



UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA

CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA PROFESIONAL EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

**“IMPLEMENTAR UN MODELO DE RIESGO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO ELECTROMECAÁNICA EN CUALQUIER PARTE DE COSTA RICA, EN EL TERCER TRIMESTRE DEL 2017, SEGÚN LAS MEJORES PRÁCTICAS Y ESTÁNDARES EXPUESTOS EN EL CAPÍTULO DE RIESGOS DE LA GUÍA PMBOK® DEL PMI”**

ELABORADO POR:

ALLAN MATA SOLANO

RICARDO ROJAS ARAYA

HEREDIA, COSTA RICA

2017



UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA  
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

## UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

### CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, **13 de setiembre del 2017**

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

#### **Estimados Señores:**

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: "IMPLEMENTAR UN MODELO DE RIESGO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO ELECTROMECAÁNICA EN CUALQUIER PARTE DE COSTA RICA, EN EL TERCER TRIMESTRE DEL 2017, SEGÚN LAS MEJORES PRÁCTICAS Y ESTÁNDARES EXPUESTOS EN EL CAPÍTULO DE RIESGOS DE LA GUÍA PMBOK® DEL PMI", elaborado por los estudiantes: **Allan Mata Solano y Ricardo Rojas Araya**, como requisito para que los citados estudiantes puedan optar por el grado académico **MÁSTER PROFESIONAL EN GERENCIA DE PROYECTOS**.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos Finales de Graduación.

**Suscribe cordialmente,**

---

**Ing. Rocío Briceño López, MBA, PMP.**  
Tutora



UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA  
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

**UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA  
CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Heredia, **13 de setiembre del 2017**

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación


SD

**Estimados Señores:**

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **“IMPLEMENTAR UN MODELO DE RIESGO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO ELECTROMECAÁNICA EN CUALQUIER PARTE DE COSTA RICA, EN EL TERCER TRIMESTRE DEL 2017, SEGÚN LAS MEJORES PRÁCTICAS Y ESTÁNDARES EXPUESTOS EN EL CAPÍTULO DE RIESGOS DE LA GUÍA PMBOK® DEL PMI”**, elaborado por los estudiantes: **Allan Mata Solano** y **Ricardo Rojas Araya**, como requisito para que los citados estudiantes puedan optar por el grado académico **MÁSTER PROFESIONAL EN GERENCIA DE PROYECTOS**

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos Finales de Graduación.

**Suscribe cordialmente,**

  
Ing. Carolina Campos Azofeifa, MBA, PMP.  
Lectora



UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA  
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

## UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

### CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL FILÓLOGO DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 11 de setiembre del 2017

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

**Estimados Señores:**

Leí y corregí el Trabajo Final de Graduación, denominado: **“IMPLEMENTAR UN MODELO DE RIESGO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO ELECTROMECAÁNICA EN CUALQUIER PARTE DE COSTA RICA, EN EL TERCER TRIMESTRE DEL 2017, SEGÚN LAS MEJORES PRÁCTICAS Y ESTÁNDARES EXPUESTOS EN EL CAPÍTULO DE RIESGOS DE LA GUÍA PMBOK® DEL PMI”**, elaborado por los estudiantes: **Allan Mata Solano** y **Ricardo Rojas Araya**, para optar por el grado académico de **MÁSTER PROFESIONAL EN GERENCIA DE PROYECTOS**.

Corregí el trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico y, desde ese punto de vista, considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

**Suscribe de ustedes cordialmente,**

Licda. Carolina Arias Núñez, M.Litt.

Carné #24.407

Filóloga


## DECLARACIÓN JURADA

Los suscritos, Allan Mata Solano, con cédula de identidad número 303960016, y Ricardo Rojas Araya, con cedula de identidad número 112070645, declaramos bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: Que somos los autores del presente trabajo final de graduación, modalidad memoria; para optar por el título de MÁSTER PROFESIONAL EN GERENCIA DE PROYECTOS de la Universidad Latina, campus Heredia, y que el contenido de dicho trabajo es obra original de la suscrita.

Heredia, 13 de setiembre del dos mil diecisiete



Allan Mata Solano



Ricardo Rojas Araya

## MANIFESTACIÓN EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Los suscritos, Allan Mata Solano, con cédula de identidad número 303960016, y Ricardo Rojas Araya, con cédula de identidad número 112070645, exoneramos de toda responsabilidad a la Universidad Latina, campus Heredia, así como al Tutor y Lector que han revisado el presente trabajo final de graduación, para optar por el título de MÁSTER PROFESIONAL EN GERENCIA DE PROYECYOS de la Universidad Latina, campus Heredia, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo. Asimismo, autorizo a la Universidad Latina, campus Heredia, a disponer de dicho trabajo para uso y fines de carácter académico, publicitando el mismo en el sitio web, así como en el CRAI.

