básicos que sustentan su gestión son la identificación, el análisis, la evaluación y el tratamiento de los riesgos (plan de riesgos), que se apoyan tanto en el análisis del contexto (externo e interno) y en la definición de parámetros para el manejo de los riesgos como en el desarrollo de acciones de comunicación, consulta, monitoreo y revisión.¹⁴ Por otro lado, tener conocimientos de riesgos no significa conocer de la gestión de riesgos, estas son aquellas actividades coherentes que hacen las

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

organizaciones para identificar, analizar, evaluar los riesgos y clasificarlos para actuar sobre ellos con el fin de mitigar sus consecuencias.

Los primeros esfuerzos para estandarizar la gestión de los riesgos en las organizaciones, comienzan en el año 1999, cuando los gobiernos de Australia y Neozelandia, emiten la norma de Administración de Riesgos (AS/NZS 4360, 1999) que se convirtieron junto a las de Canadá (CAN/CSA Q850-97) en únicas para su tiempo. Las normas antes mencionadas fueron el producto de las mejores prácticas de muchos años en otros sectores, ejemplo la industria nuclear y de alto riesgo (Normas INSA).^{15 16} Dentro de este orden, en el año 2010 la Organización Internacional de Normalización (ISO) emitió las primeras normas de riesgos organizacionales (ISO.31000) relacionadas con los principios y directrices genéricos para la gestión de riesgos. La Dirección de Normalización de la Oficina Nacional de Normalización, publica la NC ISO 31000: 2015, donde se establecen una serie de principios a satisfacer, para una eficaz gestión del riesgo.

Debe señalarse, que la gestión de riesgos constituye una práctica que se ha extendido a todos los sectores de la sociedad y la economía, de hecho, se realizan ante el impacto de los fenómenos naturales y ambientales, a los procesos tecnológicos, en el desempeño de las organizaciones, las finanzas, los accidentes laborales, las tecnologías de la información y las comunicaciones, la ciberseguridad, durante la ejecución de proyectos y ante la ocurrencia de los problemas sociales, entre otros.

Podríamos resumir, que la gestión de riesgos es un proceso estructurado que busca identificar, evaluar y controlar los riesgos que pueden afectar a una organización. Su objetivo principal es minimizar el impacto negativo de los riesgos en los procesos y resultados de las organizaciones, su uso permite tomar decisiones acertadas, informadas y resilientes.

El artículo tiene el objetivo utilizar la metodología de Análisis Probabilístico de Seguridad (APS), en la valoración de los riesgos asociados al proceso de ciencia, tecnología e innovación (CTI) de una institución de educación superior.

Método del análisis probabilístico de seguridad en la gestión de riesgos

Para la gestión de riesgos organizacionales, existen diversos métodos que permiten identificar, analizar, evaluar y mitigar las amenazas. Estos están respaldados por diferentes técnicas cualitativas, semicuantitativas y cuantitativas. El uso de las técnicas cualitativas, están condicionadas por la etapa de vida de los proyectos y procesos industriales en estudio; la complejidad del proceso, equipo, componentes o factor humano a estudiar y en función del grupo que realizará el trabajo. La medición del nivel de los riesgos, con técnicas cualitativas, es la más popular, la más sencilla y la que más se adecua al análisis de los riesgos y es la más utilizada.¹⁷

Las evaluaciones cuantitativas son menos comunes, pero hay evaluaciones (por ejemplos de proyectos) que dan la medida de lo compleja que puede ser una ejecución. Para estas mediciones se tienen en cuenta los grados de impactos (severidad) que puede tener un evento peligroso, así como su probabilidad de ocurrencia. En ocasiones se tienen en cuenta los niveles de exposición y la velocidad con que el evento impacta.¹⁸

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

Sobre el empleo de las técnicas de apoyo, la NC-ISO/IEC 31010 recomienda aplicarlas de acuerdo a la etapa que se desarrolle el estudio. Además, plantea que su uso depende de los objetivos del trabajo; las necesidades de las personas que han de tomar decisiones; el tipo y diversidad de riesgos que se analizan; la posible magnitud de las consecuencias; la disponibilidad de información y de datos; las normas vigentes; el grado de conocimientos técnicos, y de recursos humanos y de otros tipos que se necesitan y todos los requisitos contractuales y reglamentarios exigidos.¹⁹ Esta norma propone 42 técnicas de apoyo, utilizables durante el proceso de valoración de los riesgos, donde a partir de un detallado análisis de las fortalezas, debilidades, condiciones y características del estudio pueden ser seleccionadas, aunque no son de obligatorio uso, pudiéndose aplicar otras herramientas. Un ejemplo de aplicabilidad se muestra en la tabla A.1 de la norma, donde se propone un grupo de las herramientas a utilizar durante la apreciación de los riesgos.¹⁹

Debe señalarse, que el uso de estas técnicas de apoyo y metodologías no son obligatorias, por no ser esta una norma certificable y su contenido no incluir requisitos obligatorios para instaurar en ningún sistema de gestión de riesgos. Además, los riesgos no se presentan como el resultado de un suceso único, sino como la combinación de varios eventos que comprenden varias clasificaciones de fallos, indisponibilidades y errores humanos, por lo que no se recomienda el uso específico de una única técnica de apoyo, planteando la posibilidad de utilizar otras técnicas y metodologías de eficacia comprobada.

Ejemplo de metodologías a utilizar durante la gestión de riesgos son los Análisis probabilísticos de Seguridad (APS). Método de análisis de riesgo, que incluye la combinación de técnicas de análisis inductivas y deductivas, que permite dar respuesta a las tres siguientes preguntas: ¿qué puede ocurrir? ¿Con qué frecuencia puede ocurrir? ¿Cuáles pueden ser sus consecuencias?

