

**Universidad Nacional de Ingeniería**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**UNIDAD DE POSGRADO**



**TESIS:**

ANÁLISIS DE RIESGOS APLICANDO LÓGICA DIFUSA  
PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL COSTO Y TIEMPO EN  
PROYECTOS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
INGENIERÍA CON MENCIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS  
ELECTROMECÁNICOS

**ELABORADO POR:**

MARCO HEBERTH ROJAS CANO

**ASESOR:**

DR. JUAN JOSÉ UCHUYA LÓPEZ

**LIMA, PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

*Dedicado a mis padres y hermanos que me apoyaron en todo momento para mi formación como maestro en ingeniería, sin su apoyo no lo hubiera logrado.*

***Marco Rojas***

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a mi asesor, el Dr. Juan José Uchuya López,  
por orientación en la culminación de mi tesis.*

*A mis padres y hermanos  
por ser parte y apoyo fundamental de mi vida.*

*También a los profesores y autoridades de la  
Universidad Nacional de Ingeniería y CARELEC por el programa  
de maestría al que ingresé.*

*A los amigos, colegas, compañeros de aulas y de trabajo  
de los cuales he aprendido a ser mejor persona y profesional.*

*Y a Dios, por todo.*

*“El riesgo más grande es no tomar ninguno. En un mundo que está cambiando tan rápido, la única estrategia que está garantizada a fracasar es no tomar riesgos”*

**Mark Zuckerberg**

## RESUMEN

Este estudio se centra en analizar los riesgos de costos y tiempos en proyectos de distribución eléctrica aplicando la lógica difusa. Utilizando datos de 23 proyectos y la retroalimentación de 28 expertos, se identificaron 11 factores de riesgo divididos en nueve categorías, clasificados según su impacto en el desarrollo de los proyectos y su relación con costos y tiempos. Se diseñó un modelo basado en lógica difusa para calcular coeficientes de riesgo como el Índice de Sobrecostos (FIC) y el Índice de Retrasos (FIT) a partir de encuestas a 28 participantes. Este modelo se validó aplicando correlaciones con datos reales de proyectos, garantizando su precisión y confiabilidad. Se enfatizó la identificación de factores de riesgos, especialmente los asociados con el cliente, aspectos técnicos, organizacionales y ambientales. El software MATLAB se empleó para configurar reglas lógicas difusas, permitiendo la representación visual del proceso de inferencia y el cálculo de valores nítidos para los índices de riesgo. Los datos recopilados se analizaron con herramientas estadísticas, presentándose en tablas, gráficos y análisis cualitativos.

Palabras Clave: Distribución eléctrica, riesgos, factores, lógica difusa, proyectos, sobrecostos y retrasos.

## ABSTRACT

This study focuses on analyzing cost and time risks in electrical distribution projects applying fuzzy logic. Using data from 23 projects and feedback from 28 experts, 11 risk factors divided into nine categories were identified, classified according to their impact on the development of the projects and their relationship with costs and times. A model based on fuzzy logic was designed to calculate risk coefficients such as the Cost Overrun Index (FIC) and the Delay Index (FIT) from surveys of 28 participants. This model was validated by applying correlations with real project data, guaranteeing its accuracy and reliability. The identification of risk factors was emphasized, especially those associated with the client, technical, organizational and environmental aspects. MATLAB software was used to configure fuzzy logic rules, allowing the visual representation of the inference process and the calculation of clear values for the risk indices. The data collected was analyzed with statistical tools, presented in tables, graphs and qualitative analyses.

Keywords: Electrical distribution, risks, factors, fuzzy logic, projects, cost-overrun and Time-delay.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES Y METODOLÓGICOS .....	5
1.1 Antecedentes de la investigación .....	6
1.2 Identificación y descripción del problema de estudio .....	18
1.3 Formulación del problema .....	19
1.3.1 Problema General.....	19
1.3.2 Problemas Específicos .....	20
1.4 Justificación e importancia.....	20
1.5 Objetivos .....	21
1.5.1 Objetivo General.....	21
1.5.2 Objetivo Específico .....	21
1.6 Hipótesis .....	21
1.6.1 Hipótesis General .....	21
1.6.2 Hipótesis Específica.....	21
1.7 Variables, dimensiones, indicadores y operacionalización de variables.....	21
1.8 Unidad de análisis .....	23
1.9 Fuentes de información .....	23
1.10 Tipo y nivel de investigación.....	24
1.10.1    Tipo de investigación .....	24
1.10.2    Nivel de investigación .....	24
1.11 Método de diseño de la investigación.....	25
1.12 Población y muestra.....	26
1.12.1    Población.....	26

1.12.2 Muestra .....	26
1.13 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
1.14 Análisis y procesamiento de datos .....	28
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>30</b>
2.1 Gestión de proyectos.....	31
2.2 Metodología de gestión de proyectos .....	32
2.2.1 Secuencial Tradicional.....	32
2.2.2 PMI/PMBOK .....	33
2.2.3 Agile .....	34
2.2.4 Gestión de Cambio (Change Management).....	34
2.2.5 Metodologías basadas en el proceso.....	35
2.3 Lógica difusa en gestión de proyectos.....	35
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA TESIS .....</b>	<b>37</b>
3.1 Metodología deductiva .....	37
3.2 Identificación del factor de sobrecostos y retrasos .....	39
3.3 Prueba de confiabilidad .....	40
3.4 Función de membresía.....	41
3.4.1 Formación de reglas .....	44
3.5 Colección y procesamiento de datos de expertos.....	46
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ...</b>	<b>49</b>
4.1 Cálculos considerando la Información de encuesta.....	53
4.2 Cálculos considerando la Información de los proyectos .....	55
4.3 Validación de modelo de exceso de tiempo.....	58
4.4 Validación de modelo de exceso de costo.....	59
4.5 Discusión de resultados .....	60

4.6 Contrastación de hipótesis .....	61
4.7 Aporte .....	62
CONCLUSIONES .....	64
RECOMENDACIONES .....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
ANEXOS .....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Fuentes de riesgos separadas en riesgos internos y externos .....	6
Figura 1.2 Descomposición estructural de riesgos del proyecto presentado .....	8
Figura 1.3 La puntuación de riesgo para el desmantelamiento de Planta nuclear .....	9
Figura 3.1 Diseño de lógica difusa (FIC) .....	42
Figura 3.2 Diseño de lógica difusa (FIT) .....	43
Figura 3.3 Función de membresía para el PI .....	43
Figura 3.4 Función de membresía para el SIT .....	44
Figura 3.5 Función de membresía para el FIT .....	44
Figura 3.6 Visor de reglas: FIC .....	46
Figura 3.7 Encuesta por cuestionario.....	47
Figura 4.1 Valores FIC y FIT del FR1 por lógica difusa en Matlab .....	53
Figura 4.2 Resultado obtenido del Software IBM SPSS versión 29 para el FIT.....	59
Figura 4.3 Resultado obtenido del Software IBM SPSS versión 29 para el FIC .....	59

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Diez principales factores de riesgo / Problemas potenciales (cuestionario Jordan) .....	15
Tabla 1.2 Operacionalización de variables.....	22
Tabla 3.1 Identificación de factores de riesgo .....	40
Tabla 3.2 Tabla de datos de entrada .....	42
Tabla 3.3 Tabla de datos de salida .....	43
Tabla 3.4 Matriz de riesgos.....	45
Tabla 4.1 Relación de proyectos de empresa de distribución eléctrica .....	50
Tabla 4.2 Valores de calificación del Alfa Cronbach .....	50
Tabla 4.3 Cálculo de Alfa Cronbach de FR1 a FR3 .....	51
Tabla 4.4 Cálculo de Alfa Cronbach de FR4 a FR11.....	52
Tabla 4.5 Resumen de los valores FIT .....	54
Tabla 4.6 Resumen de los valores FIC .....	54
Tabla 4.7 Evaluación de exceso de tiempo del Proyecto 1 .....	55
Tabla 4.8 Clasificación de los factores de riesgo del resultado de exceso de tiempo del Proyecto 1 .....	55
Tabla 4.9 Evaluación de exceso de costos del Proyecto 1.....	55
Tabla 4.10 Clasificación de los factores de riesgo del resultado de exceso de costos conforme a variación del Proyecto 1 .....	56
Tabla 4.11 Resumen de los factores de riesgo de exceso de tiempo de 23 proyectos....	56
Tabla 4.12 Resumen de los valores numéricos de exceso de tiempo de 23 proyectos ...	57
Tabla 4.13 Resumen de los factores de riesgo de exceso de costos conforme a variación de 23 proyectos .....	57
Tabla 4.14 Resumen de los valores numéricos de exceso de costos conforme a variación de 23 proyectos .....	58

Tabla 4.15 Validación del modelo de exceso de tiempo con el resultado del coeficiente de correlación de Pearson de 23 proyectos .....	58
Tabla 4.16 Validación del modelo de exceso de costo conforme variación con el resultado del coeficiente de correlación de Pearson de 23 proyectos .....	59

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis desarrolla una investigación del análisis de riesgos aplicando lógica difusa para mejorar la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica.

El estudio busca comprender los factores que provocan sobrecostos y retrasos en estos proyectos, empleando un enfoque avanzado basado en la lógica difusa para cuantificar y analizar dichos riesgos. Se recopila información a partir de 28 expertos involucrados directamente en la gestión de proyectos de distribución eléctrica, utilizando cuestionarios para identificar los índices de sobrecosto y retraso asociados a 11 factores de riesgo. Se desarrolla un modelo de lógica difusa que permite calcular estos índices, brindando una visión de la magnitud de los riesgos en cada proyecto.

Además, se clasifican estos factores de riesgo en nueve categorías, lo que facilita la comprensión de cuándo y dónde surgen estos riesgos y cómo mitigarlos.

El análisis se realiza utilizando herramientas como MATLAB para configurar reglas difusas y se emplean tablas, análisis estadísticos y representaciones gráficas para analizar y visualizar los datos obtenidos. Este estudio proporciona una comprensión profunda de los factores que afectan a la gestión de proyectos en la distribución eléctrica, permitiendo mejorar la toma de decisiones y la planificación para reducir riesgos y mejorar el desempeño de los proyectos.

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos que abarcan diferentes aspectos de la investigación. En el primer capítulo, titulado "Aspectos generales y metodológicos", establece las bases para la investigación. Comienza con antecedentes de estudios previos sobre evaluación o análisis de riesgos en proyectos de distribución eléctrica. Luego, se

identifica y describe el problema central, resaltando sobrecostos y retrasos en la gestión de proyectos. Se formulan tanto el problema general como los problemas específicos a abordar en la investigación. La justificación e importancia de este estudio se destacan enfatizando su relevancia en el campo de la gestión de proyectos. Se establecen objetivos generales y específicos, así como hipótesis tentativas para la investigación. Se definen las variables, dimensiones, indicadores y su operacionalización. Además, se detalla la unidad de análisis, las fuentes de información, el tipo y nivel de investigación (aplicada, descriptiva y correlacional), el método de diseño de la investigación, la población y la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como los procedimientos para el análisis y procesamiento de los datos recolectados.

En el segundo capítulo, denominado "Marco teórico", constituye el fundamento conceptual y teórico que sustenta la investigación. En él se reúnen y analizan las teorías, modelos y conceptos relevantes relacionados con la gestión de riesgos en proyectos de distribución eléctrica. Este marco conceptual proporciona una comprensión profunda de los factores que influyen en los sobrecostos y retrasos en la ejecución de estos proyectos. Se abordan conceptos de lógica difusa, técnicas de evaluación de riesgos, así como teorías específicas sobre gestión de proyectos. Además, se examinan investigaciones previas, estudios de casos y mejores prácticas en el campo. El objetivo es establecer una base sólida y amplia para analizar, comprender y contextualizar los problemas, objetivos e hipótesis planteados en la investigación. Este marco teórico orienta el enfoque metodológico y la interpretación de los resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio.

En el tercer capítulo, titulado "Desarrollo de la Tesis", constituye una sección fundamental donde se detallan las etapas, procedimientos y hallazgos de la investigación. Aquí se exponen los métodos empleados para alcanzar los objetivos propuestos, incluyendo la recolección y análisis de datos. Se describe la implementación de la lógica difusa para evaluar los riesgos de costos y tiempos en proyectos de distribución eléctrica,

respaldando la aplicación práctica de esta técnica. Se presentan las etapas del estudio, desde la recopilación de información hasta la validación del modelo propuesto, destacando los resultados obtenidos y su interpretación en relación con los objetivos planteados. Este capítulo se centra en mostrar cómo se llevó a cabo la investigación, los instrumentos y técnicas utilizadas, así como los procesos de análisis de datos y las conclusiones derivadas de estos procesos.

El cuarto capítulo, denominado "Análisis de resultados y contrastación de hipótesis", se concentra en el análisis y presentación de los datos recopilados durante la investigación. Aquí se analizan los resultados obtenidos aplicando las técnicas de lógica difusa aplicadas a los factores de riesgo en proyectos de distribución eléctrica. Se describen las correlaciones y patrones encontrados, evaluando la relación entre las variables analizadas. Además, se contrastan las hipótesis planteadas al inicio del estudio para determinar su validez y relación con los resultados obtenidos. Se emplean herramientas estadísticas y gráficas para demostrar la coherencia entre la información recabada y las predicciones propuestas. Este capítulo resalta los hallazgos significativos y su relación con los objetivos planteados, reforzando las conclusiones finales del trabajo de investigación.

Las "Conclusiones" recapitulan los hallazgos clave obtenidos en la investigación sobre riesgos en proyectos de distribución eléctrica. Presenta un resumen de los resultados, analiza la congruencia con los objetivos y contrasta las hipótesis planteadas. Se destacan las implicaciones de los hallazgos, su relevancia en la práctica y su contribución al campo. Además, se sugieren recomendaciones para futuras investigaciones y se enfatiza la importancia de estos resultados en el ámbito de la gestión de riesgos en proyectos de distribución eléctrica. Este capítulo cierra el estudio con reflexiones fundamentadas y propuestas para aplicaciones prácticas y futuras investigaciones.

Como último apartado, se presentarán las "Recomendaciones" que surgen como consecuencia del trabajo desarrollado. Estas sugerencias son de utilidad para futuras investigaciones o para la implementación práctica de sistemas similares. Además, se incluirán las "Referencias bibliográficas" que se utilizaron durante el desarrollo del trabajo, cumpliendo con los requerimientos de la Unidad de Posgrado FIM y las normas de estilo APA versión 7.

# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES Y METODOLÓGICOS**

En este capítulo se desarrollará una investigación del análisis de la gestión de riesgos en proyectos de distribución eléctrica. Los antecedentes destacan la importancia de mitigar riesgos en este sector. Se identifican los problemas en la gestión de riesgos que afecta el desempeño de los proyectos. El problema general se formula respecto a la necesidad de mejorar esta gestión para optimizar resultados. Los objetivos apuntan a evaluar y proponer mejoras en la gestión de riesgos. Se plantea la hipótesis de que una gestión de riesgos de impacto positivo en el desempeño de los proyectos. Se definen variables, dimensiones e indicadores, y la unidad de análisis son los proyectos de distribución eléctrica. Las fuentes de información incluyen datos internos de la empresa aproximados y estudios previos. El tipo de investigación es aplicado y el nivel es descriptivo y correlacional. El método de diseño es cuantitativo y cualitativo. La población se refiere a los proyectos de la empresa de distribución eléctrica, y la muestra se selecciona de manera estratégica. Se utilizarán técnicas como encuestas y análisis documental, y el procesamiento de datos se realizará aplicando análisis estadísticos y cualitativos para identificar patrones y tendencias en la gestión de riesgos y su impacto en el desempeño de los proyectos. Se presenta la matriz de consistencia en el Anexo A.1.

## 1.1 Antecedentes de la investigación

(Suzarte Donda Veiga, Éder, & da Silva, E. M., 2020)<sup>1</sup> revisa literatura especializada relacionada a gestión de riesgos en proyectos, teniendo como resultado 68 artículos siguiendo los requerimientos del Project Management Institute (PMI) en base a alcances, costos y programación. La revisión clasifica los documentos por la complejidad, objetivo, riesgos, presupuesto, especificaciones técnicas, procesos, entre otros, para evaluar el impacto bajo probabilidades de ocurrencia de los eventos que influyan en los plazos programados y en el presupuesto. Los riesgos son estudiados para evaluar proyectos complejos y sirva de apoyo a la gestión en la iniciación de los proyectos, donde se puedan identificar las fuentes de incertidumbres que limiten los proyectos. En ese sentido, el autor presenta como resultado las fuentes de riesgos, clasificándolas por internas y externas, en la Figura 1.1, lo que contribuye con apoyar a la gestión de riesgos de proyectos y será usado como criterio en el presente trabajo de tesis.

**Figura 1.1**

*Fuentes de riesgos separadas en riesgos internos y externos*

Riesgos Externos				Riesgos Internos					
Políticos	Clientes	Proveedores	Ambientales	Técnicos	Organizacional	Legales	Gestión de Proyecto	Comercial	
Burocracia /ley/ reglas y reglamento del gobierno	Clientes o riesgo de demanda	Proveedor	Riesgo Ambiental	Tecnología necesaria	Reputación de la empresa	Contratos	Lideranza en proyecto	Presupuesto, licitación y problema financiero	
	Cambio de alcance / metas			Competencias / experiencia / eficacia del equipo	Cultura		Metodología de gerenciamiento de proyectos		
				Seguridad			Documentación o gerencia de procesos		
				Riesgos relacionados a la calidad			Stakeholders		
				Diseño / Proyecto			Comunicación inadecuada		
				Riesgo de contingencia			Capacidad de producción del equipo / Tamaño del equipo		
				Capacidad de almacenamiento / stock			Conflictos		
							Atrasos / Cronograma		
							Gestión inapropiada de cambios		

Nota: fuente traducida de Suzarte Donda Veiga, Éder, & da Silva, E. M. (2020)

<sup>1</sup> Suzarte Donda Veiga, Éder, & da Silva, E. M. (2020). Uma revisão sistemática do gerenciamento de riscos no gerenciamento de projetos. Revista Produção Online, 20(3), 837–857. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i3.3636>

**(Assaad, R., El-Adaway, I. H., & Abotaleb, I. S., 2020)**<sup>2</sup> realizan una predicción de los costos y programaciones en la industria de la construcción para evaluar, respectivamente, situaciones de sobrecostos y reprogramaciones que afecten los plazos de proyectos. Según menciona el autor, la revisión literaria muestra que la gestión de proyectos se ha modelado de forma independiente tanto en costo como en plazos, por lo que este trabajo propone un modelo integrador para estimar el rendimiento de los proyectos de construcción, a pesar de la complejidad e incertidumbre asociado. Para conseguir el rendimiento adecuado, el autor evalúa el progreso en cómo interactúa los insumos con los procesos. Para ello, parte con identificar y cuantificar los riesgos basados en costo y tiempo; luego, a través de un modelo integrador, correlaciona las variables según los resultados obtenidos. El instrumento de análisis empleado la encuesta a expertos sobre efectos de 25 riesgos de desempeño. En el camino, se hicieron ajustes de funciones distribuidas paramétricas y no paramétricas, se emplearon cálculos asociados a los costos para verificar sobrecostos, asimismo, el metaanálisis de riesgos de desempeño. Al final, el autor desarrolla un modelo predictivo capaz de predecir los sobrecostos y excesos de horarios en función de 25 riesgos de proyectos, ecuaciones explícitas y conjunto de gráficos adaptables para la estimación del desempeño de proyectos de forma práctica y confiable, valioso para la industria de construcción y otras de modelo similares.