Heredia, 13 de setiembre del dos mil diecisiete



Allan Mata Solano



Ricardo Rojas Araya

## **Dedicatoria**

Le doy gracias a Dios, porque me dio la oportunidad de llegar a este punto para lograr el objetivo más importante que es graduarme de esta Maestría.

También, le doy gracias a mi familia, especialmente a mi esposa, por haberme apoyado durante toda esta maestría, sacrificando tiempo y dinero. Ese amor y apoyo incondicional es lo que me han llevado a llegar a este punto. Sin ella, su incondicional apoyo, consejos y, principalmente, sin su sacrificio no sería posible lograr dicho objetivo.

A mis profesores, sin cuyo apoyo y enseñanzas nada de esto valdría la pena.

Ricardo Rojas Araya

A Dios las gracias, por la experiencia y oportunidad de lograr una nueva meta a nivel académico, como es una Maestría en Gerencia de Proyectos.

A mis padres y familia, por el esfuerzo y apoyo brindado desde niño hasta hoy, apoyo que ha tenido sus frutos en mi vida.

A mi pareja, por el apoyo, acompañamiento y la paciencia en este ciclo académico.

Al grupo de facilitadores académicos, por el apoyo y conocimiento transmitido para mi crecimiento como profesional.

Allan Mata Solano

## **Agradecimiento**

A Dios, por bendecirme y darme la oportunidad de llegar hasta la recta final y, sobre todo, por cumplido una etapa muy importante en mi vida profesional y personal.

A mi esposa, quien siempre estuvo ahí apoyándome en las buenas y las malas para lograr este objetivo de completar la maestría.

Ricardo Rojas

A Dios las gracias, por continuar bendiciéndome y brindándome salud, para seguir adelante y cumpliendo metas cada día.

Gracias a mi familia, por el apoyo brindado para cumplir mis metas académicas y laborales, sin el apoyo de todos no hubiera sido posible.

Gracias a mi pareja, por brindarme su apoyo, amor y cariño durante este ciclo académico y por su paciencia.

Allan Mata Solano



## Resumen ejecutivo

El siguiente documento corresponde a la memoria titulada “Implementar un modelo de riesgo para una planta de tratamiento electromecánica en cualquier parte de Costa Rica, en el tercer trimestre del 2017, según las Mejores prácticas y estándares expuestos en el capítulo de Riesgos de la Guía PMBOK® del PMI”, el cual tiene como objetivo crear un modelo de riesgo que permita elegir las mejores estrategias de riesgos para crear una planta de tratamiento de aguas residuales que se pueda aplicar en cualquier zona o parte del territorio costarricense.

Si bien localmente se cuenta con excelentes profesionales, proveedores y equipos de gran calidad y mano de obra calificada, etc., nada de esto es suficiente para asegurar el éxito en proyectos tan complejos en su ejecución y manejo como los electromecánicos, poniendo como ejemplo una planta de tratamiento de aguas.

Por lo tanto, un modelo de riesgos que mida su impacto y gestión es fundamental para determinar los impactos, las probabilidades de ocurrencia, tipologías, los planes de gestión e identificación de riesgos, el análisis cuantitativo y cualitativo, la planificación de respuesta o mitigación y el control de los riesgos, etc. Lo anterior permitiría implementar un modelo consistente adaptado al tipo de proyecto que ayudaría a recopilar, analizar, evaluar, controlar y tomar decisiones sobre los posibles riesgos durante su ciclo de vida. Ello justifica la realización de este documento, el cual se desarrollará en seis capítulos, a saber:

**Capítulo I. Problema y propósito:** se exponen la definición del problema, la justificación, los objetivos generales y específicos, los antecedentes, así como las variables, los alcances y las limitaciones del problema.

**Capítulo II. Marco teórico:** Aquí se cubre los conceptos que determinan las bases teóricas de aplicación de conceptos, como administración de proyectos, gestión de riesgos, análisis cuantitativo y cualitativo del riesgo y, no menos importantes, las herramientas aplicables al modelo de gestión de riesgos.