Los APS han constituido un privilegio de los países desarrollados, por el elevado costo económico de las tecnologías de cálculo empleadas y su uso en industrias de excelencia.^{4,5} En Cuba, los estudios de APS datan del año 1986, con la realización de análisis de riesgos para la Central Electronuclear (CEN) de Juraguál, en Cienfuegos.²⁰ A partir de esa fecha se ha dado un salto cualitativo en la aplicación de estos estudios, con el desarrollo de varias versiones, inicialmente el código ANCON y posteriormente el ARCON (Análisis de Riesgos y Confiabilidad), versiones que han ampliado las opciones de análisis para la resolución de tareas de tipo docente e industrial, con complejidad creciente, que permitieron el posterior desarrollo de los monitores de riesgo.²¹

La metodología de APS tiene como atributo esencial su enfoque sistémico, capaz de concatenar los diversos factores socios-técnicos, tecnológicos y humanos, que al combinarse son capaces de producir el suceso tope. El APS, combina los análisis cualitativos y cuantitativos, permite categorizar los sucesos contribuyentes al riesgo por orden de importancia, lo cual, entre otras aplicaciones posibles, permitiría establecer políticas basadas en criterios de riesgo.²²

Estudios realizados sobre el estado actual de aplicación de la metodología de APS, para el análisis de riesgo en industrias peligrosas y sus aplicaciones en diferentes sectores, se ha constado las potencialidades siguientes:²³

- La utilización de las técnicas de APS, permiten evaluar de forma sistemática el diseño y funcionamiento de los procedimientos, procesos y organizaciones, con vista a garantizar que todos

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

los peligros que puedan provocar un suceso no deseado (accidente) sean evaluados adecuadamente, siendo identificadas las medidas de seguridad correspondiente.

- Los APS, estudian los factores que determinan la aparición de los fallos, su contribución a la indisponibilidad, confiabilidad y el impacto final en la disposición de los procedimientos, procesos y sistemas de la organización.
- La metodología del APS, combina diferentes herramientas para realizar una investigación sistemática y estructurada de los diferentes escenarios de riesgos que pueden conducir a secuencias accidentales, a partir de los fallos de equipos o errores humanos.
- Esta metodología combina, además, la aplicación de los árboles de sucesos y los árboles de fallos, como herramienta de modelación. A partir de la evaluación de estos modelos desarrollados, se describe la evolución de los sucesos iniciadores y la actuación de los sistemas involucrados en su liquidación.
- La existencia de un conjunto de herramientas que permiten identificar con alto grado de confianza, las debilidades que están presentes en el funcionamiento de las organizaciones. Esta fortaleza incluye las herramientas asociadas con los estudios de importancia, los estudios de sensibilidad, los estudios de indisponibilidad instantánea y otros de forma integrada.
- Permite la posibilidad de establecer metas probabilistas. Para medir el cumplimiento de los objetivos trazados.
- Se pueden crear bases de datos adecuadamente correlacionados, que permitan realizar los estudios de confiabilidad por grupos de procesos y evaluar la efectividad del sistema.
- Desarrollo de planes de capacitación basados en los estudios probabilísticos.
- Se logra un sistema de garantía de calidad para el procesamiento estadístico de los datos necesarios para la implementación de los estudios de confiabilidad.
- La existencia en Cuba de sistemas dinámicos, para el monitoreo de la confiabilidad y el riesgo de sistemas complejos y medios, en diferentes ámbitos de aplicación con know-how propio, a través de la creación y desarrollo de Monitores de Riesgo (MR) en diferentes estadios de desarrollo, iniciándose el desarrollo de un primer MR off-line para el sector naval.

Entre las principales limitaciones se encuentran su complejidad, costo y la necesidad de estar respaldados por programas informáticos para resolver árboles de fallo y eventos, con gran número de componentes.

El presente estudio se concentra en la etapa de apreciación de los riesgos (valoración del riesgo), la cual constituye una parte importante del proceso de gestión, donde se realiza la identificación, el análisis y la evaluación de los principales riesgos que afectan el desempeño y funcionamiento de la organización. Se aplica la metodología de análisis probabilísticos de seguridad, con las distintas etapas o fases que integran un estudio de estas características, ajustándola a la etapa de valoración del riesgo planteado en las normas.^{4,5,21}

La metodología aplicada puede ser utilizada en sistemas, subsistemas, equipos, procedimientos o componentes, que tengan una cierta significación en relación a la confiabilidad, disponibilidad, seguridad y riesgos asociados, al objeto en estudio. En nuestro caso, se utiliza en el proceso de ciencia, tecnología de una institución de nivel superior.

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

En el trabajo se utiliza el código ARCON, software para estudios de confiabilidad y seguridad en plantas industriales y otras instalaciones de alto riesgo, que permite realizar los principales análisis cualitativos y cuantitativos del APS.²²

Entre las características más relevantes de este sistema se encuentra su capacidad de resolver árboles de fallos muy complejos en computadoras personales o PC. El software conjuga el potencial para la realización de evaluaciones de confiabilidad y riesgo, con una amplia gama de opciones analíticas y gráficas en un ambiente totalmente interactivo.

El software ARCON, diseñado para el análisis de árboles de fallas (AF) y árboles de eventos, consta de un poderoso generador de conjuntos mínimos (CM) que representan las posibles combinaciones de falla de componentes que pueden conducir al suceso tope del sistema, además de un amplio espectro de opciones de cálculo numérico dispuestas, entre otras funciones, para cuantificar la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas, realizar estudios de importancia de componentes, priorización y sensibilidad, contando con amplias facilidades gráficas que facilitan el análisis y la documentación de los resultados.

El programa por sus características, reúne las potencialidades para su empleo en la gestión de los riesgos no tecnológicos, que ocurren en los sistemas socio técnicos, que constituyen la combinación sinérgica de elementos humanos, máquinas, ambientes y procesos organizacionales que interactúan para alcanzar objetivos comunes.

Resultados y Discusión

La **Figura 1** muestra los principales pasos de la metodología de APS, ajustada para la valoración (apreciación) de los riesgos del proceso de ciencia, tecnología e innovación.

Entre las características más relevantes de esta metodología se destacan: la combinación de los análisis cualitativos y cuantitativos, con el desarrollo de árboles de fallas y árboles de eventos, la determinación de conjuntos mínimos (CM), las opciones de cálculo numérico para cuantificar la confiabilidad y disponibilidad de los procesos, la realización de estudios de importancia, priorización y sensibilidad, contando con amplias facilidades gráficas que facilitan el análisis y la documentación de los resultados.