En **(Haghghi, M. H. & Ashrafi, M., 2022)**<sup>3</sup> se desarrolla un modelo de compensación de tiempo y costo (en inglés Time-Cost Trade-off, con siglas TCT), bajo una incertidumbre difusa, considerando criterios de riesgo, presentada en la Figura 1.2, parte con la clasificación de las actividades, que si bien están asociadas a costo y cronograma, el enfoque entregado en este trabajo son los riesgos en tres niveles (bajo, moderado y alto) de las actividades, que, bajo un análisis de riesgo, se enfrentan a un bloqueo de actividades según la funciones distribuidas para la operación del modelo matemático TCT, por lo que

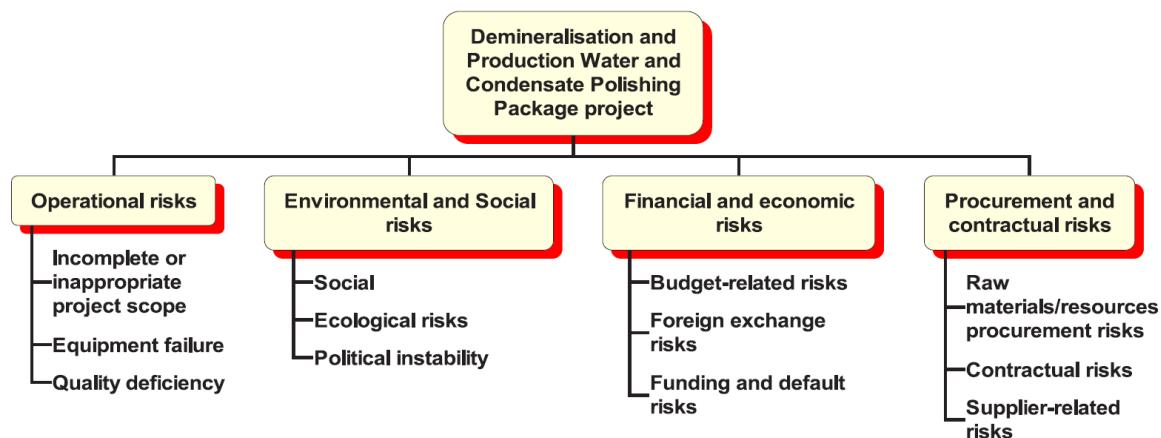
<sup>2</sup> Assaad, R., El-Adaway, I. H., & Abotaleb, I. S. (2020). Predicting Project Performance in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 04020030. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0001797

<sup>3</sup> Haghghi, M. H. & Ashrafi, M. (2022). A new qualitative and quantitative analytical approach for risk management in energy project time-cost trade-off problem under interval type-2 fuzzy uncertainty: A case study in the gas industry. *Energy Reports Journal*, 8, 12668-12685. doi:10.1016/j.egyr.2022.09.064

se presentan estrategias de respuesta validadas en un caso de proyecto real de una empresa en la industria del gas. Lo que resultó es una mayor efectividad de la aplicación de estrategias de respuestas a los riesgos del proyecto, generando un ahorro sustancial de € 700 mil, por la utilización de pesos decisores asociados a los riesgos. Además, el trabajo presenta una capacidad de adecuarse a otros segmentos como es el caso del sector energía.

**Figura 1.2**

*Descomposición estructural de riesgos del proyecto presentado*



Nota: fuente Haghghi, M. H. & Ashrafi, M. (2022)

(Barghi, B., & Shadrokh Sikari, S., 2020)<sup>4</sup> estudia la aplicación de la guía del PMBOK de una forma híbrida en la industria de petróleo y gas, quiere decir, desarrollando las 5 fases de la guía, pero adicionando condiciones de incertidumbre. Este trabajo evalúa la experiencia de 15 empleados en puestos claves de una compañía respecto al cumplimiento del PMBOK pero contemplando 32 factores de riesgo, de los cuales, se obtuvieron 17 riesgos identificados, estructurados y jerarquizado bajo técnicas difusas. El estudio atribuye peso para cada riesgo para el análisis cualitativo y cuantitativo, aplicando el modelo PMBOK híbrido, se contribuye a que los gerentes de empresas planifiquen los proyectos evaluando continuamente los riesgos, y consigue impulsar el posicionamiento de la empresa, cumpliendo los objetivos, a su vez, se identifica el efecto dominó de los

<sup>4</sup> Barghi, B., & Shadrokh sikari, S. (2020). Qualitative and quantitative project risk assessment using a hybrid PMBOK model developed under uncertainty conditions. *Heliyon*, 6(1), e03097. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e03097

riesgos para procederse a un cambio del modelo, además de apoyarse de decisiones multicriterio.

**Figura 1.3**

*La puntuación de riesgo para el desmantelamiento de Planta nuclear*

Decommissioning project risk classification system		Uncertainty (U)	Importance (I)	Risk score = U × I
Initial condition of facility	Physical status	1	2	2
	Radioactive status and characterization	1	2	2
	Status of waste and materials	2	2	4
	Site characteristics	2	2	4
End state of decommissioning project	Project completion (site restoration)	2	5	10
	Difficulty in achieving the end state	5	2	10
Management of waste and materials	Waste management policy	2	4	8
	Waste estimation and characterization	3	4	12
	Waste management infrastructure (on-site/off-site)	2	4	8
Organization and human resources	Organizational structure	3	1	3
	Human resources	4	1	4
	Relationship with contractors and procurement	5	1	5
Finance	Cost	1	2	2
	Funding	1	2	2
Decommissioning strategy and technology	Decommissioning strategy	1	4	4
	Decommissioning scenarios	3	4	12
	Technology	2	2	4
	Project management system	4	1	4
Legal and regulatory framework	Laws and regulations	4	4	16
	Licensing process	4	4	16
Safety	Radiological safety	1	5	5
	Conventional safety	2	5	10
	Safety of adjacent unit	4	2	8
	Security	4	1	4
Interested parties management	Communication	5	1	5
	Involvement of interested parties	4	1	4

Nota: fuente Kim, et al. (2022)

Según (Kim, G-L., Kim, H., Seo, H-W., Yu, J-H & Son, J-W., 2022)<sup>5</sup>, es posible también plantear y asociar riesgos para proyectos de desmantelamiento de plantas, en este caso, nucleares. La planta nuclear es una instalación compleja, y tiene una alta y amplia gama de riesgos, con un cronograma y conjunto de actividades para un horizonte de tiempo de 15 años. El plan de desmantelamiento sigue criterios como las leyes que rigen los procedimientos, las regulaciones sobre instalaciones nucleares, incertidumbre sobre agentes internos y externos, y restricciones inherentes a los lineamientos de la elaboración del plan. Como resultado, se identificaron 26 riesgos, ver Figura 1.3, siendo 10 de nivel medio y 16 de nivel bajo. El trabajo realiza una clasificación de los 10 riesgos de nivel medio en 5 categorías: 1) Estado final del proyecto de desmantelamiento, corresponde a las condiciones entregadas para el desmantelamiento, 2) Gestión de residuos y materiales, corresponde a una identificación y disposición de residuos radiactivos, peligrosos, entre otros, 3) Estrategia y tecnología de desmantelamiento, corresponde al plan de ejecución y los equipos y maquinaria normadas para desmantelamiento, 4) Marco legal y regulatorio, corresponde las leyes y normas nacionales e internacionales que rigen el procedimiento de desmantelamiento, y 5) Seguridad, corresponde a las medidas de seguridad tomadas que garanticen la salud ocupacional de las personas que intervienen en los procesos del proyecto.

(Silva, J., Ávila, P., Patrício, L., Sá, J. C., Pinto, L., Bastos, J. & Castro, H., 2022)<sup>6</sup>, en este trabajo se evalúa la competitividad en la industria metalmecánica, donde el rendimiento del proyecto se obtiene de una gestión de proyecto eficaz y eficiente. El desarrollo del trabajo estima los tiempos de las actividades del proyecto para mejorar la planificación y tener un control sobre los plazos entregados, de manera tal que se reduzcan los retrasos. El sistema productivo está asociado a los tiempos de los procesos, por lo que,

---

<sup>5</sup> Kim, G-L., Kim, H., Seo, H-W., Yu, J-H & Son, J-W. (2022). Classification and consideration for the risk management in the planning phase of NPP decommissioning project. Nuclear Engineering and Technology, Volume 54, Issue 12, 2022, Pages 4809-4818 doi:10.1016/j.net.2022.07.022

<sup>6</sup> Silva, J., Ávila, P., Patrício, L., Sá, J. C., Pinto, L., Bastos, J. & Castro, H. (2022). Improvement of planning and time control in the project management of a metalworking industry - case study. Procedia Computer Science, Volume 196, 2022, Pages 288-295. doi:10.1016/j.procs.2021.12.016

para identificar los problemas en la cadena productiva se empleó el diagrama de Ishikawa, PERT, simulación Monte Carlo, y así como la participación de expertos. El estándar que mide el rendimiento está basado en las ganancias obtenidas según la desviación de tiempo de ejecución del proyecto. Los autores concluyeron que hay una deficiencia en la estimación de tiempo de las actividades, asimismo, un deficiente control de cronograma. En virtud de solucionar las deficiencias se utilizaron los métodos PERT y Monte Carlo, teniéndose para cada caso ganancias de 50% y 38%, comparando el primer método del segundo, quiere decir, que el Monte Carlo presenta una mejor aproximación de los tiempos de competencia.

**(Unegbu, H. C. O., Yawas, D. S., & Dan-asabe B., 2020)**<sup>7</sup> empleó encuestas con 250 profesionales relacionados a empresas constructoras para relacionar 19 medidas de desempeño de proyecto con 53 prácticas de gestión de proyectos. Se utilizó una herramienta computacional estadística, el SPSS, para probar la confiabilidad los datos obtenidos a través coeficiente de ruta y ajuste de índices. Las 53 prácticas de gestión de proyectos fueron agrupadas en gestión del alcance (SM), gestión del tiempo (TM), gestión de costes (CM), gestión de la calidad (QM), gestión de riesgos (RM), gestión de recursos humanos (HRM), gestión de la comunicación (COM), la gestión de adquisiciones (PROC) y la gestión de partes interesadas (SKM) y se adoptaron 20 hipótesis, llámeselos casos, para identificar la dinámica de la relación mencionada. Se concluyó ser la satisfacción del cliente más alto que el desempeño y este de la gestión de las partes interesadas en relación con el éxito del proyecto. Asimismo, un alto nivel de relación entre las prácticas de gestión de proyectos y las medidas de desempeño del proyecto. El estudio aporta un mecanismo de relación para la mejora de prácticas en gestión de los proyectos sobre el rendimiento, la satisfacción el cliente y el éxito del proyecto.

---

<sup>7</sup> Unegbu, H. C. O., Yawas, D. S., & Dan-asabe B. (2020). An investigation of the Relationship between Project Performance Measures and Project Management Practices of Construction Projects for the Construction industry in Nigeria. Journal of King Saud University - Engineering Sciences. doi:10.1016/j.jksues.2020.10.001

**(Sebestyén, Z., Erdei, J. & Alfreahat, D., 2022)<sup>8</sup>** realizaron un estudio relacionando la gestión de proyectos con el valor del propietario, por lo que explora la influencia de los métodos, los estándares, aplicados a organizaciones y procesos asociados al proyecto para crear valor para el propietario en forma de éxito económico. Los autores se basan de métodos estadísticos descriptivos y relaciona la ganancia económica (rentabilidad) con la aplicación de los estándares y metodologías a nivel de organización y su implementación en un proyecto. Se definió 70 factores de definición de alcance, agrupados en 15 categorías. Para obtener los resultados se estableció una lista de verificación ponderada, dando como resultado una correlación directa con el éxito de los proyectos. Asimismo, hay una clara relación entre el valor del propietario y la aplicación de métodos que incluyen factores vinculados al valor del propietario como son los posibles competidores, el servicio, consumidores, niveles de ventas o alquiler, ubicación, objetivos, alcances, entre otros.

**(Varajão, J., Colomo-Palacios, R., & Silva, H., 2017)<sup>9</sup>** presenta un artículo útil para la comprensión de la práctica de gestión de proyectos, este sistema de información siguiendo los procesos ISO 21500:2012/PMBOK 5. Para este trabajo se realizó una encuesta relacionada a 472 proyectos, demostrándose que los profesionales tienen una estrecha relación en la utilización de la gestión del alcance, la gestión de costos, la gestión del tiempo, sin embargo, se relega la gestión de calidad y la gestión de riesgos, por lo que, complica la obtención de indicadores para mejorar el desempeño de los proyectos. El tratamiento de la información es un aliado para mantener una mejora continua en los procesos. Como resultado se obtuvo que, de los 10 procesos de gestión de proyectos, 9 son implementados y uno exceptuado, el IM: Seguimiento y control del trabajo del proyecto, el proceso transversal que tiene el potencial de mejorar el desempeño y asegurar el éxito del proyecto. Los autores instan a no descuidar la gestión de riesgos, la gestión de calidad

---

<sup>8</sup> Sebestyén, Z., Erdei, J. & Alfreahat, D. (2022) . Impact of methodologies and standards on the owner's economic benefit in projects. *Heliyon*, Volume 8, Issue 2, 2022, e08843. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e08843

<sup>9</sup> Varajão, J., Colomo-Palacios, R., & Silva, H. (2017). ISO 21500:2012 and PMBOK 5 processes in information systems project management. *Computer Standards & Interfaces*, 50, 216–222. doi:10.1016/j.csi.2016.09.007

para implementar e integrar los procesos, relacionando los estándares con el conocimiento, vale decir, la experiencia de los profesionales en la utilización de las herramientas de gestión de riesgos y calidad.

**(Ferreira, L., Lopes, N., Ávila, P. S., Castro, H., Varela, M. L. R., Putnik, G. D., ... Cruz-Cunha, M. M., 2017)**<sup>10</sup> realizan una aplicación de la gestión de proyectos en una empresa virtual, una empresa tercerizada para gestionar los proyectos, desde su creación hasta su finalización según el PMBOK y los ciclos de vida del proyecto. Para ello, toman como referencia los ciclos de vida de los vehículos eléctricos y proponen fases del ciclo de vida del proyecto de gestión de la empresa física versus las fases del ciclo de vida de gestión de una empresa virtual. Como resultado, la fase 1, para la empresa física es un grupo de procesos de inicio que definen el nuevo proyecto una nueva fase para obtener la conformidad y autorización de su inicio, pero para la empresa virtual es un diseño de un nuevo proyecto o creación de una instancia (reconfiguración). La fase 2, para la empresa física es un grupo de proceso de planificación, en donde se establecen los alcances, se redefinen los objetivos se establecen las acciones y metas a alcanzar, pero para la empresa virtual es una gestión de selección de recursos y procesos en la que gestiona la integración según el proyecto definido. La fase 3, la empresa física es un grupo de procesos de ejecución que sirve para completar los trabajos definidos en el plan y satisfacer las especificaciones del proyecto, pero para la empresa virtual es una gestión de la operación de acuerdo con el contrato y especificaciones definidas reproducidas en el proceso. La fase 4, para la empresa física es un grupo de proceso de monitoreo y control para rastrear, revisar y regular el proceso y desempeño del proyecto, también se identifican los cambios en el plan, pero para la empresa virtual es una gestión de reconfiguración, su monitoreo de los resultados para identificar la oportunidad de reconfiguración y activar y producir un nuevo proyecto que integre una nueva instancia. La fase 5, para la empresa

---

<sup>10</sup> Ferreira, L., Lopes, N., Ávila, P. S., Castro, H., Varela, M. L. R., Putnik, G. D., ... Cruz-Cunha, M. M. (2017). Virtual Enterprise integration management based on a Meta-enterprise – a PMBoK approach. Procedia Computer Science, 121, 1112–1118. doi:10.1016/j.procs.2017.12.120

física es un grupo de procesos de cierre para formalizar la entrega del proyecto o la fase, pero para la empresa virtual es una disolución que corresponde a la extinción de la empresa virtual.

(**Hatamleh, M. T. M., 2020**)<sup>11</sup>, en su tesis doctoral, explica la complejidad de obtener éxito en los proyectos de construcción en países en desarrollo debido a la incertidumbre en el entorno de aplicación y de los insuficientes recursos para realizar oportuna y adecuadamente los procesos. Un país con el crecimiento económico va a necesitar la implementación de herramientas, métodos y técnicas para ejecutar proyectos de gran envergadura. La meta es cumplir los objetivos planteados dentro del tiempo, el costo y con el cumplimiento de los estándares. La tesis se enfoca en la gestión de proyectos, particularmente, en mejora de prácticas de gestión basado en la madurez y rendimiento del proyecto. La madurez de gestión de proyectos se presenta como un modelo que evalúan las capacidades en gestión bajo 10 áreas de conocimiento basado en el PMBOK. La investigación de esta tesis relaciona la gestión de riesgo con la madurez de gestión de proyectos y su impacto en el desempeño del proyecto, así como su relación con otras áreas de conocimiento.

Son diez riesgos asociados a problemas potencialmente identificados (Ver Tabla 1.1), de lo que se concluye que los riesgos internos oscilan entre el 61.1% - 74.9%, y los restos entre 49.6% y 60%, siendo estos últimos considerados factores de nivel de importancia medio. Tres de los riesgos principales, tienen retrasos por disputas con el contratista o por decisiones tardías, razón a una falta de coordinación con anticipación para cumplir con el cliente. Cinco riesgos están por debajo de diez, tales como retrasos debido a disputas con el contratista (tercero en Jordania), inestabilidad financiera de las partes interesadas (séptimo en Jordania), mala coordinación con los subcontratistas (octavo en Jordania), estimación inexacta de las cantidades de trabajo (puesto noveno en Jordania.)