**Capítulo III. Marco metodológico:** La metodología utilizada en esta investigación es de tipo exploratorio y descriptivo, las fuentes utilizadas son básicamente primarias y secundarias.

**Capítulo IV. Análisis de resultados:** El análisis de resultados destaca la información obtenida tras el análisis documental realizado, la cual se muestra gráficamente.

**Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones:** se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

**Capítulo VI. Propuesta:** se presentan las propuestas para implementar el modelo de gestión de riesgos en cuestión, ello generará lecciones aprendidas aplicables a la implementación, de cara a su aplicación en otros proyectos.

Finalmente, se exponen la bibliografía utilizada y los anexos correspondientes.

## Tabla de contenidos

CAPÍTULO I: PROBLEMA Y PROPÓSITO .....	17
1.1 Estado actual de la investigación. ....	18
1.2 Planteamiento del problema. ....	25
1.3 Justificación. ....	26
1.4 Objetivo general y específicos. ....	27
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	28
2.1 Proyecto .....	29
2.2 Administración de proyectos .....	32
2.2.1 Ciclo de vida de un proyecto .....	33
2.3 Procesos en la administración de proyectos .....	34
2.3.1 Inicio .....	34
2.3.2 Planificación .....	35
2.3.3 Ejecución.....	35
2.3.4 Control.....	35
2.3.5 Cierre.....	36
2.4 Áreas de conocimiento en la administración de proyectos.....	37
2.5 Áreas de experiencia.....	38
2.6 Estándar de riesgos .....	40
2.7 Gestión de riesgos .....	41
2.7.1 Análisis cualitativo de riesgos.....	43
2.7.2 Análisis cuantitativo de riesgos .....	44
2.7.3 Modelo de riesgos.....	45
2.7.4 Herramientas y técnicas de riesgos .....	48
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	60
3.1 Enfoque metodológico y método seleccionados .....	61
3.1.1 Enfoque y método .....	61
3.1.2 Diseño .....	63
3.1.3 Tipo de investigación.....	64
3.2 Descripción del contexto o sitio de estudio.....	65
3.2.1 Aspecto social .....	66
3.2.2 Aspecto económico .....	66

3.2.3 Aspecto cultural.....	69
3.2.4 Aspecto geográfico.....	69
3.3 Características de los participantes y las fuentes de información. ....	70
3.3.1 Fuentes primarias.....	70
3.3.2 Fuentes secundarias .....	72
3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos. ....	73
3.4.1 Entrevista .....	73
3.4.2 Juicio de experto .....	74
3.4.3 Análisis de documentos.....	75
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	76
4.1 Análisis e interpretación de los resultados .....	77
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	87
5.1 Conclusiones.....	88
5.2 Recomendaciones.....	90
CAPÍTULO VI: PROPUESTA.....	94
6.1 Propuesta de modelo de gestión de riesgos para una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) .....	95
6.1.1 Introducción.....	95
6.2 Planificación de la gestión de riesgos .....	96
6.2.1 Análisis del perfil de riesgo de los interesados de una PTAR .....	97
6.2.2 Registro de interesados o involucrados de una PTAR .....	98
6.2.3 Roles y responsabilidad en una PTAR.....	100
6.2.4 Matriz RACI sobre la gestión de riesgos en una PTAR.....	100
6.2.5 Cronograma o calendario de gestión de riesgos de una PTAR.....	103
6.2.6 Presupuesto de gestión de riesgos en una PTAR.....	108
6.3 Identificar de los riesgos en una PTAR .....	109
6.3.1 Registro de los riesgos en una PTAR.....	109
6.3.2 Diagrama de Causa y efecto (Ishikawa/Pescado) de una PTAR .....	114
6.3.3 Análisis FODA de una PTAR.....	115
6.4 Realización del análisis cualitativo de riesgos de una PTAR .....	116
6.4.1 Estructura de desglose de riesgo (RBS) .....	116
6.4.2 Matriz de probabilidad e impacto.....	117
6.5 Realización del análisis cuantitativo de riesgos de una PTAR .....	125

6.5.1 Análisis de sensibilidad por medio de un Diagrama de tornado .....	125
6.5.2 Análisis de valor monetario esperado (EMV) por medio de un Diagrama de árbol de decisiones .....	134
6.5.3 Modelado de simulación por diagrama de costos acumulativos.....	136
6.6 Planificación de la respuesta a los riesgos de una PTAR .....	138
6.6.1 Matriz de probabilidad e impacto con estrategias de riesgos .....	138
6.7 Control de los riesgos de una PTAR .....	143
6.7.1 Reevaluación de los riesgos.....	143
6.7.2 Análisis de reservas .....	144
Bibliografía citada y consultada.....	145
Glosario .....	148
Anexos .....	155
Anexo # 1: Lista de riesgos detallado (perfil de riesgo).....	156
Anexo # 2: Matriz de involucrados .....	159
Anexo # 3: Registro de riesgos detallado .....	165