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

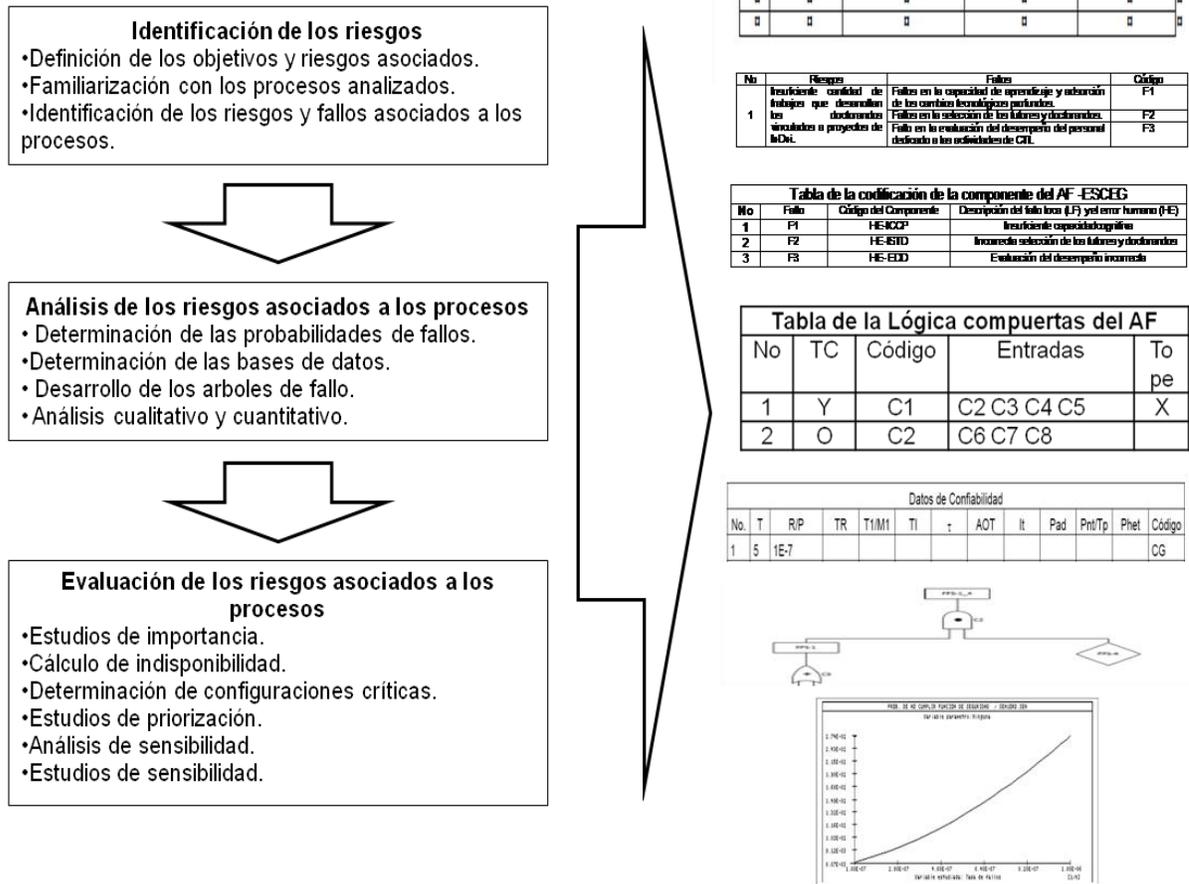


Figura 1. Pasos del APS organizacional.
Fuente: elaboración propia

Los resultados de la identificación de los riesgos se presentan en la **Tabla 1**; el proceso seleccionado (CTI), se desarrolla en correspondencia con la proyección estratégica del MES y la institución de educación superior (IES), para el período 2022-2026 y de acuerdo a la planificación anual.

Tabla 1. Riesgos asociados al proceso de ciencia, tecnología e innovación.

Proceso	Objetivos	Indicadores	Riesgos	Suceso Tope
Ciencia, tecnología e innovación	Fortalecer el vínculo de la educación superior con las empresas de producción de bienes y servicios, extendiendo	Porcentaje de Proyectos de I + D + i que tributan a la formación doctoral	Insuficiente cantidad de trabajos que desarrollan los doctorandos vinculados a proyectos de I+D+i.	Fallo del proceso de ciencia, tecnología e innovación
		Cantidad de proyectos de I+D+i	Insuficiente cantidad de proyectos de I+D+i	

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

formas organizativas que incentiven la aplicación de los resultados de la ciencia, la tecnología y la innovación, con impacto en los sectores estratégicos para el desarrollo	en sectores estratégicos	vinculados a sectores estratégicos.
	Porcentaje de profesores e investigadores con tareas en proyectos de I+D+i en sectores estratégicos.	Insuficiente cantidad de profesores que participan en tareas de proyectos de I+D+i en sectores estratégicos.
Impactar al desarrollo científico y tecnológico, como pilar del sistema de gestión de gobierno basado en la ciencia y la innovación, la aplicación de los resultados y la satisfacción de las necesidades de capacitación, posgrado y formación doctoral de profesionales, en correspondencia con las demandas del desarrollo sostenible local, territorial y del país.	Cantidad de publicaciones en coautoría con el sector productivo y de los servicios.	Insuficiente producción de artículos científicos en coautoría con el sector productivo y de los servicios.
	Porcentaje de proyectos asociados a Programas Nacionales (PAPN)	Insuficiente cantidad de proyectos asociados a programas nacionales (PAPN).
	Porcentaje de Proyectos No Asociados a Programas (PNAP) con demanda externa	Insuficiente cantidad de proyectos no asociados a programas (PNAP) con demanda externa.
	Proyectos de desarrollo local (económicos, institucionales, ambientales, socioculturales y de I+D+i)	Insuficiente cantidad de proyectos de desarrollo local (económicos, institucionales, ambientales, socioculturales y de I+D+i).
	Porcentaje de profesores e investigadores con tareas en proyectos de I+D+i en Sectores Estratégicos.	Insuficiente cantidad de profesores que participan en tareas de proyectos de I+D+i en sectores estratégicos.
	Cantidad de publicaciones en Web de la Ciencia (ScienceCitationIndex Expanded (SCIE), Social SciencesCitationIndex	Insuficiente cantidad de publicaciones en ScienceCitationIndex Expanded (SCIE), Social SciencesCitationIndex (SSCI) y Scopus por

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

		x (SSCI) y Scopus por 100 profesores e investigadores equivalente	100 profesores e investigadores equivalentes.
		Cantidad de publicaciones en bases de datos especializadas (reconocidas por RICYT) y Scielo por 100 profesores e investigadores equivalentes.	Insuficiente cantidad de publicaciones en bases de datos especializadas (reconocidas por RICYT) y Scielo por 100 profesores e investigadores equivalentes.
		Cantidad de publicaciones en coautoría con el sector productivo y de los servicios	Insuficiente producción de artículos científicos en coautoría con el sector productivo y de los servicios.
		Porcentaje de revistas que mejoran su visibilidad (según índice h5 de google académico y producción total de artículos)	No se cumple el porcentaje de revistas que mejoran su visibilidad (según índice h5 de google académico).
		Cantidad de premios de la ACC	Insuficiente cantidad de premios y reconocimientos.
	Potenciar la relación universidad-sociedad, en correspondencia con las estrategias de desarrollo territorial y local, con énfasis en la transformación social, política y económica de las comunidades.	Proyectos de desarrollo local (económicos, institucionales, ambientales, socioculturales y de I+D+i).	Insuficiente cantidad de proyectos de desarrollo local (económicos, institucionales, ambientales, socioculturales y de I+D+i).
	Asegurar la calidad de la	Porcentaje de Proyectos Asociados	Insuficiente cantidad de proyectos asociados