---

<sup>11</sup> Hatamleh, M. T. M. (2020). Enhancing the management proficiencies in developing countries: the impact of project risk management within a project management maturity model on project performance (Doctoral thesis). The University of Alabama, Department of Civil, Construction and Environmental Engineering. Retrieved from <http://ir.ua.edu/handle/123456789/7652>

y falta de personal calificado (décimo en Jordania). Respecto a madurez, el modelo propuesto presenta una comprensión de la gestión de proyectos basado en el nivel de madurez, entre 1 y 3, pero siendo para países en desarrollo un nivel por debajo del nivel 2, como fue en el caso, para 19 procesos de 56. Sin embargo, resalta que, para consultores y contratistas, la madurez alcanzaría el nivel 4, siendo la condición de las mejoras prácticas de gestión de proyectos el aliciente de hacer eficaz los procesos, definiendo los objetivos y proporcionando una base para la medición del progreso, como es el caso de añadir un periodo de contingencia en el cronograma del proyecto para la ocurrencia e impacto de los riesgos. Entre las prácticas que el autor concluye y sugiere para que las organizaciones de construcción en Jordania incorporen a sus procesos estándares que generen mejor impacto en el desempeño son la gestión de la integración del proyecto, del alcance del proyecto, del cronograma del proyecto, de costos de proyecto, de la calidad del proyecto, de la comunicación del proyecto, de riesgos del proyecto y de adquisiciones de proyecto; el autor eliminó de su modelo la gestión de recursos del proyecto para obtener un ajuste y alineamiento a la madurez de nivel 2.

**Tabla 1.1**

*Diez principales factores de riesgo / Problemas potenciales (cuestionario Jordan)*

Factores	Tipo de riesgo	Responsabilidad asignada	Rango
Riesgo de diseño defectuoso (Cambios en el diseño inicial)	Riesgos Internos	Responsabilidad del cliente / consultora	1
Alcance inadecuado del trabajo o cambios en el mismo (orden de cambio)	Riesgos Internos	Responsabilidad del cliente / consultora	2
Retrasos por disputas con el contratista	Riesgos Externos	Responsabilidad compartida	3
Toma de decisiones tardías por parte de otros participantes del proyecto	Riesgos Internos	Responsabilidad del cliente / consultora	4
Mal desempeño del subcontratista.	Riesgos Internos	Responsabilidad del contratista	5
Solicitudes especiales del cliente, expectativas de calidad excesiva y estándares	Riesgos Internos	Responsabilidad del cliente / consultora	6
Inestabilidad financiera de los <del>stakeholders</del>	Riesgos Externos	Responsabilidad compartida	7
Mala coordinación con el subcontratista	Riesgos Internos	Responsabilidad del contratista	8
Estimación inexacta de las cantidades de trabajo	Riesgos Externos	Responsabilidad indecisa	9
Falta de personal calificado	Riesgos Internos	Responsabilidad del contratista	10

*Nota: fuente traducido de Hatamleh, M. T. M. (2020)*

*(Martins de Andrade, P. R., 2021)<sup>12</sup>, en su tesis doctoral, resaltar la importancia de tratar los problemas de baja calidad de servicio de las Tecnologías de Información (TI)*

<sup>12</sup> Martins de Andrade, P. R. (2021). A Risk Management Framework to Increase Success of IT Projects (Doctoral thesis). University of Regina. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10294/14946>

*utilizando la planificación estratégica para el crecimiento comercial. Esta planificación comienza de una gestión de proyectos con metas, cronograma y presupuestos claros y específicos. Por ello, la tesis evalúa y verifica el cumplimiento de los alcances de los proyectos TI, así como el uso de recursos y la ejecución de los procesos según el cronograma actualizada. Integrando la gestión de proyectos en áreas especializadas, utilizando el PMBOK y el SCRUM, y realización de una identificación de los principales riesgos en la gestión, en el propósito de aumentar la tasa de éxito, el autor concluyó que una Gestión de Riesgos es determinante para la generación de valor para las organizaciones, y en el análisis de riesgos en empresas, ninguna se centró en Gestión de Riesgos, debido a que también los protocolos de aplicar una Gestión de Riesgos en TI es complicado, poco intuitivos colocando en riesgo el abandono de su implementación. El autor contribuye con la realización de una encuesta con 151 empresas sobre las aplicaciones de Gestión de Riesgos existentes y su actuación en entornos reales, una propuesta nueva de aplicación de Gestión de Riesgos, un caso de estudio real y, finalmente, un prototipo de adopción para evaluar los resultados. De los resultados, el autor determinó que la mayoría de las empresas encuestadas usan el PMBOK y SCRUM pero no especifican la complejidad del proyecto, asimismo, los enfoques tradicionales son ineficientes ya que solo el 22,7% de las empresas tienen éxito en más del 80% de sus proyectos, y menos del 50% de las empresas tienen enfoques de análisis de complejidad. En la nueva Gestión de Proyectos, propuesto por el autor, se consigue un modelo más simple y eficiente, ya que consta con tres procesos en comparación de los siete procesos del PMBOK, siendo estos tres procesos: A) Análisis de Complejidad, B) Análisis de Riesgos y C) Seguimiento y Control de Riesgos. Sobre el entorno real, el modelo propuesto por el autor fue aplicado a una empresa canadiense de TI, demostrando que con la aplicación del modelo en auditorias para verificar la complejidad del proyecto e identificar, analizar y controlar los riesgos, se consiguió la satisfacción de los involucrados, pues es un enfoque sencillo, asertivo para manejar riesgos y se recomendó su uso a otros equipos. El prototipo se convirtió en una herramienta de apoyo a la Gestión de Proyectos, integrado a archivos*

*XML o Rest API, con el uso de una matriz de complejidad y la matriz de riesgos, cumpliendo los requisitos y estándares de calidad de gestión de proyectos.*

**(Marinho, A. J. C., 2017)**<sup>13</sup>, en su tesis de maestría, evalúa los riesgos que impacten en la gestión de riesgos, clasifican los riesgos en positivos y negativos. Los riesgos positivos son aquellos que impactan en el proyecto y son aceptados, en cambio, la situación de los riesgos negativos es de minimizarlo o evitarlos, pues estos no garantizan el éxito, y están asociados a la experiencia del gestor de proyectos. El autor se enfoca en los riesgos negativos en proyectos de arquitectura e ingeniería y la ejecución de obras. Emplea un cuestionario y estudio de caso, técnicas y herramientas que son usadas en el sector construcción para estudiar la metodología PMBOK del área de conocimiento de gestación de riesgos que impliquen una mejoría de la productividad y prácticas sustentables con la integración de todos los stakeholders durante el ciclo de vida del proyecto. El autor concluye en que los proyectos de construcción son gerenciados en base a los riesgos y los recursos que auxilien en acciones de respuestas a los riesgos negativos. Es así que las empresas que han interiorizados los beneficios de la gestión de riesgos han proveído experiencia al gestor de proyectos para un impacto en la estrategia de contratación y vida del proyecto, mismo que los proyectos entre sí varíen en tamaño, tipo, duración y costos. Hay dos etapas importantes para el método de integración del proyecto que el autor propone, el IPD (Integrated Project Delivery) y CM (Construction management) at Risk, en que incluye al proyecto funciones de concesión, concurso, compra y construcción, quiere decir, este método se distingue por la integración de todos los stakeholders en experiencia y conocimiento del proyecto. Adicionalmente, a esta metodología se le integrará con el BIM o Lean Construction para minimizar significativamente los errores, reducción de desperdicios para garantizar el éxito del proyecto y entregar confiabilidad en el ciclo de vida de la obra. Del empleo de la guía PMBOK se identificaron los riesgos negativos estimándose las probabilidades de

---

<sup>13</sup> Marinho, A. J. C. (2017). A gestão de riscos em projetos de construção (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico do Porto. Escola Superior de Tecnología e Gestão. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10400.22/11651>

ocurrencia. Una importante respuesta a la evaluación fue que los profesionales en la industria de la construcción no tienen una percepción del área de conocimiento de gestión de riesgos, mismo usando técnicas de gestión de riesgos, no saben cómo asociarlos a los procesos. Hay una falta de experiencias de los clientes o los recursos necesarios para soportar el proyecto en la fase de planeamiento, lo que eleva el impacto negativo en la ejecución. Finalmente, los entregables de esta tesis es una actualización de estado de arte sobre gestión de riesgos de proyectos de construcción, identificación de técnicas y herramientas utilizadas en el medio por proyectistas y consultores, identificación de riesgos significativos para buenas prácticas contrarrestando los riesgos negativos en el sector construcción, y un conjunto de recomendaciones y buenas prácticas en gestión de riesgos.

## **1.2 Identificación y descripción del problema de estudio**

Las empresas de distribución eléctrica en el Perú han tenido dificultades en gestionar los proyectos asociados a la calidad de servicio eléctrico que ofrecen. Siendo el escenario de la gestión de proyectos positivo en países de Europa y EEUU, pero en un país en desarrollo como el Perú, la evolución de la gestión de proyectos ha sido lenta y plagada de problemas que colocan en riesgos los proyectos y, por ende, el éxito.

El problema principal es la falta de buenas prácticas en la Gestión de riesgos para atender las principales consecuencias asociadas a los riesgos respecto a alcance, tiempo y costo. La legislación peruana es insuficiente para atender las complejidades de los proyectos y la competitividad en el sector de distribución eléctrica. Existe preocupación por parte de los stakeholders por los errores y omisiones que se cometen, los mismos que condicionan la competitividad en el sector de distribución eléctrica, generando ansiedad por falta de planificación clara y oportuna, un cronograma mal diseñado y estructurado, a lo anterior se suma la inexperiencia del personal, lo que conduce al fracaso del proyecto.

Son diferentes factores que generan una falta de competitividad en el sector, pero se atribuye principalmente este fracaso a la ausencia de una metodología o técnicas para la gestión eficiente de los proyectos, siendo una de ellas, la gestión de riesgos del PMBOK

de forma práctica y valiéndose de una herramienta de análisis de proyectos complejos en tiempo, costo y alcance. La gestión de riesgos es fundamental para la transformación cualitativa, de parámetros que se aplican al proyecto cercanos a la realidad, siguiendo las áreas de conocimiento de la Gestión de Riesgos para personal calificado de empresas referentes del sector.

Hay dos niveles para la evaluación de riesgos: el riesgo individual en condición de positivo o negativo en uno o varios objetivos del proyecto, y está el riesgo general en condición de incertidumbre en el conjunto todo o integral del proyecto. Este último es la suma de incertidumbres, incluye los riesgos individuales que determinan el fracaso o éxito del proyecto. Este último será la atención del trabajo de esta tesis y dependerá de la percepción de los expertos en el sector y los objetivos, alcances, costos y cronograma de los proyectos involucrados.

Actualmente, es poco utilizado herramientas de evaluación de riesgos y toma de decisiones por lo que es importante apoyarse de herramientas y métodos que apoyen a mitigar o evitar riesgos negativos o en lo posible minimizar las incertidumbres en un riesgo general del proyecto.

En la presente tesis se considera la determinación de lo siguiente:

- Cálculo del coeficiente de factor de riesgo para sobrecosto (FIC), su severidad SIC, probabilidad de ocurrencia e índice de severidad.
- Cálculo del coeficiente de factor de riesgo por exceso de tiempo (FIT), su severidad SIC y probabilidad de ocurrencia e índice de severidad.

## **1.3 Formulación del problema**

### **1.3.1 Problema General**

¿Permitirá el análisis de riesgos aplicando lógica difusa mejorar la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica?

### 1.3.2 Problemas Específicos

Así también, los problemas específicos se formulan con las siguientes:

1. ¿De qué manera la lógica difusa mejora la gestión del índice de riesgo de costo de un proyecto de distribución eléctrica?
2. ¿De qué manera la lógica difusa mejora la gestión del índice de riesgo de tiempo de un proyecto de distribución eléctrica?

## 1.4 Justificación e importancia

El trabajo de investigación se justifica por mejorar la eficiencia por la identificación anticipada de factores de riesgo relacionados con sobrecostos y retrasos que permite actuar proactivamente, lo que conduce a una ejecución más eficiente de los proyectos eléctricos. También, reduce las pérdidas económicas dado que la gestión ineficiente de riesgos conlleva a sobrecostos significativos y retrasos en la entrega de proyectos, lo que afecta la rentabilidad y competitividad de la empresa. El análisis preciso de riesgos reduciría estas pérdidas económicas. Por último, el empleo de la lógica difusa en el análisis de riesgos es una innovación en el ámbito de la gestión de proyectos. Su aplicación práctica en el sector de distribución eléctrica establece un precedente valioso para la adopción de métodos modernos y efectivos en la gestión de riesgos.

La importancia de la investigación es la identificación y análisis de riesgos, como sobrecostos y retrasos, son fundamentales para mejorar la gestión de proyectos en el sector de distribución eléctrica. Esto permite prever situaciones, adoptar estrategias preventivas y optimizar recursos. Asimismo, la lógica difusa brinda un enfoque novedoso y poderoso para modelar y cuantificar la incertidumbre inherente en la gestión de riesgos. Al aplicar esta metodología, se toman decisiones más informadas y acertadas. Por consiguiente, una validación del modelo de lógica difusa frente a proyectos reales proporciona una oportunidad para verificar su eficacia y precisión. Esto confirma la utilidad práctica de la lógica difusa en el análisis de gestión de riesgos.

## **1.5      Objetivos**

### **1.5.1    Objetivo General**

Desarrollar un análisis de riesgos aplicando lógica difusa para mejorar la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica.

### **1.5.2    Objetivos Específicos**

1. Aplicar la lógica difusa para el cálculo del índice de riesgo de costo en la gestión de un proyecto de distribución eléctrica.
2. Aplicar la lógica difusa para el cálculo del índice de riesgo de tiempo en la gestión de un proyecto de distribución eléctrica.

## **1.6      Hipótesis**

### **1.6.1    Hipótesis General**

El análisis de riesgos aplicando lógica difusa mejorara la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica.

### **1.6.2    Hipótesis Específicas**

1. La aplicación de la lógica difusa permitirá calcular el índice de riesgo del costo en la gestión de un proyecto de distribución eléctrica.
2. La aplicación de la lógica difusa permitirá calcular el índice de riesgo del tiempo en la gestión de un proyecto de distribución eléctrica.

## **1.7      Variables, dimensiones, indicadores y operacionalización de variables**

En la tabla 1.2 se presenta las variables, sus indicadores y dimensiones.

**Tabla 1.2***Operacionalización de variables*

“ANÁLISIS DE RIESGOS APLICANDO LÓGICA DIFUSA PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL COSTO Y TIEMPO EN PROYECTOS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA”					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	OPERACIONALIZACIÓN		ESCALA DE MEDICIÓN
			DIMENSIONES	INDICADORES	
<b>Variable dependiente (Y):</b> Mejora del costo y tiempo	Por mejora de costo se entiende una menor inversión monetaria	Calculo del coeficiente de factor de riesgo para sobrecosto (FIC).	SIC (Severidad de Riesgo para Sobrecosto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PO (probabilidad de ocurrencia)</li> <li>• SI (Índice de Severidad)</li> </ul>	Ambas adimensionales (0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00)
	Por mejora de tiempo se entiende una disminución de días utilizados.	Calculo del coeficiente de factor de riesgo por exceso de tiempo (FIT).	SIF (Severidad de Riesgo para Retrasos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PO (probabilidad de ocurrencia)</li> <li>• SI (Índice de Severidad)</li> </ul>	Ambas adimensionales (0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00)
<b>Variable independiente (X):</b> X1: Análisis de riesgo aplicando lógica difusa	Identificación de los factores de riesgos que influyen en los costos y tiempo en los proyectos de distribución eléctrica.	Cada factor de riesgo se identifica, clasifica y opera a través de encuestas, donde se evalúa su impacto en los costos y tiempo en los proyectos de distribución eléctrica.	Categorización de los Factores de Riesgos de los Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnitud del factor de riesgo del proyecto</li> <li>• Probabilidad de ocurrencia y Severidad</li> </ul>	(Muy alto=1.00; alto=0.75, medio=0.50, bajo=0.25, muy bajo=0.00)

## 1.8 Unidad de análisis

La principal unidad de análisis se basa en los datos recopilados de 28 expertos directamente involucrados en la ejecución de proyectos de una empresa de distribución eléctrica. Estos datos incluyen información sobre índices de sobrecosto, demoras de tiempo y coeficientes de riesgo, permitiendo un análisis específico de 11 factores de riesgo identificados.

Asimismo, los datos se relacionan con la ejecución de 23 proyectos específicos dentro de la empresa de distribución eléctrica. Estos proyectos actúan como unidades individuales de análisis, proporcionando información sobre la gestión, ejecución y resultados asociados a los riesgos de sobrecostos y retrasos.

## 1.9 Fuentes de información

Las fuentes de información incluyen:

- Datos recolectados de 23 proyectos específicos dentro de la empresa de distribución eléctrica, proporcionando información sobre la gestión, ejecución y resultados asociados a los riesgos de sobrecostos y retrasos. La información relacionada a los 23 proyectos se muestra en la tabla 4.1 Relación de Proyectos de empresa de distribución eléctrica.
- Encuesta por cuestionario aplicada a 28 expertos directamente involucrados en la ejecución de proyectos de distribución eléctrica mediante formulario google que se encuentra en la Figura 3.7 Encuesta por cuestionario, y el detalle del resultado de la encuesta se muestra en las Tablas 4.3 y 4.4 en la que también se presenta el cálculo del alfa de Cronbach.
- Información obtenida de fuentes secundarias como recomendaciones proporcionadas por consultores ejecutores de proyectos y reportes de campo.
- Retroalimentación y aportes de los profesionales con experiencia directa en los proyectos, brindando una visión integral de las operaciones y factores de riesgo en la gestión de proyectos.

- Datos recopilados mediante formularios en línea de Google y respuestas a cuestionarios, que fueron procesados posteriormente utilizando herramientas como Microsoft Excel para cálculos y análisis adicionales.
- En la figura 3.7 se muestra el formulario Google en forma parcial debido a su extensión. Las respuestas al formulario Google procesadas con Microsoft Excel se encuentran en las Tablas 4.3 y 4.4.
- Análisis estadísticos, tablas y representaciones gráficas empleadas para visualizar y contrastar eficazmente los datos recopilados.
- Referencias bibliográficas y literatura relevante utilizada en la revisión de antecedentes y fundamentación teórica, como referencias y estudios previos relacionados con la gestión de riesgos en proyectos de distribución eléctrica

## **1.10 Tipo y nivel de investigación**

### **1.10.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada pues se centra en la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos para resolver problemas específicos o situaciones prácticas en un contexto empresarial de distribución eléctrica. En este caso, se emplean métodos, técnicas y herramientas para evaluar los riesgos de sobrecostos y retrasos en proyectos concretos dentro de una empresa de distribución eléctrica. La investigación aplicada se basa en la recolección y análisis de datos reales provenientes de la ejecución de proyectos, utilizando encuestas, análisis estadísticos y herramientas de lógica difusa para desarrollar modelos que permitan comprender, clasificar y prever estos riesgos. El objetivo principal es proporcionar soluciones prácticas y aplicables a la gestión de proyectos eléctricos, utilizando la información recopilada para tomar decisiones informadas y mejorar el desempeño en este ámbito específico.