## Índice de tablas/gráficos

Tabla N° 1: Lista de riesgos (perfil de riesgo) .....	97
Tabla N° 2: Matriz de involucrados en una PTAR .....	98
Tabla N° 3: Roles y responsabilidad en una PTAR .....	100
Tabla N° 4: Matriz de asignación de responsabilidades (RACI) .....	101
Tabla N° 5: Leyenda de Matriz RACI .....	102
Tabla N° 6: MSN Project Gantt, Modelo de gestión de riesgos para una PTAR .	104
Tabla N° 7: Cronograma del modelo gestión de riesgos .....	107
Tabla N° 8: Presupuesto estimado de riesgos en una PTAR.....	108
Tabla N° 9: Registro de riesgos en una PTAR .....	109
Tabla N° 10: Análisis FODA de una PTAR.....	115
Tabla N° 11: Matriz de probabilidad e impacto de valores .....	117
Tabla N° 12: Tabla de probabilidad e impacto con estrategias del riesgo .....	118
Tabla N° 13: Análisis cualitativo de riesgos de una PTAR .....	118
Tabla N° 14: Proyecto de simulación de riesgos en una PTAR .....	126
Tabla N° 15: Matriz de probabilidad e impacto con estrategias de riesgo.....	139
Tabla N° 16: Lista de riesgos detallados en una PTAR (perfil de riesgo).....	156
Tabla N° 17: Matriz de Involucrados en una PTAR .....	159
Tabla N° 18: Registro e identificación de riesgos detallado para una PTAR.....	165

Gráfico 1. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “suelo no apto para ejecución de proyecto, sabiendo que es parte del estudio de suelo que hacen las empresas de estudios geotécnicos o ingenieros civiles? .....	77
Gráfico 2. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “mal manejo en el tema de importaciones, habiendo atrasos en las entregas de materiales”, sabiendo de antemano que la venta y colocación de producto en el proyecto requiere de un proveedor de equipo eléctrico y mecánico? .....	78
Gráfico 3. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “mal manejo en las planillas del personal del proyecto”, en este caso, una planta de tratamiento de aguas residuales, sabiendo de antemano que se necesita tener los ingresos suficientes para la participación laboral a fin de asegurar la mano de obra requerida, como: operarios, albañiles, eléctricos, fontaneros? .....	79
Gráfico 4. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “personal mal o poco capacitado”, sabiendo de antemano que se requieren los conocimientos necesarios para que la mano de obra realice un trabajo adecuado en el proyecto?.....	80
Gráfico 5. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “personas con actitudes conflictivas”, sabiendo de antemano que evitar personal conflictivo es importante para que el proyecto cumpla con sus entregables? .....	81
Gráfico 6. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “personas con vicios o problemas de consumo de drogas”, lo cual podría impactar el rendimiento de sus labores? .	82
Gráfico 7. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “proveedores de mala o reducida calidad”, sabiendo de antemano que la venta y colocación de producto en el proyecto requiere de un proveedor de equipo eléctrico y mecánico? .....	83
Gráfico 8. ¿Qué otros riesgos internos/externos considera usted importantes de considerar en la implementación y ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales? .....	84
Gráfico 9. ¿Qué tipo de oportunidades o riesgos positivos tiene un proyecto como una planta de tratamiento de aguas residuales? Comente. ....	85