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

educación superior cubana, avalada por la acreditación de sus programas e instituciones con categoría superior.	a Programas Nacionales (PAPN).	a programas nacionales (PAPN).
	Por ciento de Proyectos No Asociados a Programas (PNAP) con demanda externa.	Insuficiente cantidad de proyectos no asociados a programas (PNAP) con demanda externa.
	Cantidad de publicaciones en Web de la Ciencia (ScienceCitationIndex Expanded (SCIE), Social SciencesCitationIndex (SSCI)) y Scopus por 100 profesores e investigadores equivalentes.	Insuficiente cantidad de publicaciones en ScienceCitationIndex Expanded (SCIE), Social SciencesCitationIndex (SSCI) y Scopus por 100 profesores e investigadores equivalentes.
	Cantidad de publicaciones en bases de datos especializadas (reconocidas por RICYT) y Scielo por 100 profesores e investigadores equivalentes.	Insuficiente cantidad de publicaciones en bases de datos especializadas (reconocidas por RICYT) y Scielo por 100 profesores e investigadores equivalentes.
	Cantidad de premios de la ACC.	Insuficiente cantidad de premios y reconocimientos.

Fuente: elaboración propia

Se identificaron 11 riesgos asociados a los indicadores del proceso, se clasifican en legales, operativos, tecnológicos e inherentes. Estos se repiten según los indicadores en el cumplimiento de los objetivos del proceso.

La gestión efectiva de riesgos y particularmente cuando se desarrollan árboles de fallo, implica determinar el suceso tope, que representa el evento más crítico cuya probabilidad se evalúa mediante las combinaciones de los fallos asociados al mismo. Se identifican un total de 16 fallos, que por sus características son: paramétricos, dependientes, graduales, temporales y revelables. Para poder desarrollar el AF se realiza su codificación según la **Tabla 2**.

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

Tabla 2. Codificación de los componentes del AF –ESCEG.

No	Fallo	Código del Componente	Descripción del fallo loca (LF) y el error humano (HE)	Tasa de fallo
1	F1	HE-ICCP	Fallos en la capacidad de aprendizaje y adsorción de los cambios tecnológicos profundos.	$8 \cdot 10^{-5}$
2	F2	HE-ISTD	Fallos en la selección de los tutores y doctorandos.	$7 \cdot 10^{-5}$
3	F3	HE- EDD	Fallo en la evaluación del desempeño del personal dedicado a las actividades de CTI.	$6 \cdot 10^{-5}$
4	F4	HE-IEI	Fallos en los incentivos estimulan la productividad científica del personal.	$8 \cdot 10^{-5}$
5	F5	LF-IIT	Fallos en las capacidades tecnológicas	$5 \cdot 10^{-5}$
6	F6	HE-CICT	Fallos ocasionados con las costumbres y hábitos inadecuados.	$5 \cdot 10^{-5}$
7	F7	LF-COMI	Fallos en la comunicación de la actividad de CTI.	$4 \cdot 10^{-5}$
8	F8	LF-VT	Fallos en la vigilancia e información científica tecnológica.	$3 \cdot 10^{-5}$
9	F9	LF-SRN	Fallos en el conocimiento de las leyes normas y regulaciones formales y obligatorias.	$2 \cdot 10^{-5}$
10	F10	LF-SIPT	Fallos en la selección del personal dedicado a las actividades de CTI	$1 \cdot 10^{-5}$
11	F11	LF-IPA	Fallo en la selección de las prioridades de CTI.	$2 \cdot 10^{-5}$
12	F12	LF-FAI	Fallos en el financiamiento de las actividades de CTI.	$3 \cdot 10^{-5}$
13	F13	LF-GDP	Fallos en la gestión de los proyectos de CTI.	$3 \cdot 10^{-5}$
14	F14	LF-CEA	Fallos relacionados con el contexto donde se realizan las actividades de CTI	$3 \cdot 10^{-5}$
15	F15	LF-LCA	Fallos de liderazgo en la dirección de las actividades de CTI.	$4 \cdot 10^{-5}$
16	F16	LF-BURO	Fallos ocasionados por los procesos burocráticos	$2 \cdot 10^{-5}$

Fuente: elaboración propia

La selección, incluye fallos relacionados con: la capacidad de los agentes individuales y colectivos para desarrollar investigaciones; la facilidad de adaptarse y asumir estas; el conocimiento de las regulaciones y normas vigentes; los mecanismos de selección de investigadores y prioridades de ciencia, tecnología e innovación; la cultura de trabajo; la estimulación de los méritos de los agentes; la existencia o mal funcionamiento de infraestructura científica y tecnológica; la utilidad de los resultados para los sistemas o procesos de los servicios y la producción; problemas relacionados con la investigación sobre los que no se puede influir de forma fácil, pero que afectan de forma indirecta la obtención de resultados; los fallos relacionados con los incentivos y recursos y con los trámites burocráticos. Las tasas de fallo asignadas, son genéricas, seleccionadas de bases de datos existentes, como las normas NTP 401, NTP360, THERP y NUREG.

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

La **Figura 2** presenta las tablas de la lógica de las compuertas del árbol de fallos, la cual se lleva a cabo a a partir del desarrollo de los sucesos básicos hasta el suceso tope y la base de datos de confiabilidad de los fallos identificados, las cuales han sido procesadas por el programa ARCON. Las pantallas son las reales del estudio de caso.