### **1.10.2 Nivel de investigación**

El presente trabajo muestra un nivel de investigación descriptiva y correlacional. La investigación descriptiva se emplea para comprender y describir los factores que subyacen

a los fenómenos estudiados. En este caso, se busca entender por qué se producen los sobrecostos y retrasos en los proyectos de una empresa de distribución eléctrica, así como identificar los factores que influyen en estos resultados.

Por otro lado, el nivel correlacional se enfoca en establecer si existe una relación entre las variables, sin profundizar en las causas. Se pretende determinar si hay una correlación entre los índices de sobrecosto y retraso, y los factores de riesgo identificados en los proyectos. Se analiza la relación entre estas variables, evaluando si un aumento en los índices de riesgo está asociado con ciertos factores identificados.

Ambos niveles de investigación, el descriptivo y el correlacional, se combinan para profundizar en la comprensión de los riesgos en los proyectos de distribución eléctrica, tanto desde una perspectiva causal como en la identificación de posibles relaciones entre variables, proporcionando así un panorama más completo de la problemática estudiada.

### **1.11 Método de diseño de la investigación**

El diseño de investigación utilizado en el presente trabajo involucra tanto elementos cuantitativos como cualitativos para abordar la problemática de análisis de riesgos en proyectos de distribución eléctrica.

En cuanto al enfoque cuantitativo, se emplea para la recopilación de datos numéricos y la aplicación de técnicas estadísticas. Se recolectan datos sobre índices de riesgo, costos, tiempos y otros parámetros mediante encuestas y cuestionarios estructurados a expertos. Estos datos cuantitativos se utilizan para calcular índices, coeficientes y realizar análisis estadísticos, como el cálculo del Alfa de Cronbach, Índices de Probabilidad, Severidad y otros análisis numéricos.

Por otro lado, el enfoque cualitativo se refleja en la recolección de información basada en opiniones, percepciones y experiencias de los expertos en proyectos de distribución eléctrica. Se aplican cuestionarios y se recopilan respuestas abiertas para comprender mejor los factores que inciden en los riesgos de los proyectos, permitiendo

una comprensión más profunda de los desafíos enfrentados en la ejecución de estos proyectos.

La combinación de estos enfoques, cuantitativo y cualitativo, permite una investigación más completa y holística sobre el análisis de riesgos en proyectos de distribución eléctrica, aprovechando tanto la objetividad de los datos numéricos como la riqueza de información proporcionada por las percepciones y experiencias de los expertos en el campo.

## **1.12 Población y muestra**

### **1.12.1 Población**

La población en este trabajo es 100 proyectos de distribución eléctrica de una empresa.

### **1.12.2 Muestra**

La muestra consiste en una selección representativa de esta población, es decir, un subconjunto de esos proyectos que se utilizan para la recolección de datos y análisis en la investigación. De la población de 100 proyectos de distribución eléctrica se seleccionó para el desarrollo del trabajo 23 proyectos cuyo monto de inversión es mayor al millón de soles.

Adicionalmente, se recopilaron datos de la encuesta a 28 expertos directamente involucrados en la ejecución de los 23 proyectos de distribución eléctrica. Estos expertos fueron seleccionados para participar en la encuesta por cuestionario, proporcionando información valiosa sobre los riesgos asociados a la muestra de proyectos, permitiendo así obtener una visión clara de los desafíos enfrentados en la gestión de proyectos.

## **1.13 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La investigación utilizó las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en este estudio:

1. **Revisión de Literatura:** Análisis de 23 proyectos y la contribución de 28 expertos en gestión de proyectos, lo que permitió identificar 11 factores de riesgo asociados con sobrecostos y retrasos. Los proyectos considerados se encuentran en la Tabla 4.1, la contribución de los 28 expertos que respondieron a la encuesta se encuentra en las Tablas 4.3 y 4.4, en lo que respecta a los factores de riesgos considerados se detallan en la tabla 3.1 Identificación de factores de riesgos.
2. **Cuestionario y Encuesta:** Se diseñó y distribuyó un cuestionario entre 28 expertos en la gestión de proyectos en empresas de distribución eléctrica. Este cuestionario recopiló datos sobre índices de sobrecosto y retraso de 11 factores de riesgo.
3. **Herramientas de Fuzzy Logic Toolbox en MATLAB:** Para configurar reglas y generar valores de salida nítidos basados en la lógica difusa, empleando declaraciones basadas en variables de entrada y salida definidas en el Editor FIS.
4. **Análisis Estadístico y Gráficos:** Se utilizaron tablas, análisis estadísticos y representaciones gráficas para sintetizar y visualizar los datos brutos recopilados, facilitando la comparación y comprensión de los resultados.
5. **Formularios en línea de Google y respuestas impresas:** Recopilación de datos a través de formularios en línea y respuestas impresas a cuestionarios. Los datos recopilados se exportaron a Microsoft Excel para cálculos y análisis adicionales, como Alfa de Cronbach, Índices de Probabilidad, Índices de Severidad, Índice de Priorización de Riesgos, Coeficientes de Factor de Riesgo para Sobrecosto y Retraso.
6. **Análisis de Proyectos:** Se analizaron detalles de proyectos específicos en tablas dedicadas para evaluar el exceso de tiempo y costos, así como para clasificar los factores de riesgo asociados a estas variaciones.

7. **Presentación y Resumen de Resultados:** Se incluyeron tablas para resumir los valores numéricos y la clasificación de factores de riesgo asociados al exceso de tiempo y costos en los 23 proyectos estudiados.

#### **1.14 Análisis y procesamiento de datos**

El análisis y procesamiento de datos en este estudio se realizaron mediante diversas herramientas y técnicas:

1. **Excel:** Se empleó para llevar a cabo cálculos y análisis estadísticos, incluyendo la determinación de parámetros como el Alfa de Cronbach, los Índices de Probabilidad, Severidad, Índice de Priorización de Riesgos, Coeficientes de Factor de Riesgo para Sobrecosto y Retraso, entre otros.
2. **Fuzzy Logic Toolbox en MATLAB:** Se utilizó para configurar reglas, generar valores de salida nítidos y aplicar la lógica difusa para calcular el Índice Difuso de Sobrecostos (FIC) y el Índice Difuso de Retraso (FIT), convirtiéndolos en valores precisos en un rango de 0 a 1.
3. **Análisis Estadístico y Gráficos:** Se realizaron análisis estadísticos y se crearon representaciones gráficas para visualizar y contrastar eficazmente los datos brutos recopilados. Estos gráficos y tablas proporcionaron una comprensión más clara de la información recopilada y permitieron identificar patrones o tendencias.
4. **Ánalisis de Proyectos Específicos:** Se llevó a cabo un análisis de cada proyecto específico, utilizando tablas para evaluar la variación en los días de duración según lo estipulado en el contrato y la duración real, así como los costos asociados. Se utilizaron tablas adicionales para clasificar los factores de riesgo asociados con estas variaciones.
5. **Presentación y Resumen de Resultados:** Se elaboraron tablas para resumir los valores numéricos y la clasificación de factores de riesgo asociados al exceso de tiempo y costos en los 23 proyectos estudiados. También se presentaron gráficos y figuras para visualizar el proceso de inferencia difusa y sus resultados.

El análisis y procesamiento de datos se llevaron a cabo de manera rigurosa y metódica, utilizando herramientas estadísticas, lógica difusa y representaciones visuales para comprender y presentar de manera clara los resultados obtenidos a partir de los datos recopilados.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En esta sección se exponen los fundamentos y bases teóricas con un análisis de los pilares fundamentales en la gestión de proyectos y la aplicación específica de la lógica difusa en este contexto.

Este capítulo examina los principios rectores de la gestión de proyectos, destacando su importancia para la planificación, ejecución y control efectivo de las actividades empresariales.

Dentro del espectro de la metodología de gestión de proyectos, se abordan en detalle enfoques clave como el Secuencial Tradicional, reconocido por su estructura lineal y paso a paso; el enfoque del Project Management Institute (PMI) y su marco de referencia PMBOK, ampliamente adoptado y reconocido a nivel internacional; así como la metodología Agile, reconocida por su flexibilidad y adaptabilidad en entornos cambiantes y dinámicos.

Además, se exploran conceptos como la Gestión de Cambio (Change Management), imprescindible para gestionar eficazmente transformaciones en las organizaciones, y las metodologías basadas en el proceso, que ofrecen estructuras específicas para la realización eficiente de tareas.

Un aspecto clave y novedoso dentro de este marco teórico es la inclusión de la lógica difusa en la gestión de proyectos. Esta herramienta de la inteligencia artificial se examina minuciosamente en su aplicación para abordar la incertidumbre y la imprecisión

en la toma de decisiones, especialmente en el análisis de gestión de riesgos en proyectos de distribución eléctrica.

## **2.1 Gestión de proyectos**

La gestión de proyecto es la capacidad de planificar y dirigir proyectos según las operaciones enfocadas en alcanzar un objetivo obedeciendo un alcance, soportado por recursos cumpliendo plazos predeterminados.

La gestión de proyectos se enmarca en dar un inicio a un proyecto, verificar su evolución, controlar y plantear acciones de respuesta a los problemas suscitados durante el proyecto, entregar facilidades para la finalización del proyecto con su respectiva conformidad.

La gestión de proyectos sugiere reuniones periódicas que no interfieran con la actividad diaria empresarial, a su vez, concentran los esfuerzos para entender los objetivos específicos asociándoles actividades y acciones para cumplir las metas establecidas. Los proyectos disponen de un equipo de trabajo eficiente y responda a factores asociados al éxito el proyecto, como son: la escalabilidad, la complejidad y su importancia.

El propósito de la gestión de proyectos es proporcionar a la empresa un beneficio expresado en resultados como la ampliación de su core business con la creación de nuevas centrales, como también la reducción de costos operativos y de mantenimiento, y como último el posicionamiento estratégico respecto al rendimiento corporativo.

Los desafíos más comunes en la gestión de proyectos están estrechamente asociados al tiempo, el coste y el alcance (usualmente llamada de Triángulo de Gestión de Proyectos). El alcance es prácticamente la hoja de ruta que siguen el proyecto paso a paso. Cada paso del alcance está asociado a tiempos, cuyo recurso varía según el proceso inherente al alcance. Controlar los procesos de manera tal que los tiempos sean eficientes continúa siendo un desafío, añadiendo a este coste basado en el presupuesto establecido en la etapa inicial del proyecto comparado con lo propuesto inicialmente. Las restricciones del proyecto son evaluadas simultáneamente para encontrar un equilibrio y garantizar el

éxito del proyecto. Quiero decir, en el caso de reducir el tiempo asignado significaría un aumento costo inicial o caso que no se pueda variar el costo significaría una ampliación de tiempo con riesgos asociados. De cualquiera de las formas el alcance determina el rumbo del proyecto.

La norma ISO 21500 establece los estándares para la dirección y gestión de proyecto, partiendo con la organización de la gestión basado en los procesos para estabilizar sistematizar el marco lógico del desarrollo del proyecto. Esto va a significar que los actores del desarrollo del proyecto garanticen el éxito del proyecto independientemente de quien lo realice.

## **2.2 Metodología de gestión de proyectos**

Las empresas optan por metodologías que se adecúen a la organización, los procesos y garanticen la eficiencia de los proyectos. En ese sentido existen distintas metodologías, las cuales se van a mencionar las siguientes:

### **2.2.1 Secuencial Tradicional**

Esta es una de las metodologías como menciona en su nombre tradicional por su practicidad, y se describe por etapas que se suceden unas tras otras creando una ruta secuencial en el que para comenzar una etapa hay que terminar otra. El riesgo asociado a este tipo de metodología es que, si se tuviera que cambiar algún aspecto, pudiendo ser el proceso, los recursos, el tiempo asociado a la etapa, se tendría que volver al inicio para reconfigurar la etapa, lo que prácticamente sería comenzar desde el inicio. Dentro de las metodologías conocidas se destacan dos: Critical Chain Project Management (CCPM) y Critical Path Method (CPM).

El Critical Chain Project Management, es una metodología que establece el camino más largo en el cronograma de ejecución del proyecto, y a su vez, evalúa la interdependencia de actividades según los recursos utilizados, capacidad instalada y estimación de tiempo de los procesos. Por otro lado, el Critical Path Method es

estrictamente secuencial y es común en líneas de producción continua, ejecutadas en un orden específico, predefinidos.

### **2.2.2 PMI/PMBOK**

El instituto de gestión de proyectos (en inglés Project Management Institute, con siglas PMI) formula una guía para la gestión de proyecto conocida como Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK). Esta guía desglosa el ciclo de vida de proyecto en 5 fases para una adecuada gestión (Project Management Institute, 2017) y son:

- a) Inicio, fase en la cual se evalúa la idea de negocio o proyecto, según su objetividad, beneficio, alcance y resultados esperados. Además, se identifican los socios estratégicos, y requiere un estudio de factibilidad, cuya conformidad resulta en elaborar un plan de proyecto.
- b) Planificación, fase en la cual se traza un plan, siguiendo objetivos de los cuales se desprenderá un programa de actividades con sus respectivas metas y costos asociados, además de los resultados claves del éxito. El plan, a su vez, tendrá información sobre los riesgos que el proyecto maneja, sobre el análisis de los indicadores de calidad, sobre la comunicación del equipo sobre un horizonte de tiempo establecido con plazos claros.
- c) Ejecución, fase en la cual se hace visible el comienzo del proyecto con el lanzamiento del equipo para ejecutar tareas e informarse de detalles relevantes, y a su vez, se ejecutan minuciosamente las etapas establecidas en el plan siguiendo procesos y obteniéndose entregables de calidad.
- d) Supervisión, fase en la cual se hace el seguimiento y control de la ejecución del proyecto, con una vigilancia minuciosa sobre los procesos, los entregables y el cumplimiento del programa para no afectar el alcance del proyecto.

- e) Cierre, fase en la cual es entregado con conformidad el entregable final, y a su vez, en la oportunidad para evaluar el desarrollo para evitar errores futuros y se consolide un desempeño mayor en ejecución de los proyectos.

### **2.2.3 Agile**

La metodología Agile es la base de metodologías de gestión de proyectos como Scrum, Kanban, ambas ampliamente enfocadas en lo más importante y eficiente del proyecto, lo que significa una priorización del alcance y requisito que aseguren las características de desarrollo de los procesos. Relaciona eficientemente el equipo de trabajo con el presupuesto y disponibilidad. Hay otras metodologías parte de Ágil, como el Extreme Programming (XP) y Adaptive Project Framework (APF), y estas tienen en común la adaptación de los proyectos a un conjunto de fases predeterminadas cuya finalidad es la performance del proyecto.

### **2.2.4 Gestión de Cambio (Change Management)**

Los proyectos se exigen una atención en su desarrollo de modo que se apliquen instrumentos de control que identifiquen los riesgos asociados en las etapas, en sus procesos y en los recursos utilizados. En ese sentido, surge una metodología dedicada a la gestión de cambio enfocada en la planificación de riesgos, vale decir, cuando los riesgos aparecen en un proceso, la gestión de cambio controla el evento y realiza modificaciones, alteraciones, cambios para conservar el resultado o producto de la etapa. Entre la metodología conocidas se destacan el Extreme Project Management y el Event Chain Methodology.

El Extreme Project Management, es una metodología estrictamente utilizada en entornos complejos en que los equipos sean operados de forma creativa, a modo de prueba y error, y se oriente a una adaptabilidad al cambio y maneje una alta incertidumbre. Por otro lado, el Event Chain Methodology, es una metodología enfocada en la planificación de un proyecto en la que matemáticamente, principalmente utilizando el

análisis Montecarlo, predice la ocurrencia de los riesgos y la incertidumbre que pueda significar una afectación del proyecto.

#### **2.2.5 Metodologías basadas en el proceso**

Los proyectos están orientados al producto como al proceso, y es en esta segunda opción en el que se optan por metodologías que gestionen los procesos. En ese sentido hay una evolución de metodologías orientadas a gestionar los procesos de negocio (en inglés Business Process Management, con siglas BPM) De las que se destacan:

- a) Lean manufacturing, es una metodología que se enfoca en identificar los desperdicios en los procesos para su simplificación y reducción de forma rápida o sistemática;
- b) Six Sigma, es una metodología que mide los errores, defectos o fallas estadísticamente en los procesos, de manera tal que mide la frecuencia de ocurrencia para minimizarlo aplicando técnicas que mejoren los indicadores de calidad. El fin del Six Sigma es cero defectos.
- c) Lean Six Sigma, es una metodología que combina el lean manufacturing con el Six Sigma, y se describe como la reducción de desperdicios que resultan de defectos identificados para mejorar los indicadores de calidad.
- d) Gestión de proyectos basado en procesos (en inglés Process-Based Project Management), es una metodología que suma los esfuerzos para que se cumplan la misión de la empresa y se obtenga un valor corporativo como resultado de la mejora de estándares de calidad en los procesos.

#### **2.3 Lógica difusa en gestión de proyectos**

La aplicación de la lógica difusa en la gestión de proyectos implica utilizar esta herramienta matemática para lidiar con la incertidumbre, la imprecisión y la vaguedad que a menudo se encuentran en este campo. A continuación, se presenta un marco teórico que explora cómo la lógica difusa es útil en la gestión de proyectos:

1. **Toma de decisiones bajo incertidumbre:** En la gestión de proyectos, se enfrentan situaciones donde los datos son incompletos o ambiguos. La lógica difusa permite modelar y evaluar esta incertidumbre al asignar grados de certeza a las decisiones. Por ejemplo, en el análisis del rendimiento del proyecto, se emplea conjuntos difusos para evaluar factores subjetivos como la satisfacción del cliente o la calidad del trabajo.
2. **Programación y control de proyectos:** La lógica difusa se emplea en la planificación y el control de proyectos para manejar la imprecisión en la estimación de tiempos, costos y recursos. Al integrar la incertidumbre en los modelos de programación, se ajusta y adapta a las programaciones de proyectos para afrontar desviaciones imprevistas.
3. **Gestión de riesgos:** La gestión de riesgos es una parte integral de la gestión de proyectos. La lógica difusa es utilizada para evaluar y clasificar riesgos con grados de probabilidad y severidad difusos. Asimismo, apoya a identificar patrones y correlaciones entre diferentes factores de riesgo.
4. **Evaluación del rendimiento y toma de métricas:** En la medición del rendimiento de proyectos, se emplean conjuntos difusos para evaluar métricas complejas o cualitativas como la satisfacción del cliente, la efectividad del equipo o la complejidad del proyecto.
5. **Optimización de recursos:** La lógica difusa apoya en la asignación y optimización de recursos, considerando factores como las habilidades del equipo, la disponibilidad de equipos o la incertidumbre en la demanda de recursos.