## Índice de figuras/imágenes

Figura N° 1: Etapa de construcción.....	21
Figura N° 2: Etapa de construcción.....	21
Figura N° 3: Primera etapa concluida.....	22
Figura N° 4: Tratamiento de aguas residuales .....	22
Figura N° 5: Planta de tratamiento de aguas residuales .....	23
Figura N° 6: Tuberías donde se transportan las aguas residuales.....	23
Figura N° 7: Área metropolitana beneficiada.....	24
Figura N° 8: Atributos principales asociados a la definición de proyecto .....	30
Figura N° 9: Generalización del concepto de proyecto. ....	30
Figura N° 10: Estructura de ciclo de vida (incluye fases) según la Guía PMBOK® (5ª ed.).....	34
Figura N° 11: Diagrama de proceso de la Guía PMBOK®.....	36
Figura N° 12: Fundamentos de la dirección de proyectos.....	40
Figura N° 13: Estructura de desglose de riesgos .....	49
Figura N° 14: Definición de escalas de impacto para cuatro objetivos del proyecto .....	52
Figura N° 15: Matriz de probabilidad e impacto .....	53
Figura N° 16: Diagrama con forma de tornado.....	57
Figura N° 17: Diagrama de árbol de decisiones.....	58
Figura N° 18: Resultados de simulación de los riesgos relativos a los costos .....	59
Figura N° 19: Coeficiente de Gini en Centroamérica.....	67
Figura N° 20: Aguas residuales domésticas y excretas 2011 .....	67
Figura N° 21: Coberturas de excretas por tipo de mecanismo, periodo 2000-2010 .....	68
Figura N° 22: MSN Project Gantt, Modelo de gestión de riesgos.....	103
Figura N° 23: Diagrama de Causa y efecto Ishikawa de riesgos .....	114
Figura N° 24: Estructura de desglose de riesgos de una PTAR.....	116
Figura N° 25: Histograma de sensibilidad de duración.....	128
Figura N° 26: Histograma detallado de sensibilidad de duración .....	129
Figura N° 27: Histograma de sensibilidad de costos .....	130
Figura N° 28: Histograma detallado de sensibilidad de duración .....	131
Figura N° 29: Análisis de sensibilidad tornado duración .....	132
Figura N° 30: Análisis de sensibilidad tornado duración .....	133
Figura N° 31: Análisis del valor monetario esperado por medio de un árbol de decisión .....	135
Figura N° 32: Diagrama acumulativo de costos totales de una PTAR .....	137
Figura N° 33: Análisis de reservas de una PTAR.....	144



## **CAPÍTULO I: PROBLEMA Y PROPÓSITO**

## 1.1 Estado actual de la investigación.

Costa Rica actualmente se ha enfocado en el mejoramiento y saneamiento de las aguas residuales producidas por todos los costarricenses. Tomando en cuenta que el país está rodeado por dos mares y su clima tropical-lluvioso, la existencia de ríos es amplia por todo el territorio; por consiguiente, es de vital importancia la protección y el mejoramiento de los cauces de los ríos y, sin lugar a duda, una de las principales causas de contaminación es el tratamiento de aguas negras, cuyo vertido a los ríos ha sido poco controlado.

Por esta razón, en el país se diseñan y fabrican plantas de tratamiento de aguas negras o residuales. Desde un pequeño condominio de 20 casas hasta complejos urbanísticos con 1000 personas o más, centros de diversión y comerciales, restaurantes y hasta hospitales utilizan planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Según el documento TAR de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Politécnica de Madrid (2016):

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado bio-sólido o lodo) convenientes para su disposición o reusó. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables. (pág. 1)

¿Qué importancia tiene una planta de aguas residuales en la Gran Área Metropolitana (GAM)?

Al inicio del siglo pasado, la población del país y, específicamente, e la GAM no se mostró preocupada por el tratamiento de las aguas residuales, la mayoría de los caseríos vertían tanto las aguas servidas como las negras a los ríos más cercanos, sin importar el impacto que esto tendría sobre ellos.

Al abrirse paso las plantas industriales, en los caseríos o barrios se empezó a crear tanques sépticos, como una especie de repositorio para las aguas negras, los cuales, en su mayoría, contaban con una vida útil de entre 10 y 20 años. Dichos repositorios eran “limpiados” usando un tipo de “mantenimiento” de empresas que extraían los desechos de los repositorios para luego verterlos en espacios abiertos o, en el peor de los casos, en los ríos localizados en su mayoría en la GAM, en especial en el Virilla.

Según un artículo del periódico *La Nación*, en la Gran Área Metropolitana, del total de 105.789,4 metros cúbicos diarios ( $m^3/día$ ) que acaban en los cauces de los ríos Tiribí, María Aguilar, Torres y Rivera, solo 838  $m^3/día$  reciben tratamiento en alguno de los 20 sistemas operados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) para estos fines.