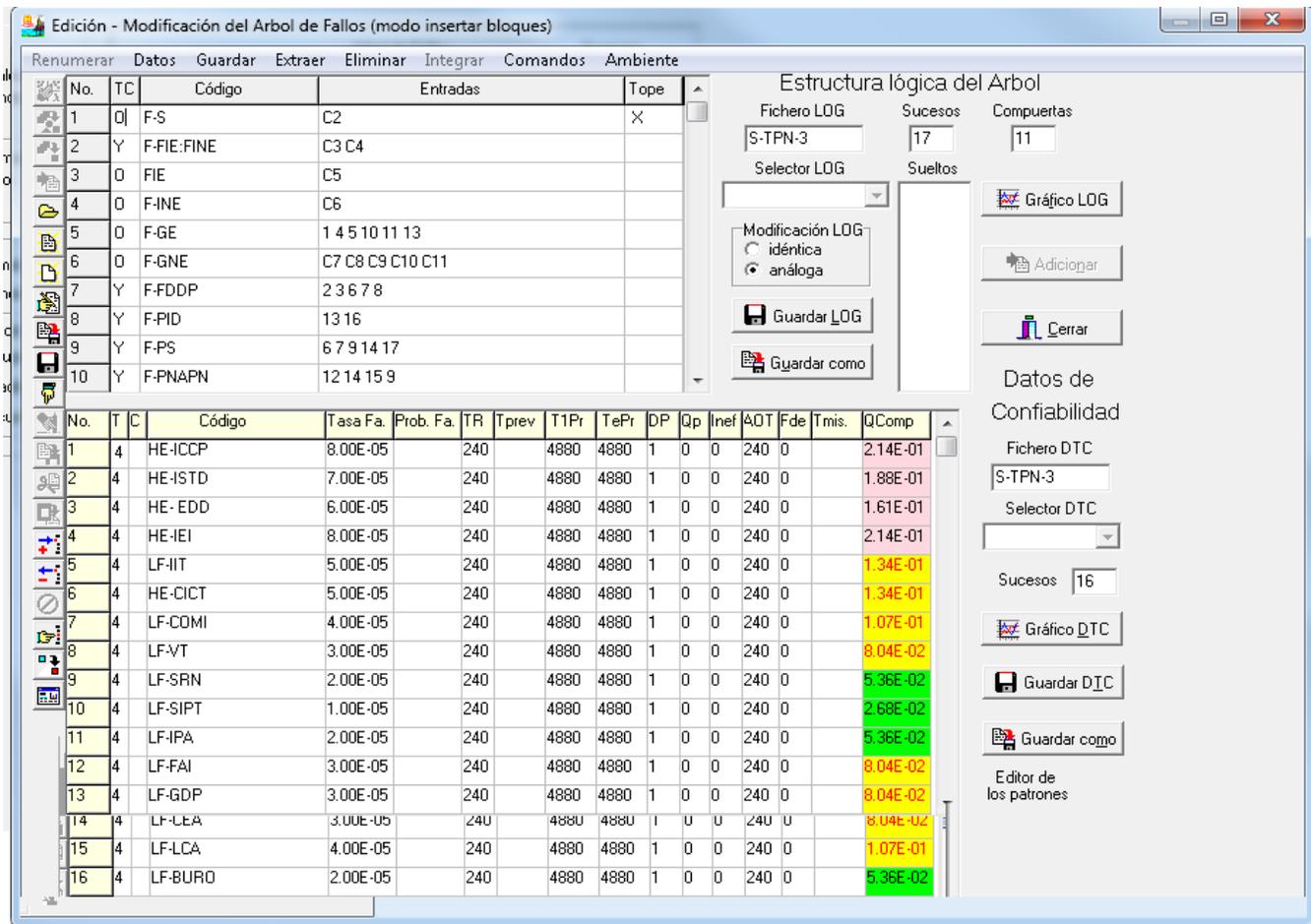
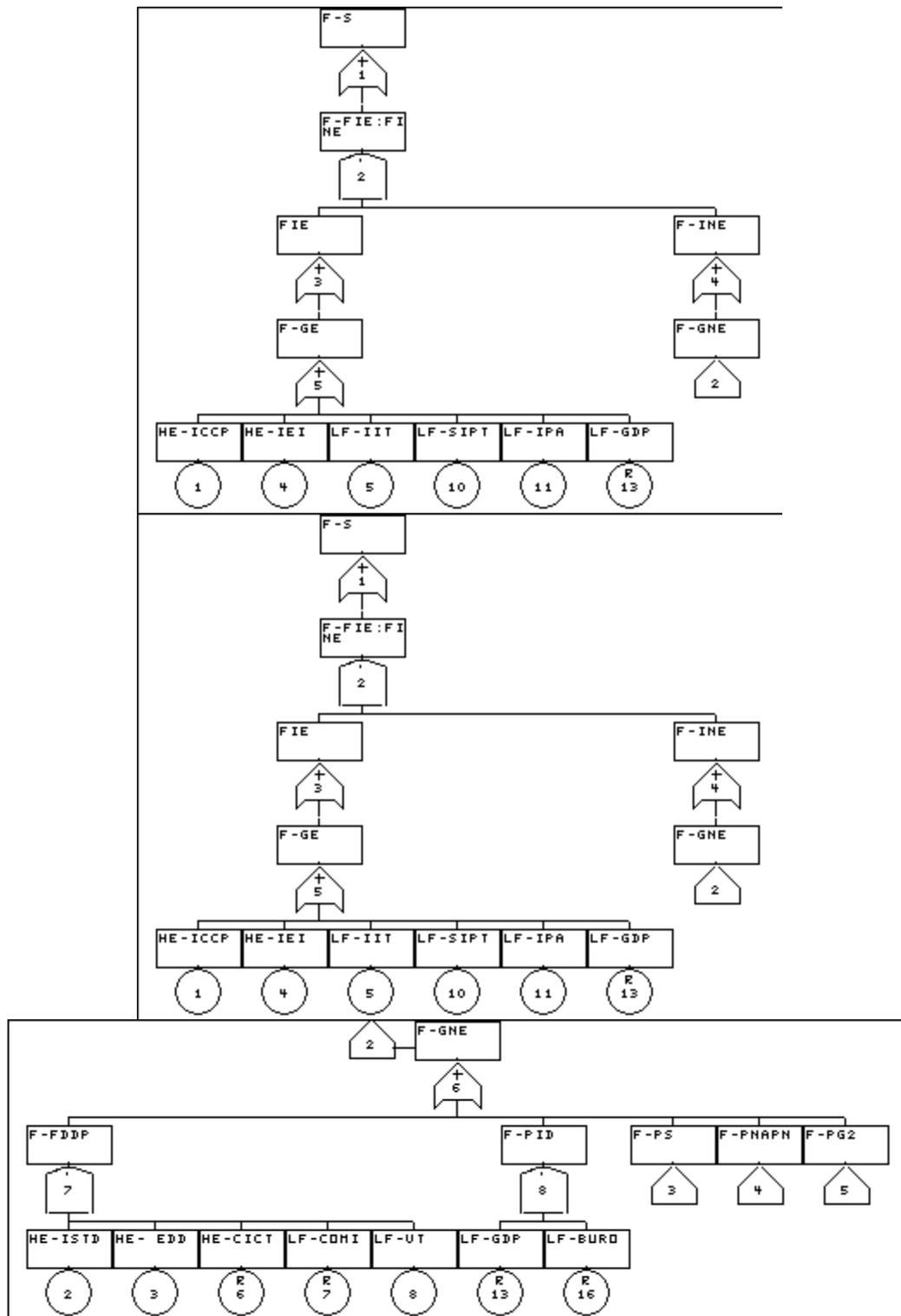