La aplicación de la lógica difusa en la gestión de proyectos permite modelar, analizar y tomar decisiones en entornos donde la precisión y la certeza no siempre son factibles. Al integrar la imprecisión y la incertidumbre en los modelos de gestión de proyectos, se mejora la toma de decisiones y la efectividad en la ejecución de proyectos.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DE LA TESIS**

En este capítulo, se abordará La investigación que implica un análisis sistemático, controlado y crítico de hipótesis sobre relaciones entre fenómenos naturales. La investigación comprende procedimientos específicos para recopilar, seleccionar, procesar y analizar información. Esta sección permite evaluar la validez y confiabilidad de un estudio. Responde a dos preguntas: ¿cómo se recolectaron los datos? ¿cómo se analizaron? En este estudio, se emplea la inferencia difusa para cuantificar el riesgo de diversos factores a partir de datos cualitativos proporcionados por expertos. La precisión y fiabilidad de estos datos se validan al compararlos con muestras de proyectos terminados.

#### **3.1 Metodología deductiva**

El presente estudio comienza con una suposición deductiva de que existe un problema en la gestión de riesgos de proyectos en sus procesos, procedimientos, enfoques funcionales, para lo cual los modelos o teorías serían útiles para la resolución del problema.

La metodología propuesta es:

##### **1. Suposición Deductiva y Problema Identificado:**

- Partiendo de la suposición deductiva sobre problemas en la gestión de riesgos en proyectos, se establece el objetivo de resolver este problema mediante enfoques teóricos o modelos.

##### **2. Identificación y Clasificación de Factores de Riesgo:**

- Se identifican y clasifican los factores de riesgo relevantes. Se elabora un cuestionario-encuesta basado en estos factores.

- La encuesta se distribuye a clientes, consultores y contratistas involucrados en los proyectos.

### **3. Clasificación mediante Inferencia Difusa:**

- Los factores de riesgo se clasifican utilizando un modelo de inferencia difusa, una técnica para la gestión de la incertidumbre y el análisis de riesgos.
- Se verifica la precisión de los datos mediante el análisis de proyectos muestreados.

### **4. Análisis de Correlación y Evaluación de Resultados:**

- Se examina la correlación entre los datos obtenidos del modelo de inferencia difusa y los datos del análisis de los proyectos muestreados.
- Los resultados obtenidos del modelo se someten a una evaluación más para obtener conclusiones.

### **5. Estudio de Proyectos Muestreados:**

- Se realiza un análisis de los proyectos muestreados de la empresa de distribución eléctrica para comprender los factores de riesgo asociados con sobrecostos y retrasos.
- Las fuentes secundarias incluyen recomendaciones de consultores ejecutivos y reportes de campo. Se recopilan datos adicionales a través de fuentes primarias como entrevistas a partes involucradas en los proyectos.

### **6. Enfoque de Caso Específico y Entrevistas:**

- Se adopta un enfoque de caso específico para comprender más a fondo los factores de riesgo.
- Se realizan entrevistas personales y telefónicas con las partes involucradas para identificar causas específicas de sobrecostos y retrasos.

Esta metodología permite un análisis integral de los riesgos en la gestión de proyectos mediante técnicas cuantitativas y cualitativas, así como la validación de resultados a través de análisis comparativos y entrevistas directas con los involucrados.

### **3.2 Identificación del factor de sobrecostos y retrasos**

Mediante la revisión de la literatura y de los informes de ampliación de plazo y costo de los 23 proyectos, revisados en el presente estudio, se identificó los factores que generan sobrecostos y retrasos en proyectos de empresas de distribución eléctrica; los 11 factores de riesgo que generan retrasos y los 4 factores de riesgos que generan sobrecostos se muestra en la tabla 3.1 Identificación de factores de riesgo.

Resulta relevante señalar que, en cuanto a los factores de riesgo relacionados con el tiempo, se encontraron asociados a las 9 categorías definidas; sin embargo, en lo que respecta a los factores de riesgo vinculados con los costos, se identificaron únicamente en las dos primeras categorías.

Estos factores se organizaron en nueve categorías específicas, considerando el período del contrato en el que son mitigados o controlados. Dichas categorías se definen en función de su capacidad para ser manejados en distintas etapas del proyecto y abarcan aspectos diversos como:

- A. Riesgos Relacionados con el Cliente
- B. Riesgos Técnicos
- C. Riesgos de Construcción
- D. Riesgos Organizacionales
- E. Riesgos Físicos
- F. Riesgos Financieros
- G. Riesgos Legales
- H. Riesgos Ambientales
- I. Otros Factores de Riesgo

Este enfoque de clasificación permite identificar cuándo y dónde se aplican estrategias de mitigación o control para abordar adecuadamente los distintos factores de riesgo asociados a la gestión de proyectos de distribución eléctrica.

La siguiente tabla presenta los factores de riesgo más recurrentes en proyectos de empresas de distribución eléctrica.

**Tabla 3.1**

*Identificación de factores de riesgo*

Código del factor de riesgo	Factor de Riesgo	Factores que generan retrasos	Factores que generan sobrecosto
<b>A</b>	<b>Riesgos Relacionado con el cliente</b>		
FR1	Intervención inadecuada	X	X
<b>B</b>	<b>Riesgos Técnicos</b>		
FR2	Diseño inadecuado	X	X
FR3	Deficiencia en la elaboración del estudio	X	X
FR4	Inadecuada investigación del sitio	X	X
<b>C</b>	<b>Riesgos de construcción</b>		
FR5	Entrega tardía de materiales	X	
<b>D</b>	<b>Riesgo Organizacionales</b>		
FR6	Mala comunicación entre partes involucradas	X	
<b>E</b>	<b>Riesgos Físicos</b>		
FR7	Condiciones imprevistas del sitio	X	
<b>F</b>	<b>Riesgos financieros</b>		
FR8	Retrasos en el pago	X	
<b>G</b>	<b>Riesgo Legal</b>		
FR9	Dificultad para obtener permisos	X	
<b>H</b>	<b>Riesgos de Ambiente</b>		
FR10	Inclemencias del tiempo	X	
<b>I</b>	<b>Otros factores de riesgos</b>		
FR11	Oposición de la comunidad y/o entidad	X	

### 3.3 Prueba de confiabilidad

El coeficiente alfa de Cronbach representa la coherencia interna de un conjunto de elementos o preguntas dentro de una escala o prueba. Es una medida fundamental para evaluar la fiabilidad o consistencia de dicha escala. A diferencia de una prueba estadística, el alfa de Cronbach es un indicador de confiabilidad. La ecuación es como sigue:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right] \quad (1)$$

Donde:

$\alpha$ : Alfa de Cronbach

k: Número de ítems

$V_i$ : Varianza de cada ítem

#### **V<sub>t</sub>: Varianza del Total**

Un alfa de Cronbach alto indica una alta correlación entre los ítems de la prueba. Sin embargo, este valor está influido por la cantidad de ítems incluidos en la escala: una mayor cantidad tiende a aumentar el valor de  $\alpha$ , mientras que una cantidad limitada da como resultado un valor más bajo. Agregar ítems relevantes mejora el coeficiente alfa.

Es importante mencionar que valores bajos de  $\alpha$  surgen debido a la falta de correlación entre las preguntas de la prueba o cuando se está midiendo más de una variable latente con el conjunto de ítems. En resumen, el alfa de Cronbach ofrece una medida de coherencia interna, destacando la importancia de la relación entre los elementos de una escala para asegurar su fiabilidad. (Konting et al., 2009)

En ese sentido, Toolbox (1995) desarrolla un modelo utilizando Fuzzy Logic Toolbox del software del programa MATLAB con el que se evalúa la magnitud del riesgo de los factores que causan el sobrecosto y el retraso basado en la teoría difusa.

En virtud de calcular la magnitud del riesgo de sobrecostos y retrasos utilizando el Fuzzy Logic Toolbox del software MATLAB, en el subcapítulo 3.4 se desarrolla el enfoque de la lógica difusa en función de membresía triangular basado en Thakur (2021).

#### **3.4 Función de membresía**

En el presente estudio, se ha adoptado como base el enfoque propuesto por Thakur (2021), el cual emplea la función de membresía triangular para tanto las variables de entrada como las de salida. Este enfoque se aplica mediante valores difusos triangulares asociados a cada variable lingüística, establecidos en función de los datos de entrada y salida.

En cuanto a los datos de entrada, se consideran dos índices clave: el Índice de Probabilidad (PI, Probability Index) y el Índice de Severidad (SI, Severity Index). Estos índices se utilizan para evaluar los factores de riesgo vinculados con el sobrecosto (PI, SIC - Severity Index Cost Overrun) y el retraso (PI, SIT - Severity Index Time Delay), respectivamente.

Por otro lado, en relación a los datos de salida, se analiza la magnitud del riesgo asociada a un factor de riesgo específico, expresada a través del índice de magnitud del riesgo por sobrecostos (FIC - Factor Index Cost Overrun) y el índice de magnitud del riesgo por retraso (FIT - Factor Index Time Delay).

El enfoque de membresía triangular aplicado a estas variables proporciona un marco sólido para evaluar y comprender los riesgos asociados a los sobrecostos y los retrasos en proyectos, permitiendo una visión de los factores de riesgo individuales en el contexto de la gestión de proyectos. A continuación, se presentan la tablas y figuras representativas de trabajo.

**Tabla 3.2**

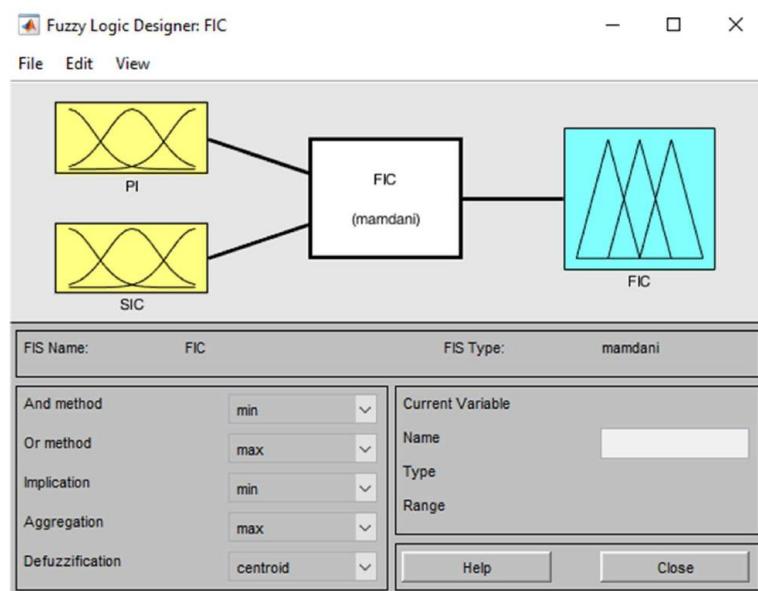
*Tabla de datos de entrada*

Variables difusas	Número difuso
Muy bajo	0,00 0,00 0,25
Bajo	0,00 0,25 0,50
Medio	0,25 0,50 0,75
Alto	0,50 0,75, 1,00
Muy Alto	0,75 1,00 1,00

Nota: fuente Thakur (2021)

**Figura 3.1**

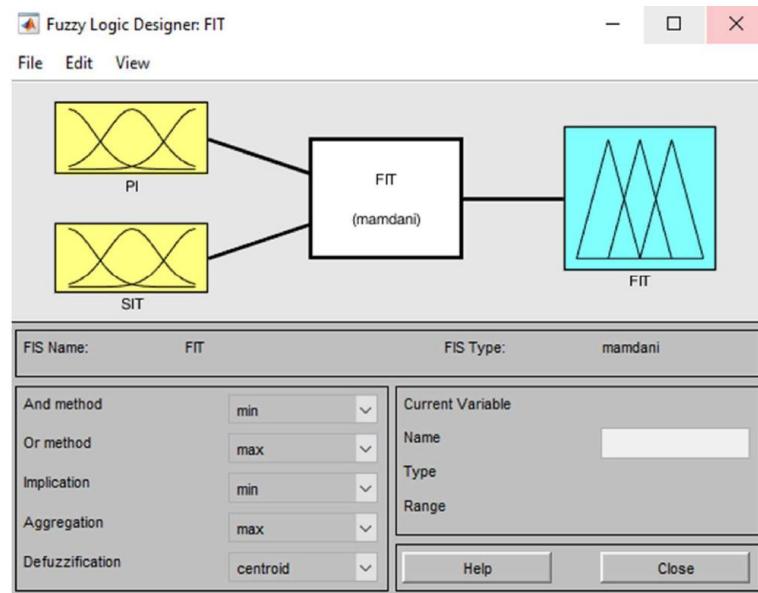
*Diseño de lógica difusa (FIC)*



Nota: fuente Thakur (2021)

**Figura 3.2**

*Diseño de lógica difusa (FIT)*



Nota: fuente Thakur (2021)

**Tabla 3.3**

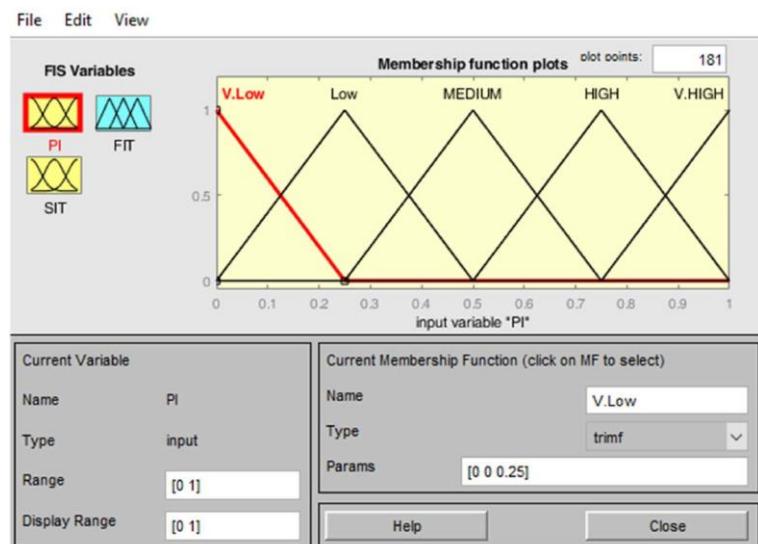
*Tabla de datos de salida*

Variables difusas	Número difuso
Bajo	0,00 0,00 0,3333
Medio	0,00 0,3333 0,6667
Alto	0,3333 0,6667 1,00
Muy Alto	0,6667 1,00 1,00

Nota: fuente Thakur (2021)

**Figura 3.3**

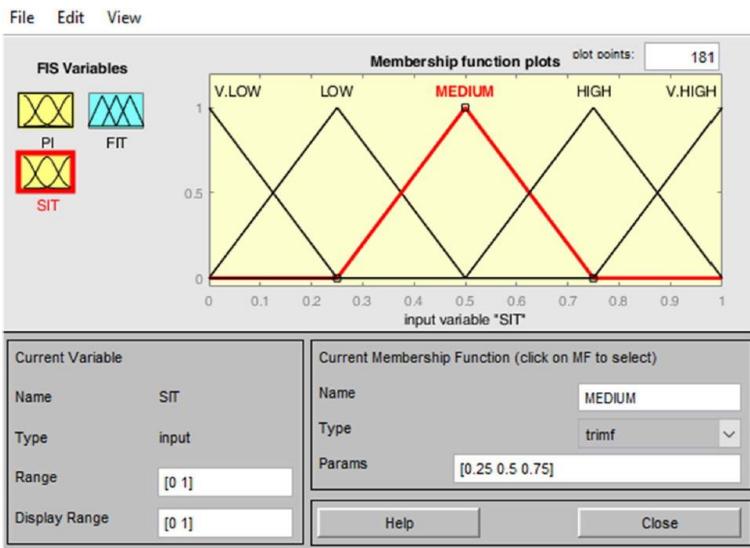
*Función de membresía para el PI*



Nota: fuente Thakur (2021)

**Figura 3.4**

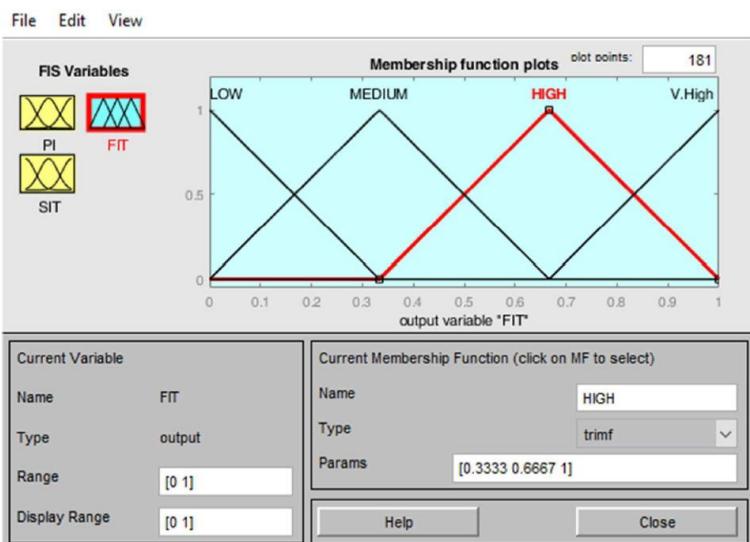
*Función de membresía para el SIT*



Nota: fuente Thakur (2021)

**Figura 3.5**

*Función de membresía para el FIT*



Nota: fuente Thakur (2021)

### 3.4.1 Formación de reglas

Se emplean el índice de probabilidad y el índice de severidad como componentes previos en las reglas IF-THEN, mientras que FIC o FIT conforman la parte consecuente. Establecer una relación entre estos parámetros es esencial para desarrollar reglas lógicas que consideren las dos entradas (índice de probabilidad e índice de severidad para cada factor) y la salida FIC/FIT. Para definir esta relación, se utiliza la matriz de riesgos del

PMBOK (versión 2004, siendo mencionadas en las actualizaciones recientes) que se presenta a continuación. Esta matriz permite interpretar la relación entre las entradas y las salidas. A modo de interpretación de la tabla 3.4, se considera que:

1. Si el índice de probabilidad es Bajo y el índice de severidad es Alto, entonces el índice difuso de sobrecostos o retrasos es Alto.
2. Si el índice de probabilidad es Muy alto y el índice de severidad es Medio, entonces el índice difuso de sobrecostos o retrasos es Muy alto.