Esa contaminación no se queda allí. Algunos ríos urbanos son afluentes de la subcuenca del Virilla, el cual alimenta al río Grande de Tárcoles, que desemboca en el océano Pacífico; esto genera un impacto negativo en la pesca y el turismo de las comunidades costeras. (Soto, 2013)

Hay mega proyectos como una PTAR financiados por el mismo gobierno y por bancos multilaterales como el Banco mundial; por ejemplo, tenemos este proyecto que está actualmente iniciando sus operaciones y, como parte de un conjunto total de proyectos, se incluye el de la PTAR de La Carpío.

Dicho proyecto ayudará con el tratamiento de las aguas residuales de muchos hogares de la GAM, evitando así la contaminación de los ríos. “La descarga de residuos sólidos de los hogares hacia los ríos ha obligado al país a ejecutar un plan para tratar las aguas negras y sanear las cuencas contaminadas.” (Barrantes, 2014)

Por esta misma razón se ha ejecutado el proyecto, en el cual el AyA ha decidido implementar una planta de tratamiento de aguas residuales.

Acueductos y Alcantarillados (AyA) cuenta con un proyecto para poner en operación tres plantas de tratamiento de aguas residuales, que entrarían en operación durante los próximos 14 años, a un costo de ¢750.000 millones.

La nueva planta atenderá a San José, Tibás, Moravia, Vázquez de Coronado, Goicoechea, Montes de Oca, Curridabat, Desamparados, Alajuelita, La Unión y Escazú. (Barrantes, 2014).

A continuación, se brindan algunas imágenes del proceso de construcción y ejecución de un proyecto que trata sobre una planta de tratamiento de aguas residuales. Estas ilustran un poco cómo se ve a nivel de ejecución y cómo se puede implementar a diferentes escalas, dependiendo del mercado meta al cual se quiera aplicar.

Aunque este es un megaproyecto para distintas comunidades o cantones, ejemplifica el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales utilizando la electromecánica como base de aplicación para el tratamiento de aguas negras. A continuación, presentamos las imágenes de dicha planta de tratamiento ubicada en La Carpio, San José:



**Figura N° 1: *Etapa de construcción***

Fuente: Barrantes, 2014.



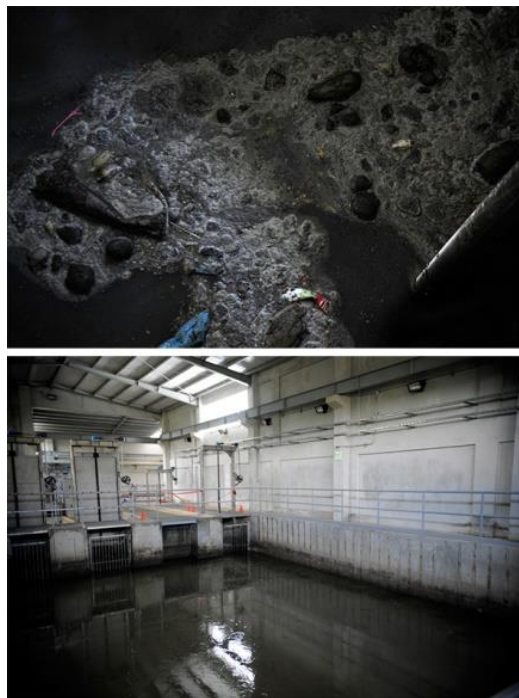
**Figura N° 2: *Etapa de construcción***

Fuente: Barrantes, 2014.



**Figura N° 3: *Primera etapa concluida***

Fuente: Barrantes, 2014.



**Figura N° 4: *Tratamiento de aguas residuales***

Fuente: Barrantes, 2014.





**Figura N° 5: *Planta de tratamiento de aguas residuales***

Fuente: Barrantes, 2014.



**Figura N° 6: *Tuberías donde se transportan las aguas residuales***

Fuente: Barrantes, 2014.