Figura 2. Lógica del árbol de fallos y base de datos genérica elaborada por el programa ARCON.
Fuente: elaboración propia con procesamiento del software ARCON

El árbol de fallos desarrollado **Figura 3**, incluye 10 compuertas y 16 sucesos básicos, divididos en cinco compuertas OR e igual número de compuertas AND. Demostrando la vulnerabilidad del proceso, ante los sucesos que entran en las compuertas OR, donde el fallo de cualquiera de los sucesos que ingresan a ella, produce el estado fallado a la salida, el tratamiento de estos elementos es de gran importancia para que no ocurra el suceso tope y deben ser controlados en los planes de prevención de riesgos. Entre los 16 sucesos básicos del AF, se incluyen errores humanos, fallos organizacionales y tecnológicos.

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES



EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

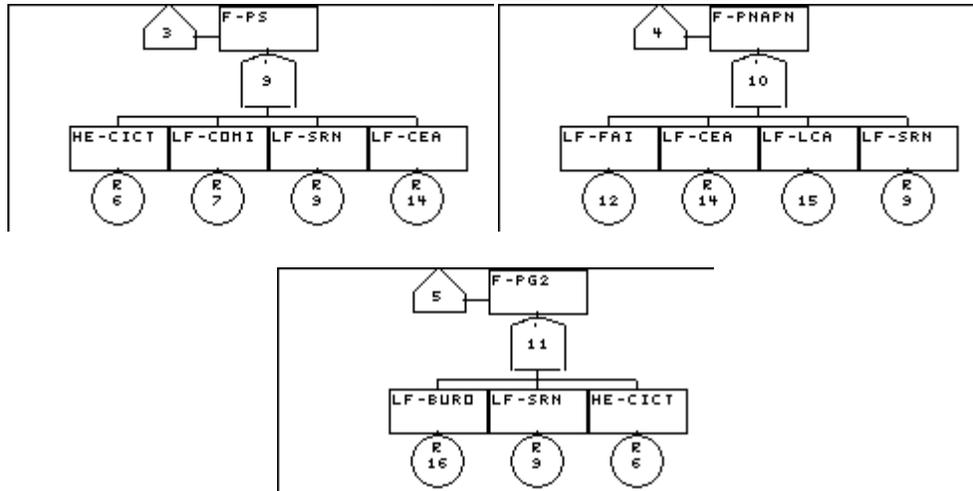


Figura 3. Árbol de fallos del proceso de CTI en una IES.

Fuente: elaboración propia

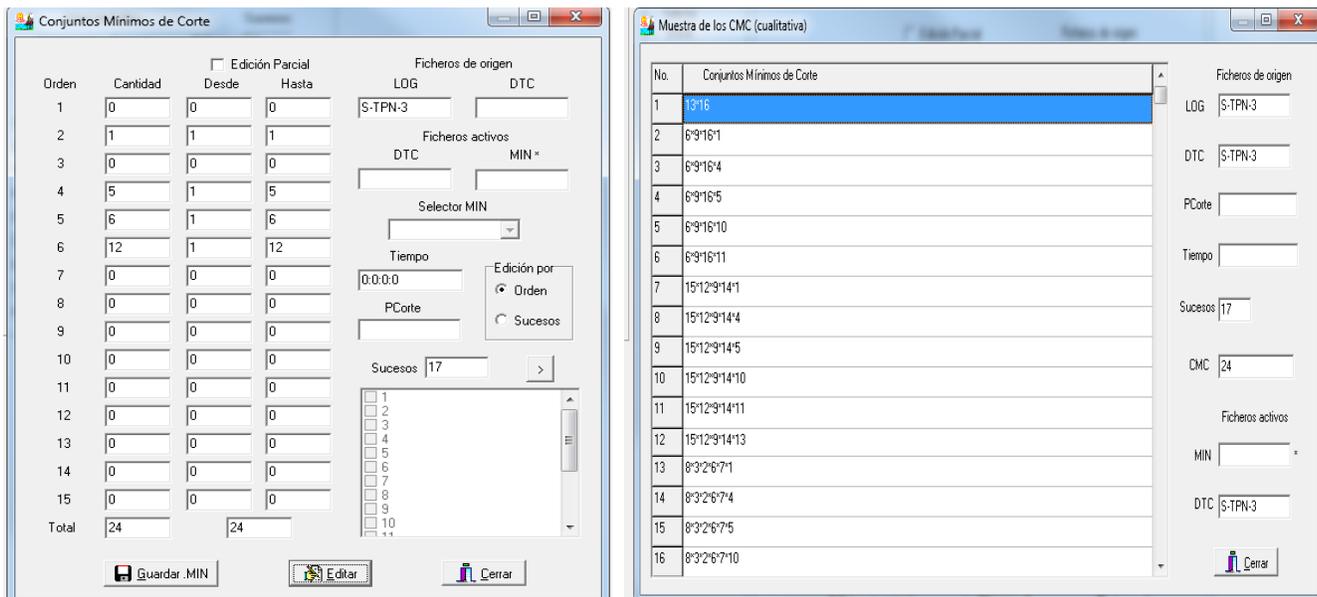


Figura 4. Cálculo de los conjuntos mínimos de corte del AF.

Fuente: elaboración propia.

La **Figura 4** muestra los conjuntos mínimos de corte del AF desarrollado, se aprecia la existencia de un CM de orden dos, donde la combinación de dos sucesos básicos puede ocasionar el fallo del sistema. Además, existen otros CM de orden cuatro, cinco y seis, donde la combinación de fallos en varios sucesos básicos, provoca la ocurrencia del suceso tope. Las probabilidades de fallo de los CM se aprecian en la **Figura 5**.