**Tabla 3.4**

*Matriz de riesgos*

Índice Difuso para sobrecoste y retraso	Probabilidad de ocurrencia				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Nivel de severidad					
<b>Muy bajo</b>	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
<b>Bajo</b>	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
<b>Medio</b>	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
<b>Alto</b>	Medio	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
<b>Muy Alto</b>	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

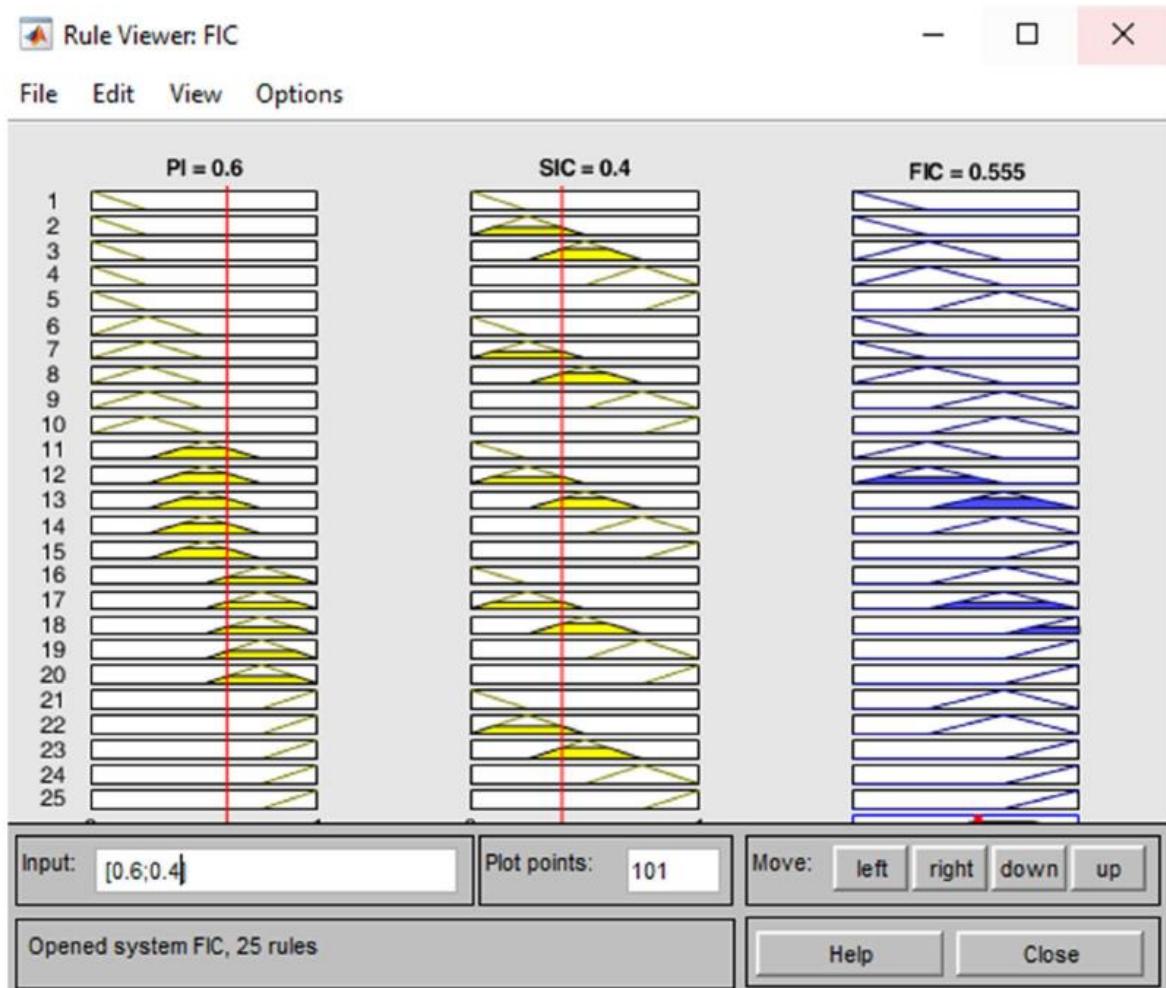
Nota: fuente PMI (2004)

Las reglas serán configuradas y adaptadas utilizando el módulo de Reglas de Fuzzy Logic Toolbox dentro del programa MATLAB. Este editor automatiza la creación de declaraciones basadas en las descripciones de las variables de entrada y salida establecidas mediante el Editor FIS. Posteriormente, se genera un valor de salida nítido mediante el proceso de desfusificación, el cual combina la salida difusa. Los resultados de la magnitud del Índice Difuso de Sobrecostos (FIC) y el Índice Difuso de Retraso (FIT) se expresan como valores precisos en el rango de 0 a 1.

El Visor de Reglas actúa como una guía completa del proceso de inferencia difusa, ofreciendo una representación visual de todo el procedimiento. La representación gráfica, plasmada en la figura a continuación, proporciona una visión clara y comprensible del flujo de la inferencia llevada a cabo. Este recurso gráfico es fundamental para visualizar cada etapa y comprender de manera más clara el proceso de inferencia difusa empleado en este estudio.

**Figura 3.6**

Visor de reglas: FIC



Nota: fuente Thakur (2021)

### 3.5 Colección y procesamiento de datos de expertos

Se recolectaron datos provenientes de 28 expertos que trabajan directamente en la ejecución de proyectos. Con el objetivo de obtener información valiosa, se diseñó y distribuyó un cuestionario entre individuos con una amplia experiencia en la gestión de proyectos dentro de una empresa de distribución eléctrica. Este enfoque permitió recabar datos específicos sobre la ejecución de 23 proyectos.

Estos datos no solo proporcionaron información sobre los proyectos en sí, sino también identificaron al personal que participó de manera frecuente en su ejecución. A través de la retroalimentación y los aportes de estos profesionales con experiencia directa en el terreno, se logró obtener una visión más completa y precisa de las operaciones de

proyectos dentro de la empresa de distribución eléctrica. Esta valiosa información contribuyó significativamente a la comprensión de los factores que inciden en la gestión y ejecución de estos proyectos, brindando una perspectiva integral para este estudio.

**Figura 3.7**

*Encuesta por cuestionario*

The image shows two side-by-side screenshots of a survey form titled 'ENCUESTA'.

**Left Screenshot (Demographic Information):**

- Section: INFORMACION DEMOGRAFICA**
- Question 1:** "1. Cuál es tu edad en años?" with options: < 30, 31 - 39, 40 - 49, 50 - 59, 60 - 70.
- Question 2:** "2. Cuál es tu nivel de formación?" with options: Nivel de licenciatura, Nivel de diplomado, Nivel de maestría, Nivel de doctorado.

**Right Screenshot (Risk Factors):**

- Section: FACTORES DE RIESGOS**
- Text:** "Cada factor de riesgo debe calificarse en tres parámetros. Estos parámetros incluyen la probabilidad de ocurrencia, que es la probabilidad que un riesgo se materialice durante la implementación del proyecto. Los otros parámetros son el nivel de impacto en términos de costo y tiempo. Según su conocimiento y experiencia, califique cada parámetro de Muy bajo a Muy Alto."
- Section: A. Riesgos Relacionado al Cliente**
- Section: Factor 1: Intervención inadecuada \***
- Table:** A 5x5 grid for rating the factor. The columns are labeled: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy alto. The rows are labeled: Probabilidad de Ocurrencia, Impacto en términos de exceso de costos, Impacto en términos de exceso de tiempo.

Según Thakur (2021), para calcular el promedio de opinión de expertos se utiliza la operación de promedio difuso por método agregado que se conoce como “Fórmula de Promedio Triangular”.

Fórmula del promedio triangular para n número de expertos. Considere n expertos y un número difuso

$$A_i = (a_1^{(i)}, a_m^{(i)}, a_2^{(i)}), i = 1, 2, 3 \dots n \quad (2)$$

El promedio de n número difuso se calcula como:

$$A_{avg} = (A_1 + \dots + A_n) / n \quad (3)$$

$$A_{avg} = \left( (a_1^{(i)}, a_m^{(i)}, a_2^{(i)}) + \dots + (a_1^{(n)}, a_m^{(n)}, a_2^{(n)}) \right) / n \quad (4)$$

Utilizando la fórmula anterior, se determina el valor promedio del índice de probabilidad (PI) y el índice de gravedad (SI). Para obtener un valor nítido, el valor difuso ( $a_1$ ,  $a_m$ ,  $a_2$ ), luego se convierte al valor de mejor rendimiento no difuso (BNP) usando la siguiente fórmula:

$$BNP = ((a_2 - a_1) + (a_m - a_1))/3 + a_1 \quad (5)$$

Para realizar el cálculo del Índice de Priorización de Riesgos (BNP, por sus siglas en inglés), se requiere utilizar el Índice de Probabilidad y Severidad (FIC o FIT) correspondiente a un factor de riesgo específico. Este índice representa la magnitud del riesgo en cuestión. El procedimiento para calcular este índice se ilustra en el Apéndice B, donde se presenta un ejemplo práctico para el factor de riesgo 1, denominado "Intervención inadecuada". Este ejemplo sirve como guía para realizar el mismo proceso con respecto a todos los riesgos identificados.

El Anexo B proporciona una demostración y paso a paso del cálculo del BNP para un riesgo particular, ofreciendo un ejemplo concreto que es replicado para cada uno de los factores de riesgo analizados. Esta metodología permite un análisis estructurado y sistemático de los riesgos identificados, permitiendo priorizarlos de manera efectiva para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de proyectos.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Los datos utilizados en este estudio fueron recolectados a través de una encuesta por cuestionario aplicada a 28 participantes. Estos datos incluyeron valores referentes al Índice de Sobrecosto y al Índice de Demora de Tiempo de 11 factores de riesgo identificados en los informes de ampliación de plazo y de exceso de costo de los 23 proyectos del presente estudio. Además, se calcularon el Coeficiente del Factor de Riesgo de Sobrecosto total y el Coeficiente del Factor de Riesgo de Demora total, considerando la perspectiva de los 28 participantes que formaron parte de 23 proyectos, ver Tabla 4.1.

La comparación y síntesis de la información recopilada se llevó a cabo mediante tablas, análisis estadísticos y representaciones gráficas. Estos métodos permitieron visualizar y contrastar eficazmente los datos brutos recopilados. La recopilación de datos se realizó principalmente a través de formularios en línea de Google. Posteriormente, estos datos fueron exportados a Microsoft Excel para realizar cálculos y análisis adicionales, tales como el Alfa de Cronbach, Índices de Probabilidad (PI), Índices de Severidad (SI), Índice de Priorización de Riesgos (BNP), Coeficientes de Factor de Riesgo para Sobrecosto (FIC) y Retraso (FIT). Este enfoque riguroso en el manejo y procesamiento de datos brindó bases sólidas para la evaluación y análisis de los riesgos en los proyectos estudiados.

En las tablas 4.2, 4.3 y 4.4, se muestra detalles de los 28 encuestados y los resultados de la encuesta y respuestas de los cuestionarios según categorías.

**Tabla 4.1***Relación de proyectos de empresa de distribución eléctrica*

Código del Proyecto	Fecha de Inicio Obra según contrato	Fecha de termino Obra según contrato	Fecha de termino real de Obra	Duración según Contrato (días)	Duración según termino real de obra (días)	Exceso de tiempo (días)	Monto contratada según contrato (soles)	Total gastado al termino Obra (soles)	Sobrecosto al termino Obra (soles)
Proyecto 1	26/02/2014	22/11/2014	20/07/2015	270	510	240	6,072,165.99	6,557,192.17	485,026.18
Proyecto 2	24/05/2015	20/08/2015	09/10/2015	89	139	50	1,609,391.97	1,758,021.80	148,629.83
Proyecto 3	30/04/2014	26/10/2014	18/11/2014	180	203	23	1,988,961.11	2,149,130.18	160,169.07
Proyecto 4	29/08/2014	24/02/2015	05/04/2015	180	220	40	4,730,628.11	4,730,628.11	-
Proyecto 5	22/10/2014	14/04/2016	14/04/2016	541	541	0	5,315,161.82	5,846,394.74	531,232.92
Proyecto 6	17/06/2015	12/02/2016	30/03/2016	241	288	47	3,793,527.28	4,135,491.91	341,964.63
Proyecto 7	17/10/2015	13/07/2016	16/11/2016	271	397	126	8,133,089.47	8,935,942.33	802,852.86
Proyecto 8	07/11/2015	04/03/2016	30/06/2016	119	237	118	1,474,035.25	1,608,324.48	134,289.23
Proyecto 9	29/03/2016	23/11/2016	14/01/2017	240	292	52	2,968,197.00	3,126,002.72	157,805.72
Proyecto 10	29/03/2016	24/03/2017	05/05/2017	361	403	42	6,202,811.13	6,820,854.94	618,043.81
Proyecto 11	23/11/2016	20/06/2017	22/09/2017	210	304	94	4,973,400.39	5,372,285.96	398,885.57
Proyecto 12	05/01/2017	01/09/2017	27/01/2018	240	388	148	6,833,830.80	7,425,549.26	591,718.46
Proyecto 13	30/11/2016	27/12/2017	01/09/2018	393	641	248	6,126,531.30	6,502,011.17	375,479.87
Proyecto 14	15/11/2016	12/06/2017	14/02/2018	210	457	247	4,925,184.42	5,416,246.99	491,062.57
Proyecto 15	06/04/2017	01/11/2017	29/01/2018	210	299	89	4,459,273.14	4,898,868.99	439,595.85
Proyecto 16	09/08/2017	05/08/2018	05/05/2019	362	635	273	8,420,500.13	8,711,541.41	291,041.28
Proyecto 17	16/01/2018	12/09/2018	10/05/2019	240	480	240	5,022,733.14	5,480,938.52	458,205.38
Proyecto 18	03/03/2018	29/08/2018	15/03/2019	180	378	198	1,452,209.06	1,595,933.67	143,724.61
Proyecto 19	06/03/2018	01/09/2018	03/07/2019	180	485	305	4,369,468.84	4,804,428.91	434,960.07
Proyecto 20	26/01/2022	23/08/2022	13/01/2023	210	353	143	2,788,473.03	2,959,200.39	170,727.36
Proyecto 21	05/01/2022	01/09/2022	09/10/2022	240	278	38	3,717,120.60	3,881,697.80	164,577.20
Proyecto 22	26/05/2022	19/02/2023	25/02/2023	270	276	6	9,049,903.71	9,049,903.71	-
Proyecto 23	09/09/2022	06/05/2023	13/06/2023	240	278	38	5,961,034.23	6,356,878.01	395,843.78

**Tabla 4.2***Valores de calificación del Alfa Cronbach*

1. Cuál es tu edad en años?	Calificación	2. Cuál es tu nivel de formación?	Calificación	3. Años de experiencia en obras?	Calificación	4. En cuantos proyectos trabajo?	Calificación	5. Qué función ocupé en las obras que labore?	Calificación	Factor 1: Intervención inadecuada [Probabilidad de Ocurrencia]	Calificación
60 - 70	5	Nivel de doctorado	4	> 20	6	16 - 20	5	Supervisor de Obras en una Concesionaria Eléctrica	4	Muy Alto	5
50 - 59	4	Nivel de maestría	3	16 - 20	5	13-16	4	Administrador de Contrato de Obra	3	Alto	4
40 - 49	3	Nivel de diplomado	2	13-16	4	9 - 12	3	Residente de Obra	2	Medio	3
31 - 39	2	Nivel de licenciatura	1	9 - 12	3	5 - 8	2	Consultor supervisor	1	Bajo	2
< 30	1			5 - 8	2	< 5	1			Muy bajo	1
				< 5	1						

**Tabla 4.3**

Cálculo de Alfa Cronbach de FR1 a FR3

Item	Timestamp	1. Cuál es tu edad en años?	2. Cuál es tu nivel de formación?	3. Años de experiencia en obras?	4. En cuantos proyectos trabajo?	5. Qué función ocupó en las obras que laboreo?	Factor 1: Intervención inadecuada [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 1: Intervención inadecuada [Impacto en términos de exceso de costos]	Factor 1: Intervención inadecuada [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor de Riesgo 2: Diseño inadecuado [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor de Riesgo 2: Diseño inadecuado [Impacto en términos de exceso de costos]	Factor de Riesgo 2: Diseño inadecuado [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor de Riesgo 3: Deficiencia en la elaboración del estudio [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor de Riesgo 3: Deficiencia en la elaboración del estudio [Impacto en términos de exceso de costos]	Factor de Riesgo 3: Deficiencia en la elaboración del estudio [Impacto en términos de exceso de tiempo]
1	11/17/2023 18:57:48	40 - 49	Nivel de diplomado	13-16	16 - 20	Supervisor de Obras en una Concesionaria Eléctrica	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
2	11/18/2023 19:59:49	60 - 70	Nivel de licenciatura	> 20	16 - 20	Supervisor de Obras en una Concesionaria Eléctrica	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto
3	11/19/2023 9:17:38	50 - 59	Nivel de maestría	16 - 20	16 - 20	Residente de Obra	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
4	11/20/2023 8:00:22	40 - 49	Nivel de maestría	9 - 12	16 - 20	Supervisor de Obras en una Concesionaria Eléctrica	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
5	11/20/2023 16:15:57	40 - 49	Nivel de maestría	9 - 12	9 - 12	Administrador de Contrato de Obra	Bajo	Alto	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Bajo	Medio	Alto
6	11/20/2023 17:22:29	31 - 39	Nivel de diplomado	9 - 12	16 - 20	Supervisor de Obras en una Concesionaria Eléctrica	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
7	11/20/2023 20:01:52	40 - 49	Nivel de maestría	13-16	9 - 12	Supervisor de Obras en una Concesionaria Eléctrica	Medio	Alto	Medio	Alto	Muy bajo	Alto	Alto	Medio	Alto
8	11/20/2023 20:13:05	50 - 59	Nivel de maestría	16 - 20	9 - 12	Residente de Obra	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto
9	11/21/2023 9:16:51	40 - 49	Nivel de diplomado	13-16	13-16	Residente de Obra	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
10	11/21/2023 15:58:03	60 - 70	Nivel de licenciatura	13-16	9 - 12	Supervisor de Obras en una Concesionaria Eléctrica	Muy bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto
11	11/21/2023 22:00:27	50 - 59	Nivel de licenciatura	13-16	9 - 12	Residente de Obra	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
12	11/22/2023 2:29:13	40 - 49	Nivel de licenciatura	16 - 20	16 - 20	Residente de Obra	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
13	11/22/2023 11:25:57	60 - 70	Nivel de licenciatura	> 20	16 - 20	Residente de Obra	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio
14	11/22/2023 13:49:24	50 - 59	Nivel de licenciatura	> 20	16 - 20	Residente de Obra	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto
15	11/22/2023 14:57:44	40 - 49	Nivel de maestría	16 - 20	13-16	Consultor supervisor	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy alto	Alto	Muy alto
16	11/22/2023 17:47:40	40 - 49	Nivel de licenciatura	9 - 12	13-16	Administrador de Contrato de Obra	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
17	11/23/2023 8:38:12	40 - 49	Nivel de maestría	16 - 20	16 - 20	Consultor supervisor	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Alto
18	11/23/2023 12:59:08	40 - 49	Nivel de maestría	9 - 12	13-16	Supervisor de Obras en una Concesionaria Eléctrica	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
19	11/23/2023 14:05:24	40 - 49	Nivel de licenciatura	16 - 20	16 - 20	Consultor supervisor	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
20	11/23/2023 14:18:28	31 - 39	Nivel de diplomado	13-16	16 - 20	Consultor supervisor	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto
21	11/23/2023 19:08:39	50 - 59	Nivel de maestría	> 20	16 - 20	Administrador de Contrato de Obra	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto
22	11/23/2023 20:42:40	40 - 49	Nivel de maestría	16 - 20	13-16	Administrador de Contrato de Obra	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Muy alto
23	11/23/2023 22:03:41	40 - 49	Nivel de licenciatura	9 - 12	9 - 12	Administrador de Contrato de Obra	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
24	11/24/2023 17:22:02	40 - 49	Nivel de diplomado	16 - 20	16 - 20	Consultor supervisor	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto
25	11/24/2023 17:27:58	40 - 49	Nivel de maestría	16 - 20	9 - 12	Consultor supervisor	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto
26	11/25/2023 7:10:13	40 - 49	Nivel de licenciatura	13-16	9 - 12	Administrador de Contrato de Obra	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy alto	Alto	Muy alto
27	11/25/2023 15:50:06	50 - 59	Nivel de maestría	16 - 20	9 - 12	Consultor supervisor	Medio	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo
28	11/25/2023 16:02:19	50 - 59	Nivel de diplomado	16 - 20	16 - 20	Administrador de Contrato de Obra	Bajo	Medio	Alto	Medio	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Muy alto