## Solución a aguas negras urbanas

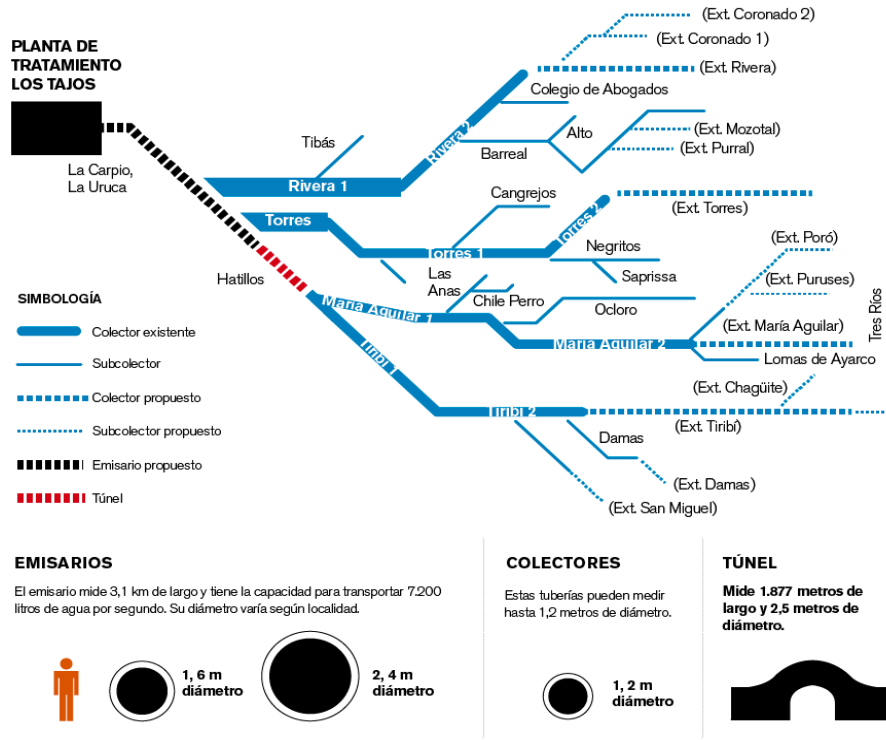
El territorio incluido dentro de la línea negra se verá beneficiado en la primera etapa del proyecto, que concluiría a finales de año. El área naranja, fuera de la línea negra, incluye la zona por cubrir en una segunda etapa.

### ÁREA METROPOLITANA BENEFICIADA



### ESTRUCTURAS EXISTENTES Y PLANEADAS

El AyA tiene 4 colectores y 21 subcolectores, y con ello brinda el servicio de alcantarillado (sin tratamiento de aguas) a 520.000 personas en el área metropolitana. Cuando el proyecto esté listo, en 2020, beneficiará a cerca de 1.070.000 personas.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN EL AYA.

WILLIAM SÁNCHEZ E IRELA FORNAGUERA/ LA NACIÓN

Figura N° 7: Área metropolitana beneficiada

Fuente: Lara, 2015.



Las anteriores imágenes se enfocan en un megaproyecto país, lo que se quiere mostrar en esta investigación es la importancia que tiene el manejo y uso adecuado de las aguas residuales en una comunidad o un grupo poblacional.

Como profesional en ingeniería electromecánica, uno de los autores ha tenido la oportunidad de participar en proyectos de carácter constructivo, desde el movimiento de tierra hasta la puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales. Por ello, se considera como experto en cuanto a implementar la parte técnica de dicho proyecto referente a un modelo de riesgos.

Ambos autores, uno gerente de proyectos y el otro ingeniero electromecánico, crearán e implementarán este proyecto, el cual se basa en las buenas prácticas de la Guía PMBOK® (quinta edición). Mediante esta guía se aplica un modelo que menciona los riesgos asociados a crear una planta de tratamiento de aguas residuales o PTAR.

## **1.2 Planteamiento del problema.**

Se puede determinar, con base en experiencias pasadas en proyectos como los PTAR, que localmente existe mano de obra calificada, proveedores y equipos de alta calidad, como profesionales con experiencia en el manejo de este tipo de proyectos, etc.

Sin embargo, esta investigación plantea que lo anterior no es suficiente para asegurar el éxito de los proyectos, ya que, para lograr comunicación efectiva, organizar procesos, estructurar horarios, generar acuerdos entre las partes involucradas, etc., se necesita un plan de gestión, metodología o un modelo aplicable.

Como se ha expuesto, en este tipo de proyectos las tareas pueden volverse difíciles de manejar, por la complejidad de los PTAR. Según el juicio experto, se

puede decir que, si algo empieza mal en este tipo de proyectos, no hay forma de medir el impacto una vez que estén en operación; por consiguiente, se vuelve sumamente difícil evaluar, procesar, controlar y responsabilizar a los involucrados, sobre todo por su magnitud.

Desde luego, la falta de un modelo de riesgo(s) que mida tanto su impacto como gestión es fundamental para determinar consecuencias, probabilidades, tipologías, planes de gestión e identificación de riesgos, análisis cuantitativo y cualitativo de ellos, planificación de la respuesta y mitigación, control, etc.