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

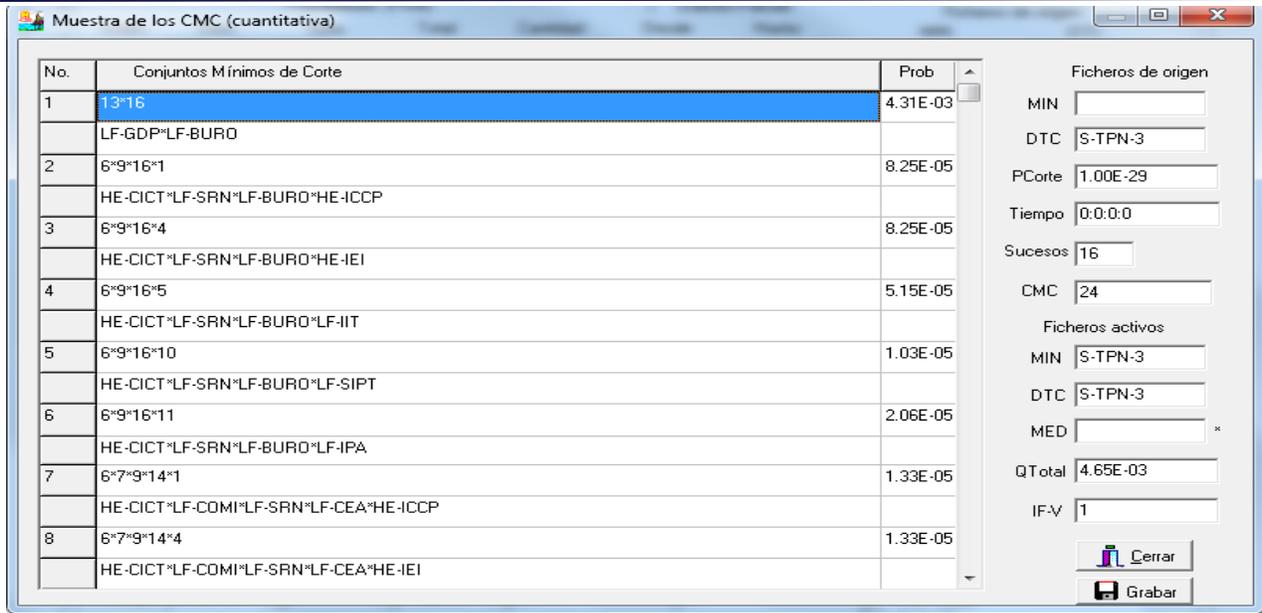


Figura 5. Probabilidades de fallo de los conjuntos mínimos de corte del AF.
Fuente: elaboración propia.

La **Figura 6** representa el aporte relativo de los sucesos básicos al fallo del sistema, que se expresa de forma cuantitativa por medio de las medidas de importancia.

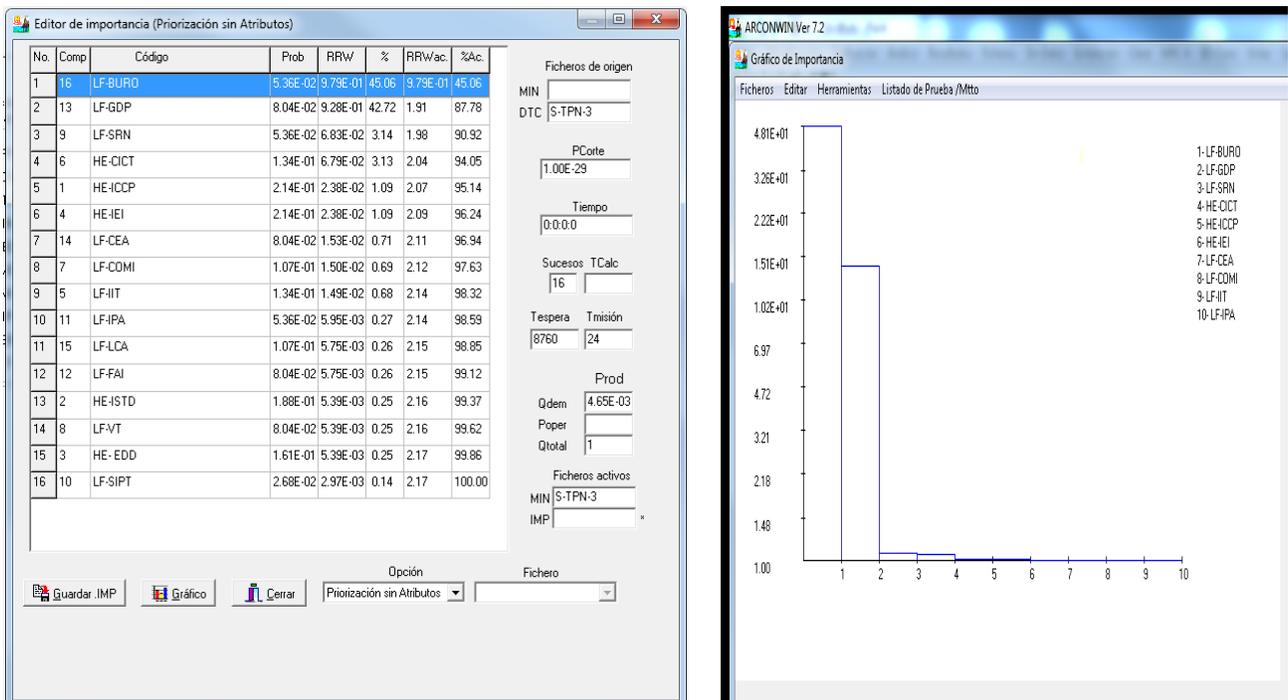


Figura 6. Análisis de importancia de los sucesos básicos.
Fuente: elaboración propia.

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

Como se puede observar en los análisis de importancia de los componentes, la burocracia es uno de los componentes que más aporta, pues incide en mayor cantidad de conjuntos mínimos de fallos. A pesar de que son fallos de menores pesos individuales como componentes comparados con otros, ya que aparecen combinados en conjuntos mínimos de orden 2, con pesos de un componente relativamente alto, quiere decir que sus fallos combinados van directos como contribución al fallo del sistema.

Entre los otros componentes de mayor importancia al fallo del sistema, se encuentran el No 13 (Fallos en la gestión de los proyectos de CTI) y el No. 9 (Fallos en el conocimiento de las leyes normas y regulaciones formales y obligatorias), los que por su probabilidad de fallos tienen una contribución individual relativa alta al sistema.

Por lo tanto, para el funcionamiento del sistema, es muy importante, prestarle mayor atención en los planes de prevención de riesgos, a los componentes que por el análisis de importancia tienen mayor probabilidad de fallos.

Conclusiones

El trabajo muestra las amplias posibilidades y bondades que brinda el uso de la metodología de Análisis Probabilístico de Seguridad (APS), aplicados a la identificación, evaluación y control de los riesgos que pueden afectar una organización. La realización del estudio de caso, aplicado al proceso de ciencia, tecnología e innovación, permite fortalecer los planes de reducción de riesgo, identificando otros sucesos básicos y combinaciones que contribuyen al fallo del sistema.