**Tabla 4.4***Cálculo de Alfa Cronbach de FR4 a FR11*

Item	Timestamp	Factor 4: Inadecuada investigación del sitio [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 4: Inadecuada investigación en términos de exceso de costos [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor 4: Inadecuada investigación del sitio [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor 5: Entrega tardía de materiales [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 5: Entrega tardía de materiales [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor 6: Mala comunicación entre partes involucradas [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 6: Mala comunicación entre partes involucradas [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor 7: Condiciones imprevistas del sitio [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 7: Condiciones imprevistas del sitio [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor 8: Retrasos en el pago [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 8: Retrasos en el pago [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor 9: Dificultad para obtener permisos [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 9: Dificultad para obtener permisos [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor 10: Inclemencias del tiempo [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 10: Inclemencias del tiempo [Impacto en términos de exceso de tiempo]	Factor 11: Oposición de la comunidad [Probabilidad de Ocurrencia]	Factor 11: Oposición de la comunidad [Impacto en términos de exceso de tiempo]
1	11/17/2023 18:57:48	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
2	11/18/2023 19:59:49	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
3	11/19/2023 9:17:38	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
4	11/20/2023 8:00:22	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Alto	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio
5	11/20/2023 16:15:57	Medio	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Muy bajo	Muy bajo	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto
6	11/20/2023 17:22:29	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Medio	Medio	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Medio	Medio	Muy bajo	Muy bajo	Medio	Medio
7	11/20/2023 20:01:52	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Muy bajo	Alto	Alto	Alto
8	11/20/2023 20:13:05	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
9	11/21/2023 9:16:51	Alto	Alto	Muy alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
10	11/21/2023 15:58:03	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Medio
11	11/21/2023 22:00:27	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio
12	11/22/2023 2:29:13	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Medio	Medio	Muy bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Alto
13	11/22/2023 11:25:57	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
14	11/22/2023 13:49:24	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Muy alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio
15	11/22/2023 14:57:44	Muy alto	Alto	Muy alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
16	11/22/2023 17:47:40	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
17	11/23/2023 8:38:12	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto
18	11/23/2023 12:59:08	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
19	11/23/2023 14:05:24	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
20	11/23/2023 14:18:28	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio	Medio	Alto	Bajo	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Bajo	Alto	Medio	Alto
21	11/23/2023 19:08:39	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
22	11/23/2023 20:42:40	Medio	Alto	Muy alto	Medio	Alto	Medio	Muy alto	Alto	Muy alto	Alto	Muy alto	Alto	Muy alto	Medio	Medio	Medio	Alto
23	11/23/2023 22:03:41	Bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
24	11/24/2023 17:22:02	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto
25	11/24/2023 17:27:58	Medio	Bajo	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto
26	11/25/2023 7:10:13	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio
27	11/25/2023 15:50:06	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
28	11/25/2023 16:02:19	Bajo	Medio	Alto	Medio	Muy alto	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Alto

Aplicando la ecuación 1 del Alfa de Cronbach, con la información recopilada en tablas, se introducieron los siguientes datos de entradas para el cálculo:  $k=31$ ,  $\sum V_i=27.67$  y  $V_t=267.81$ . El resultado del alfa de Cronbach  $\alpha$  es 0.93 significando una alta correlación de los ítems de la calificación de la encuesta de expertos con los factores de riesgos.

#### 4.1 Cálculos considerando la Información de encuesta

En esta sección se realizarán los cálculos del BNP, FIT y FIC, siguiendo la lógica difusa, respecto a los encuestados y los proyectos asociados, siendo el FR1, ya presentado en el Anexo B con resultados:  $BNP = 0.390$  (PO),  $0.574$  (SIC) y  $0.497$  (SIT).

Estos valores serán introducidos en el Matlab para obtener el FIC y SIT.

**Figura 4.1**

*Valores FIC y FIT del FR1 por lógica difusa en Matlab*



De la figura 4.1 se desprende que el resultado del FIC y FIT del factor de riesgo FR1 es  $0.516$  y  $0.516$ , respectivamente, comprobables en la tabla 4.5 y 4.6. De la misma manera han sido determinados el BNP del PO, SIC y SIT para obtener los FIC y FIT de los

11 riesgos de exceso de tiempo y 4 riesgos de exceso de costo, siguiendo las instrucciones del Anexo B. A continuación, se presenta en tablas un resumen de valores FIT y FIC obtenidos del MATLAB aplicando lógica difusa.

**Tabla 4.5**

*Resumen de los valores FIT*

Código del factor de riesgo	Factor de Riesgo	PI	SIT	FIT
<b>A</b>	<b>Riesgos Relacionado con el cliente</b>			
FR1	Intervención inadecuada	0.390	0.497	0.516
<b>B</b>	<b>Riesgos Técnicos</b>			
FR2	Diseño inadecuado	0.464	0.560	0.593
FR3	Deficiencia en la elaboración del estudio	0.512	0.613	0.667
FR4	Inadecuada investigación del sitio	0.443	0.554	0.577
<b>C</b>	<b>Riesgos de construcción</b>			
FR5	Entrega tardía de materiales	0.467	0.577	0.606
<b>D</b>	<b>Riesgo Organizacionales</b>			
FR6	Mala comunicación entre partes involucradas	0.482	0.530	0.633
<b>E</b>	<b>Riesgos Físicos</b>			
FR7	Condiciones imprevistas del sitio	0.366	0.461	0.485
<b>F</b>	<b>Riesgos financieros</b>			
FR8	Retrasos en el pago	0.396	0.440	0.510
<b>G</b>	<b>Riesgo Legal</b>			
FR9	Dificultad para obtener permisos	0.491	0.604	0.646
<b>H</b>	<b>Riesgos de Ambiente</b>			
FR10	Inclemencias del tiempo	0.336	0.432	0.444
<b>I</b>	<b>Otros factores de riesgos</b>			
FR11	Oposición de la comunidad y/o entidad	0.411	0.518	0.539

**Tabla 4.6**

*Resumen de los valores FIC*

Código del factor de riesgo	Factor de Riesgo	PI	SIT	FIC
<b>A</b>	<b>Riesgos Relacionado con el cliente</b>			
FR1	Intervención inadecuada	0.390	0.574	0.516
<b>B</b>	<b>Riesgos Técnicos</b>			
FR2	Diseño inadecuado	0.464	0.506	0.606
FR3	Deficiencia en la elaboración del estudio	0.512	0.473	0.620
FR4	Inadecuada investigación del sitio	0.443	0.432	0.550

## 4.2 Cálculos considerando la Información de los proyectos

En esta sección se realizarán los cálculos del valor típico de cada proyecto, para ello se conocen los detalles de cada proyecto en la tabla 4.1, respecto a días de duración según el contrato vs días de duración real y costo asociado con la variación del proyecto. Del Proyecto 1, se presenta en la tabla 4.7 la evaluación de exceso de tiempo, en la tabla 4.8 la clasificación de los factores de riesgo del resultado de exceso de tiempo, en la tabla 4.9 la evaluación de exceso de costos y en la tabla 4.10 clasificación de los factores de riesgo del resultado de exceso de costos conforme a variación.

**Tabla 4.7**

*Evaluación de exceso de tiempo del Proyecto 1*

Ítem	Causas de la Prorroga	Tiempo total considerado (días)	Código de factor de riesgo
1	Intervención de la Concesionaria en la actividad asignada según contrato	195	FR1
2	Modificación del trazo de la red según proyecto para cumplir con DMS	45	FR2

**Tabla 4.8**

*Clasificación de los factores de riesgo del resultado de exceso de tiempo del Proyecto 1*

Código del factor de riesgo	Factor de Riesgo	Número en días	Ponderación del factor individual (tiempo total considerado en días/duración inicial del contrato)
FR1	Intervención inadecuada	195	0.722
FR2	Diseño inadecuado	45	0.167
FR3	Deficiencia en la elaboración del estudio		0.000
FR4	Inadecuada investigación del sitio		0.000
FR5	Entrega tardía de materiales		0.000
FR6	Mala comunicación entre partes involucradas		0.000
FR7	Condiciones imprevistas del sitio		0.000
FR8	Retrasos en el pago		0.000
FR9	Dificultad para obtener permisos		0.000
FR10	Inclemencias del tiempo		0.000
FR11	Oposición de la comunidad y/o entidad		0.000

**Tabla 4.9**

*Evaluación de exceso de costos del Proyecto 1*

Ítem	Causa de la variación	Costo asociado con la variación (soles)	Código de factor de riesgo
1	Partidas adicionales, incremento de partidas, y reducción de partidas por modificación del trazo de red para cumplir DMS	485,026.18	FR2

**Tabla 4.10**

*Clasificación de los factores de riesgo del resultado de exceso de costos conforme a variación del Proyecto 1*

Código de factor de riesgo	Factor de Riesgo	Cantidad	Peso del factor de riesgo (factor=variación de cantidad/costo inicial de contrato)
FR1	Intervención inadecuada		0.00
FR2	Diseño inadecuado	485,026.18	0.08
FR3	Deficiencia en la elaboración del estudio		0.00
FR4	Inadecuada investigación del sitio		0.00

**Tabla 4.11**

*Resumen de los factores de riesgo de exceso de tiempo de 23 proyectos*

Proyecto	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5	FR6	FR7	FR8	FR9	FR10	FR11
1	0.722	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.562	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.089	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.124	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.432	0.000	0.033
8	0.000	0.227	0.496	0.000	0.000	0.269	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.138	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050
10	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.097	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.181	0.000	0.267	0.000
12	0.029	0.192	0.000	0.000	0.000	0.304	0.000	0.000	0.000	0.000	0.092
13	0.000	0.145	0.000	0.000	0.000	0.242	0.000	0.020	0.000	0.206	0.018
14	0.000	0.129	0.000	0.000	0.000	0.505	0.000	0.057	0.000	0.386	0.100
15	0.000	0.281	0.000	0.000	0.000	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.000	0.000	0.671	0.000	0.000
17	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.600	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.172	0.000	0.000	1.411	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100
20	0.000	0.124	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057	0.500	0.000	0.000	0.000
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.158	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.125
<b>Total</b>	<b>0.771</b>	<b>1.787</b>	<b>1.496</b>	<b>0.603</b>	<b>2.011</b>	<b>1.755</b>	<b>0.779</b>	<b>0.792</b>	<b>1.103</b>	<b>0.955</b>	<b>0.586</b>

Cada proyecto ha tenido su valoración de riesgos en exceso de tiempo y costos conforme a variación, por lo que luego de un cálculo, facilitado por las herramientas de Excel, se presenta un resumen de los factores de riesgo de exceso de tiempo de 23 proyectos en la tabla 4.11 y resumen de los valores numéricos de exceso de tiempo en la tabla 4.12, así con los costos, el resumen de los factores de riesgo de exceso de costos conforme a variación de 23 proyectos en la tabla 4.13 y resumen de los valores numéricos de exceso de costos conforme a variación de 23 proyectos en la tabla 4.14.

**Tabla 4.12**

Resumen de los valores numéricos de exceso de tiempo de 23 proyectos

Código de factor de riesgo	Factor de Riesgo	Valor numérico de exceso de tiempo
<b>A</b>	<b>Riesgos Relacionado con el cliente</b>	
FR1	Intervención inadecuada	0.771
<b>B</b>	<b>Riesgos Técnicos</b>	
FR2	Diseño inadecuado	1.787
FR3	Deficiencia en la elaboración del estudio	1.496
FR4	Inadecuada investigación del sitio	0.603
<b>C</b>	<b>Riesgos de construcción</b>	
FR5	Entrega tardía de materiales	2.011
<b>D</b>	<b>Riesgo Organizacionales</b>	
FR6	Mala comunicación entre partes involucradas	1.755
<b>E</b>	<b>Riesgos Físicos</b>	
FR7	Condiciones imprevistas del sitio	0.779
<b>F</b>	<b>Riesgos financieros</b>	
FR8	Retrasos en el pago	0.792
<b>G</b>	<b>Riesgo Legal</b>	
FR9	Dificultad para obtener permisos	1.103
<b>H</b>	<b>Riesgos de Ambiente</b>	
FR10	Inclemencias del tiempo	0.955
<b>I</b>	<b>Otros factores de riesgos</b>	
FR11	Oposición de la comunidad y/o entidad	0.586

**Tabla 4.13**

Resumen de los factores de riesgo de exceso de costos conforme a variación de 23 proyectos

Proyecto	FR1	FR2	FR3	FR4
1	0.000	0.080	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.092	0.000
3	0.000	0.051	0.000	0.030
4	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.050	0.050	0.000
6	0.000	0.064	0.000	0.026
7	0.000	0.000	0.099	0.000
8	0.000	0.091	0.000	0.000
9	0.000	0.053	0.000	0.000
10	0.100	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.080	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.087
13	0.000	0.061	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.100	0.000
15	0.000	0.000	0.099	0.000
16	0.035	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.091	0.000
18	0.000	0.000	0.099	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.100
20	0.061	0.000	0.000	0.000
21	0.044	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.066	0.000	0.000
<b>Total</b>	<b>0.240</b>	<b>0.597</b>	<b>0.630</b>	<b>0.242</b>

**Tabla 4.14**

Resumen de los valores numéricos de exceso de costos conforme a variación de 23 proyectos

Código de factor de riesgo	Factor de Riesgo	Valor numérico de exceso de costos
A	<b>Riesgos Relacionado con el cliente</b>	
FR1	Intervención inadecuada	0.240
B	<b>Riesgos Técnicos</b>	
FR2	Diseño inadecuado	0.597
FR3	Deficiencia en la elaboración del estudio	0.630
FR4	Inadecuada investigación del sitio	0.242

Los factores de riesgos asociados al exceso de costos conforme a variación de 23 proyectos de la Tabla 4.14, han sido señalados en la Tabla 4.6 y son cuatro: FR1- Intervención inadecuada, FR2-Diseño inadecuado, FR3- Deficiencia en la elaboración del estudio y FR4- Inadecuada investigación del sitio.

#### 4.3 Validación de modelo de exceso de tiempo

Se validará el modelo con el software IBM SPSS, versión 29, para determinar el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ). La Tabla 4.15 presenta la validación del modelo con el resultado del coeficiente de correlación de Pearson, cuyo resultado de la interfase de la aplicación del software se presenta en la Figura 4.2.

**Tabla 4.15**

Validación del modelo de exceso de tiempo con el resultado del coeficiente de correlación de Pearson de 23 proyectos

Código de factor de riesgo	Valores del Modelo	Valores de Análisis de los proyectos
	FIT	Valor numérico de exceso de tiempo
FR1	0.516	0.771
FR2	0.593	1.787
FR3	0.667	1.496
FR4	0.577	0.603
FR5	0.606	2.011
FR6	0.633	1.755
FR7	0.485	0.779
FR8	0.51	0.792
FR9	0.646	1.103
FR10	0.444	0.955
FR11	0.539	0.586
<b>Coeficiente de correlación de Pearson (<math>r</math>)</b>		<b>0.605</b>

**Figura 4.2***Resultado obtenido del Software IBM SPSS versión 29 para el FIT*

		Valores obtenidos del Modelo de exceso de tiempo	Valores obtenidos de las obras de exceso de tiempo
Valores obtenidos del Modelo de exceso de tiempo	Correlación de Pearson	1	.605*
	Sig. (bilateral)		.048
	N	11	11
Valores obtenidos de las obras de exceso de tiempo	Correlación de Pearson	.605*	1
	Sig. (bilateral)	.048	
	N	11	11

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**4.4 Validación de modelo de exceso de costo**

Se validará el modelo con el software IBM SPSS, versión 29, para determinar el coeficiente de correlación de Pearson (r). La Tabla 4.16 presenta la validación del modelo con el resultado del coeficiente de correlación de Pearson, cuyo resultado de la interfase de la aplicación del software se presenta en la Figura 4.3.

**Tabla 4.16***Validación del modelo de exceso de costo conforme variación con el resultado del coeficiente de correlación de Pearson de 23 proyectos*

Código de factor de riesgo	Valores del Modelo	Valores de Análisis de los proyectos
	FIC	Valor numérico de exceso de costo
FR1	0.516	0.240
FR2	0.606	0.597
FR3	0.620	0.630
FR4	0.550	0.242
<b>Coeficiente de correlación de Pearson (r)</b>	<b>0.958</b>	

**Figura 4.3***Resultado obtenido del Software IBM SPSS versión 29 para el FIC*

		VALORES OBTENIDOS DEL MODELO DE SOBRECOSTO	VALORES OBTENIDOS DEL ANALISIS DE OBRAS DE SOBRECOSTO
VALORES OBTENIDOS DEL MODELO DE SOBRECOSTO	Correlación de Pearson	1	.958*
	Sig. (bilateral)		.042
	N	4	4
VALORES OBTENIDOS DEL ANALISIS DE OBRAS DE SOBRECOSTO	Correlación de Pearson	.958*	1
	Sig. (bilateral)	.042	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

#### 4.5 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran inequívocamente que los riesgos asociados a la ejecución de proyectos en el ámbito de la distribución eléctrica representan desafíos generalizados. Estos riesgos inciden directamente en el desempeño de las empresas, manifestándose en la alteración de los cronogramas y en la superación de los costos previamente establecidos. La consistencia de este hallazgo con investigaciones previas corroboradas en la revisión de literatura respalda su validez y relevancia.

Es fundamental resaltar la necesidad de implementar medidas efectivas para abordar estos riesgos, con el propósito de mitigar su impacto y reducir los potenciales daños posteriormente. El análisis revela una conexión significativa entre la información aportada por 28 expertos en gestión de proyectos y el estudio de 23 proyectos de distribución eléctrica, en relación con los factores de riesgo que influyen tanto en los sobrecostos como en los retrasos. Esta correlación coherente con la investigación de Thakur (2021), valida y refuerza la solidez de los resultados obtenidos, consolidando así la utilidad y pertinencia de la lógica difusa en el análisis de riesgos en proyectos de distribución eléctrica.

A partir de este análisis, se identificaron y categorizaron 11 factores de riesgo en 09 categorías, considerando su influencia en el desarrollo de los proyectos y su relación con los costos y plazos establecidos.

El diseño de un modelo basado en lógica difusa permitió calcular coeficientes de riesgo, tales como el Índice de Sobrecostos (FIC) y el Índice de Retrasos (FIT), mediante encuestas dirigidas a los 28 participantes. La validación de este modelo se llevó a cabo mediante correlaciones con datos reales de proyectos, asegurando así su precisión y fiabilidad.

Se puso especial énfasis en la identificación de los factores de riesgo, especialmente aquellos relacionados con el cliente, aspectos técnicos, organizacionales y

ambientales. Para ello, se empleó el software MATLAB, el cual permitió configurar reglas de lógicas difusas, facilitando la representación visual del proceso de inferencia y el cálculo de valores claros para los índices de riesgo, demostrando tener una correlación alta y significativa del modelo de lógica difusa con lo real.

El coeficiente de correlación de Pearson es fuerte cuando está entre 0.5 a 1, pero se espera que el coeficiente esté lo más cercano a 1 siendo más significativa cuando la muestra es grande como la desarrollada en el trabajo.

De esos coeficientes se menciona respecto al exceso de tiempo que la correlación muestra un valor de 0.605, resultando relativamente positiva, aún confiable con el número de proyectos y entrevistas con expertos presentada, pero no es lo suficientemente fuerte para establecer una relación lineal en el análisis de nuevos datos y proyectos de distribución eléctrica. Lo que se sugiere es realizar otro método de correlación en este caso específico o aumentar la muestra de proyectos que mejoren la correlación, siendo este último sensible de factores como la antigüedad y discontinuidad.

Respecto al exceso de costo, la correlación muestra un valor de 0.958, resultando positivamente significativa y útil para establecer una relación lineal importante para cuándo y dónde utilizarlo para el análisis de nuevos datos y proyectos de distribución eléctrica.

#### **4.6 Contrastación de hipótesis**

Las hipótesis son contrastables con la información obtenidas de los resultados, observándose en todas ellas el beneficio positivo y son las siguientes:

1. **Hipótesis General:** El análisis de riesgos aplicando lógica difusa mejora la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica.

- **Contrastación:** Los resultados del análisis muestran una correlación estadísticamente significativa menor al 0.05 entre la evaluación de riesgos de retrasos y sobrecostos utilizando el modelo de lógica difusa y los datos reales de los proyectos de distribución eléctrica de 0.605 y 0.958 respectivamente, por lo que se mejora la gestión del costo y tiempo y se

enfatiza los factores obtenidos en el presente estudio, a fin de que su impacto sea mínimo en la ejecución del proyecto.

**2. Hipótesis Específica 1:** La aplicación de la lógica difusa permite calcular el índice de riesgo del costo en la gestión de un proyecto de distribución eléctrica.

- **Contrastación:** El modelo basado en lógica difusa, construido a partir de la encuesta por cuestionario de 28 expertos y de la relación de 23 proyectos de distribución eléctrica, permite un análisis preciso y confiable de los índices de riesgo de sobrecosto. Con esos datos, la aplicación de la lógica difusa calcula el índice señalado en la Tabla 4.16, a fin de identificar los factores que inciden para la mejora en la gestión de costos de un proyecto de distribución eléctrica por su muy fuerte coeficiente de correlación de 0.958.

**3. Hipótesis Específica 2:** La aplicación de la lógica difusa permite calcular el índice de riesgo del tiempo en la gestión de un proyecto de distribución eléctrica.

- **Contrastación:** El modelo basado en lógica difusa, construido a partir de la encuesta por cuestionario de 28 expertos y de la relación de 23 proyectos de distribución eléctrica, permite un análisis preciso y confiable de los índices de riesgo de retrasos. Con esos datos, la aplicación de la lógica difusa calcula el índice señalado en la Tabla 4.15, a fin de identificar los factores que indican para la mejora en la gestión de tiempos por el coeficiente de correlación de 0.605.

#### **4.7 Aporte**

El tema del "Análisis de riesgos aplicando lógica difusa para mejorar la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica" aporta significativamente al ámbito de la gestión de proyectos y la evaluación de riesgos. Al emplear la lógica difusa, este enfoque investigativo busca mejorar la comprensión y el control de los factores que inciden en los sobrecostos y retrasos en proyectos eléctricos.

La aplicación de la lógica difusa permite un análisis más preciso de los riesgos asociados con los sobrecostos y los retrasos en la ejecución de proyectos. A través de la identificación y clasificación de múltiples factores de riesgo, se logra una comprensión más completa de cómo estos factores interactúan y contribuyen a los problemas de costos y cronogramas en los proyectos de distribución eléctrica.

Este enfoque aporta una metodología innovadora para evaluar y mitigar riesgos en la gestión de proyectos, ofreciendo un marco sólido para la toma de decisiones informadas. Al integrar datos cualitativos y cuantitativos, y al utilizar la lógica difusa para modelar y evaluar los riesgos, se obtiene una visión más precisa y holística de los desafíos que enfrentan las empresas de distribución eléctrica en sus proyectos.

Los resultados derivados de esta investigación proporcionan una comprensión más profunda de los factores críticos que contribuyen a los sobrecostos y retrasos en proyectos específicos de distribución eléctrica, lo que apoya a mejorar las estrategias de gestión de riesgos y reducir los impactos negativos en la ejecución de proyectos futuros. Este enfoque también sería adoptado por otras industrias para mejorar la evaluación y gestión de riesgos en sus respectivos proyectos.

## CONCLUSIONES

Se concluye que los resultados del análisis aplicando la lógica difusa muestran una relación estadísticamente significativa entre los datos reales de los proyectos de distribución eléctrica y los coeficientes de correlación de sobrecostos y retrasos, por lo que se considerará los factores de riesgos obtenidos en la presente investigación, la misma que se sugiere sea revisada como aporte en la fase de planificación del proyecto de distribución eléctrica, a fin de que no impacten negativamente en el costo y tiempo durante la ejecución del proyecto.

1. Se concluye de la primera hipótesis específica que los resultados obtenidos del modelo de lógica difusa muestran una precisión y confiabilidad significativa en la evaluación de los índices de riesgo de sobrecosto, en comparación con los datos reales de los 23 proyectos de distribución eléctrica, resultando un coeficiente de correlación de 0.958. Quiere decir que si los factores de riesgos de Intervención inadecuada, Diseño inadecuado, Deficiencia en la elaboración del estudio e Inadecuada investigación del sitio, se hubieran analizado en la fase de planificación, no hubiera tenido mayor incidencia en el sobrecosto del proyecto.
2. Se concluye de la segunda hipótesis específica que los resultados obtenidos del modelo de lógica difusa muestran una precisión y confiabilidad significativa en la evaluación de los índices de riesgo de exceso de tiempo, en comparación con los datos reales de los 23 proyectos de distribución eléctrica, resultando un coeficiente de correlación de 0.605. Quiere decir que si los factores de riesgos de Intervención inadecuada, Diseño inadecuado, Deficiencia en la elaboración del estudio, Inadecuada investigación del sitio, Entrega tardía de materiales, Mala comunicación entre partes involucradas, Condiciones imprevistas del sitio,

Retrasos en el pago, Dificultad para obtener permisos, Inclemencias del tiempo y Oposición de la comunidad, se hubieran analizado en la fase de planificación, no hubiera tenido mayor impacto negativo en el exceso de tiempo durante la ejecución del proyecto.

## RECOMENDACIONES

Como recomendaciones se tienen:

- Considerar la integración de diferentes modelos de lógica difusa o técnicas de inteligencia artificial para comparar y contrastar su eficacia en el análisis de riesgos en proyectos de distribución eléctrica. Esto permitiría una visión más amplia y completa de las posibles herramientas disponibles para la gestión de riesgos.
- Realizar investigaciones a largo plazo para evaluar el impacto y la efectividad de las estrategias de mitigación de riesgos propuestas. Un estudio longitudinal proporciona información valiosa sobre la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de estas estrategias en la reducción de sobrecostos y retrasos en proyectos.
- Realizar un análisis de costos y beneficios asociados con las estrategias de mitigación propuestas. Este enfoque ayudaría a las empresas a comprender mejor la viabilidad económica de implementar estas estrategias y justificar inversiones en la gestión de riesgos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assaad, R., El-Adaway, I. H., & Abotaleb, I. S. (2020). Predicting Project Performance in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 04020030. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0001797
- Barghi, B., & Shadrokh Sikari, S. (2020). Qualitative and quantitative project risk assessment using a hybrid PMBOK model developed under uncertainty conditions. *Heliyon*, 6(1), e03097. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e03097
- Ferreira, L., Lopes, N., Ávila, P. S., Castro, H., Varela, M. L. R., Putnik, G. D., ... Cruz-Cunha, M. M. (2017). Virtual Enterprise integration management based on a Meta-enterprise – a PMBoK approach. *Procedia Computer Science*, 121, 1112–1118. doi:10.1016/j.procs.2017.12.120
- Haghghi, M. H. & Ashrafi, M. (2022). A new qualitative and quantitative analytical approach for risk management in energy project time-cost trade-off problem under interval type-2 fuzzy uncertainty: A case study in the gas industry. *Energy Reports Journal*, 8, 12668-12685. doi:10.1016/j.egyr.2022.09.064
- Hatamleh, M. T. M. (2020). Enhancing the management proficiencies in developing countries: the impact of project risk management within a project management maturity model on project performance (Doctoral thesis). The University of Alabama, Department of Civil, Construction and Environmental Engineering. Retrieved from <http://ir.ua.edu/handle/123456789/7652>
- Kim, G-L., Kim, H., Seo, H-W., Yu, J-H & Son, J-W. (2022). Classification and consideration for the risk management in the planning phase of NPP decommissioning project.

Nuclear Engineering and Technology, Volume 54, Issue 12, 2022, Pages 4809-4818.

doi:10.1016/j.net.2022.07.022

Konting, M. M., Kamaruddin, N., & Man, N. A. (2009). Quality Assurance in Higher Education Institutions: Exit Survey among Universiti Putra Malaysia Graduating Students. *International Education Studies*, 2(1), 25–31. doi: 10.5539/IES.V2N1P25

Marinho, A. J. C. (2017). A gestão de riscos em projetos de construção (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico do Porto. Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10400.22/11651>

Martins de Andrade, P. R. (2021). A Risk Management Framework to Increase Success of IT Projects (Doctoral thesis). University of Regina. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10294/14946>

PMI. (2004). Project Management Book of Knowledge (PMBOK). Project Management Institute (2017), “Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos” Sexta Edicion, Project Management Institute: Estados Unidos.

Sebestyén, Z., Erdei, J. & Alfreahat, D. (2022). Impact of methodologies and standards on the owner's economic benefit in projects. *Heliyon*, Volume 8, Issue 2, 2022, e08843. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e08843

Silva, J., Ávila, P., Patrício, L., Sá, J. C., Pinto, L., Bastos, J. & Castro, H. (2022). Improvement of planning and time control in the project management of a metalworking industry - case study. *Procedia Computer Science*, Volume 196, 2022, Pages 288-295. doi:10.1016/j.procs.2021.12.016

Suzarte Donda Veiga, Éder, & da Silva, E. M. (2020). Uma revisão sistemática do gerenciamento de riscos no gerenciamento de projetos. *Revista Produção Online*, 20(3), 837–857. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i3.3636>

Thakur, N. (2021). Cost overrun and time delay risk assessment in local road bridge construction using fuzzy inference system. Pulchowk Campus.  
<https://elibrary.tucl.edu.np/handle/123456789/9896>

Toolbox, F. L. (1995). User's Guide of Matlab. The Mathworks. Inc.(1995-2009).

Unegbu, H. C. O., Yawas, D. S., & Dan-asabe B. (2020). An investigation of the Relationship between Project Performance Measures and Project Management Practices of Construction Projects for the Construction industry in Nigeria. Journal of King Saud University - Engineering Sciences. doi:10.1016/j.jksues.2020.10.001

Varajão, J., Colomo-Palacios, R., & Silva, H. (2017). ISO 21500:2012 and PMBoK 5 processes in information systems project management. Computer Standards & Interfaces, 50, 216–222. doi:10.1016/j.csi.2016.09.007

## **ANEXOS**

ANEXO A	Matriz de consistencia.....	1
ANEXO B	CÁLCULO TÍPICO DE FIC Y FIT .....	3

## **ANEXO A**

### **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

En este anexo se presenta la matriz de consistencia en forma de tabla.

## Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Permitirá el análisis de riesgos aplicando lógica difusa mejorar la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica?	Desarrollar un análisis de riesgos aplicando lógica difusa para mejorar la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica.	El análisis de riesgos aplicando lógica difusa mejora la gestión del costo y tiempo en proyectos de distribución eléctrica.	<b>V. Dep:</b> Y1: Mejora del costo y tiempo	SIC (Severidad de Riesgo para Sobrecosto)  SIF (Severidad de Riesgo para Retrasos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>PO (probabilidad de ocurrencia)</li> <li>SI (Índice de Severidad)</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>PO (probabilidad de ocurrencia)</li> <li>SI (Índice de Severidad)</li> </ul>	<b>Tipo y nivel de Investigación:</b> Tipo aplicada  <b>Unidad de análisis:</b> Datos recopilados de 28 expertos directamente involucrados en la ejecución de 23 proyectos de una empresa de distribución eléctrica. Estos datos incluyen información sobre índices de sobrecosto, demoras de tiempo y coeficientes de riesgo, permitiendo un análisis específico de 11 factores de riesgo identificados.
<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>V. Ind 1:</b>  1. La aplicación de la lógica difusa permite calcular el índice de riesgo del costo en la gestión de un proyecto de distribución eléctrica. 2. La aplicación de la lógica difusa permite calcular el índice de riesgo del tiempo en la gestión de un proyecto de distribución eléctrica.	X1: Análisis de riesgos aplicando lógica difusa	Categorización de los Factores de Riesgos de los Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Magnitud del factor de riesgo del proyecto</li> <li>Probabilidad de ocurrencia y Severidad</li> </ul> <b>Procesamiento de datos:</b> Excel, Fuzzy Logic Toolbox en MATLAB, análisis estadístico y gráficos, análisis de proyectos específicos y resúmenes de resultados.

## ANEXO B

### CÁLCULO TÍPICO DE FIC Y FIT

En este anexo se presenta el cálculo típico de FIC y FIT para del Factor de riesgo FR 1, según la Calificación de expertos obtenida de la encuesta, cuyos valores se exportaron desde el formulario de Google. Los datos recortados para un factor específico se encuentran en el siguiente:

Nº de encuestados	Probabilidad de Ocurrencia	Severidad en términos de sobrecostos	Severidad en términos de exceso de tiempo
1	Bajo	Medio	Bajo
2	Medio	Alto	Medio
3	Muy bajo	Bajo	Bajo
4	Bajo	Alto	Medio
5	Bajo	Alto	Medio
6	Bajo	Bajo	Bajo
7	Medio	Alto	Medio
8	Medio	Alto	Alto
9	Alto	Alto	Medio
10	Muy bajo	Medio	Medio
11	Bajo	Bajo	Bajo
12	Bajo	Bajo	Bajo
13	Muy bajo	Bajo	Muy bajo
14	Bajo	Alto	Medio
15	Muy alto	Muy alto	Muy alto
16	Medio	Medio	Medio
17	Muy alto	Muy alto	Muy alto
18	Medio	Alto	Medio
19	Bajo	Bajo	Bajo
20	Bajo	Medio	Medio
21	Bajo	Bajo	Bajo
22	Medio	Alto	Alto
23	Muy bajo	Bajo	Bajo
24	Alto	Alto	Alto
25	Medio	Alto	Alto
26	Medio	Alto	Alto
27	Medio	Alto	Medio
28	Bajo	Medio	Alto

Las variables difusas se convierten en un número difuso:

Variables difusas	Número difuso (a1, am, a2)
Muy bajo	0,00 0,00 0,25
Bajo	0,00 0,25 0,50
Medio	0,25 0,50 0,75
Alto	0,50 0,75, 1,00
Muy Alto	0,75 1,00 1,00

Variables difusas	a1	am	a2
Muy bajo	0.00	0.00	0.25
Bajo	0.00	0.25	0.50
Medio	0.25	0.50	0.75
Alto	0.50	0.75	1.00
Muy Alto	0.75	1.00	1.00

El valor promedio y los valores del Mejor rendimiento no difuso (BNP) se calculan de la siguiente manera:

Nº de encuestados	Probabilidad de Ocurrencia			Severidad en términos de sobrecostos (SIC)			Severidad en términos de exceso de tiempo (SIT)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.00	0.25	0.50	0.25	0.50	0.75	0.00	0.25	0.50
2	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
3	0.00	0.00	0.25	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50
4	0.00	0.25	0.50	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
5	0.00	0.25	0.50	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
6	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50
7	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
8	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00
9	0.50	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
10	0.00	0.00	0.25	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75
11	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50
12	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50
13	0.00	0.00	0.25	0.00	0.25	0.50	0.00	0.00	0.25
14	0.00	0.25	0.50	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
15	0.75	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00
16	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75
17	0.75	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00
18	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
19	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50
20	0.00	0.25	0.50	0.25	0.50	0.75	0.25	0.50	0.75
21	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50
22	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00
23	0.00	0.00	0.25	0.00	0.25	0.50	0.00	0.25	0.50
24	0.50	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00
25	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00
26	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00
27	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00	0.25	0.50	0.75
28	0.00	0.25	0.50	0.25	0.50	0.75	0.50	0.75	1.00
<b>Promedio</b>	<b>0.170</b>	<b>0.384</b>	<b>0.616</b>	<b>0.330</b>	<b>0.580</b>	<b>0.813</b>	<b>0.259</b>	<b>0.500</b>	<b>0.732</b>
<b>BNP</b>		<b>0.390</b>			<b>0.574</b>			<b>0.497</b>	

Siendo:  $BNP = ((a_2 - a_1) + (a_m - a_1))/3 + a_1$ , se tiene que el BNP de PO es 0.390 y similar al BNP de SIC y SIT, 0.574 y 0.497, respectivamente. Estos valores se ingresan en el modelo difuso para obtener FIC y FIT.