La utilización de este método permite que las herramientas hoy existentes para realizar un análisis probabilista de seguridad, puedan alcanzar formas interactivas de trabajo, mostrando en tiempo real la probabilidad de fallo del sistema, contribuyendo decisivamente en el proceso de toma de decisiones. De hecho, el trabajo constituye una novedad en el campo de la gestión de riesgos organizacionales, donde los análisis probabilísticos de seguridad, aplicados a los sistemas socio técnicos, se convierte en una herramienta de trabajo útil para la toma de decisiones, que favorece las posibilidades de los futuros Monitores de Riesgo organizacionales a desarrollar.

Referencias bibliográficas

1. Oficina Nacional de Normalización (ONN) (2000): NC ISO/IEC Guía 51.
2. Oficina Nacional de Normalización (ONN) (2015a): NC-ISO 31000. Gestión de riesgo-Principios y directrices, La Habana.
3. Contraloría General de la República. (2011). Resolución 60 “Normas del Sistema de Control Interno”. La Habana Gaceta Oficial de la República de Cuba
4. Mosquera G, Rivero J, Salomón J, et al. Disponibilidad y Confiabilidad de Sistemas Industriales. 2^{da} ed. Barcelona: Ediciones UGMA; 1995. 151p.
5. Salomón J, Perdomo M. Análisis de Riesgo Industrial. 2^{da} ed. Caracas: Editorial. UCV; 2000. 2003p.
6. Silberfich P A, Cruz A. Análisis y gestión de riesgos en TI ISO 27005–Aplicación Práctica. 2009; Buenos Aires, Argentina: Trabajo presentado en el Quinto Congreso Argentino de Seguridad de la Información. Hotel Sheraton. Buenos Aires. [Consultado 6 diciembre 2024]. Disponible en;

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

<https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/1836/TD20%20Wendy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

7. Coy M. Los estudios del riesgo y de la vulnerabilidad desde la geografía humana: Su relevancia para América latina. Población y sociedad. 2010; 17(1): 9-28. [Consultado 6 octubre 2024]; Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=386939743002>
8. Rojas O, Mavila D, et al. Teoría de Popper y los riesgos en la ingeniería. Industrial Data. 2013; vol. 16, no 1: 58-69. [Consultado 6 octubre 2024]; Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81629469007>
9. Bolaño Y, Robaina A, et al. Modelo de Dirección Estratégica basado en la Administración de Riesgos. Ingeniería industrial. 2013; 35(3): 344-357. [Consultado 3 octubre 2024]; Disponible en <http://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/729>
10. Luko S N. Risk management principles and guidelines, Quality Engineering. 2013; 25(4): 451-454. [Consultado 7 diciembre 2024]; Disponible en: <http://www.tandfonline.com/loi/lgen20>
11. Lalonde C, Borial O. Managin grisks through ISO 31000: A critical analysis. Risk management. 2012; 14(4): 272-300. [Consultado 7 octubre 2024]; Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/SO959-6526\(17\)30489-4/sref33](http://refhub.elsevier.com/SO959-6526(17)30489-4/sref33)
12. Hope J, Player S. Mejores prácticas de gestión empresarial: Cómo optimizar el control de la gestión, el rendimiento y los costes. 3^{ra} ed. Barcelona, Profit Editorial; 2012. 120p.
13. Teller J, Kock A. An empirical investigation on how portfolio risk management influences project portfolio success. International Journal of Project Management. 2013; 31(6): 817-829. [Consultado 7 octubre 2024]; Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.ijproman.2012.01.020>.
14. Galarza J. y A. Almuiñas, La gestión de los riesgos de planificación estratégica en las instituciones de educación superior, Revista Cubana de Educación Superior. 2015; 34 (2): 45-53 [Consultado 7 octubre 2024]; Recuperado el 15 de diciembre de 2024, de <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=arttext&pid=S0257-431420150200009&lng=es&ting=es>.
15. Estándar Australiano de Administración del Riesgo AS/NZS 4360-1999.
16. Canadian Standards Association 1997 Risk Management Guideline for Decision-Makers (CAN/CSA Q850-97). Canadian Standards Association, Rexdale.
17. Eusebio V, Ibarra-Hernández Félix A, Goya-Valdivia. et al. Caracterización y usos de las “técnicas cualitativas” de identificación y valoración de peligros en los procesos químicos industriales. Centro Azúcar. 2015; 42 (1): 22-33 [Consultado 7 octubre 2024]; Disponible en: <http://centroazucar.qf.uclv.edu.cu>
18. Soler- González R; Varela-Lorenzo P. et al. La gestión de riesgo: el ausente recurrente de la administración de empresas. Universidad Estatal de Milagro Ecuador, Revista Ciencia Unemi. 2018; vol. 11, núm. 26: 51-62 [Consultado 8 octubre 2024]; Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582661257005>
19. Oficina Nacional de Normalización (ONN) (2015b): NC- ISO 31010. Gestión del riesgo-Técnicas de apreciación del riesgo, La Habana.
20. Metodología para la modelación de secuencias accidentales y el análisis de los fallos dependientes en el APS preoperacional de nivel 1 de la CEN de Juraguá. [Tesis de Maestría en Instalaciones Energéticas Nucleares]. La Habana; Instituto de Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares; 1999.
21. Lourdes-Filgueiras M, Martín R M, Curbelo A. et al. El Análisis Probabilista de Seguridad para la evaluación de la confiabilidad en sistemas técnicos complejos. Ingeniería Energética. 2019; vol. 40, n. 3: 203-211. [Consultado 8 octubre 2024]; Disponible en: <http://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE>

EMPLEO DE LOS ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS DE SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DE RIESGOS ORGANIZACIONALES

22. Salomón J. Manual de ARCON. La Habana; Servicio de Publicaciones, ISCTN; 2015.

Conflictos de intereses:

Los autores refieren no presentar conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

- Gabriel Montesino Figueroa: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Escritura, Borrador original, Redacción: revisión y edición.
- Jesús Salomón Llanes: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Escritura, Borrador original, Redacción: revisión y edición.
- Martín Irían Barrios Rivera: Análisis formal, Investigación, Metodología, Escritura, Borrador original, Redacción: revisión y edición.
- Iván Pérez Iñiguez: Análisis formal Metodología, Escritura, Borrador original, Redacción: revisión y edición.
- Mercedes Hernández Alguezabal: Escritura, Borrador original, Redacción: revisión y edición.
- Maritza Mengana López: Redacción: revisión y edición.