Al gestionar un modelo de riesgos, se podría recopilar, analizar, evaluar, controlar y tomar decisiones que permitan a este tipo de proyectos determinar los problemas en términos de su “causa raíz” y generar planes de manera proactiva en vez de reactiva, identificando los problemas y resolviéndolos de manera oportuna, monitoreando la ejecución del proyecto de manera controlada.

En virtud de lo expuesto se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el proceso de implementación de un modelo de riesgos desde la perspectiva del capítulo de Riesgos de la Guía PMBOK®?

### **1.3 Justificación.**

La justificante del proyecto es implementar un modelo de riesgo(s) aplicable que permita que proyectos como una planta de tratamiento de aguas residuales, a nivel de carácter electromecánico, cumpla con sus entregables en términos de tiempo, costo, alcance y calidad.

Igualmente, el proyecto aplicará un análisis de riesgos para mitigar los problemas con mayores probabilidades de ocurrencia, mediante planes de

acciones, los cuales harán que los requerimientos técnicos (electromecánicos) se cumplan con éxito en este tipo de proyectos.

Finalmente, al implementar este modelo de riesgos se desea aplicar herramientas, como matrices de probabilidad, impacto y riesgos, con sus respectivos planes de mitigación o acciones según probabilidad de ocurrencia y, no menos importante, aplicar el esquema y los estándares de riesgos como lineamientos y buenas prácticas por seguir para, de esta misma manera, gestionar o administrar un proyecto como PTAR de manera controlada y exitosa.

#### **1.4 Objetivo general y específicos.**

Objetivo general:

- ✓ Crear un modelo que permita gestionar y mitigar los riesgos para una planta de tratamiento de aguas electromecánica (PTAR) en cualquier zona del país, (Costa Rica), en el tercer trimestre del 2017.

Objetivos específicos:

- ✓ Crear un modelo de riesgos para el tercer trimestre del 2017.
- ✓ Crear e implementar herramientas para el modelo de riesgo(s) que ayuden a su análisis dentro del mismo proyecto, para el tercer trimestre del 2017.
- ✓ Implementar escenarios posibles aplicando este modelo de riesgo(s) como caso práctico, para su utilización luego en este tipo de proyectos (electromecánicos), durante el tercer trimestre del 2017.

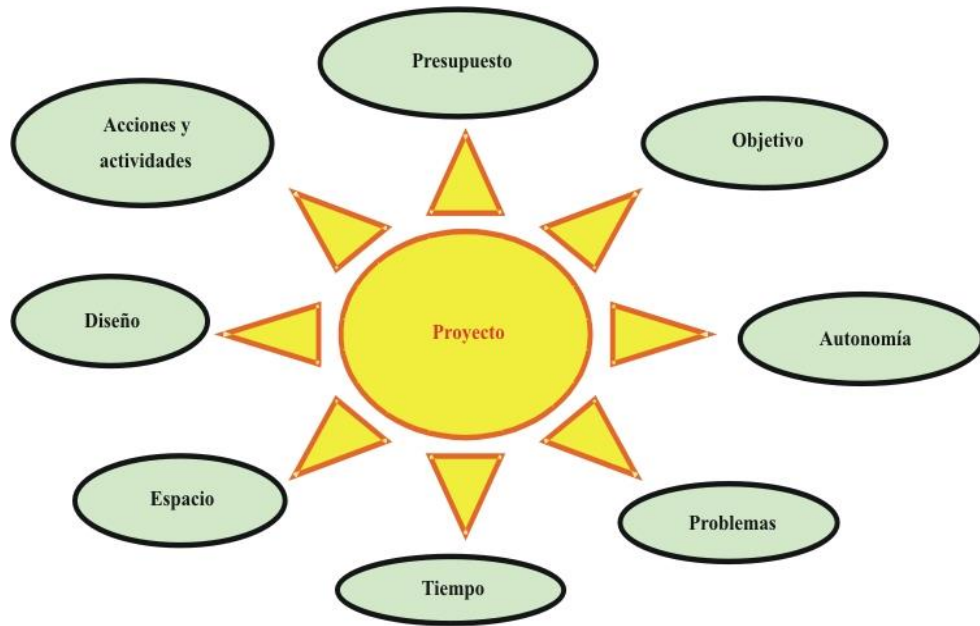
## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

## 2.1 Proyecto

Antes de iniciar propiamente con la teoría referente a administración de proyectos, se hace necesario definir lo que significa un proyecto a nivel teórico: “la concreción de objetivos visualizados de cara al futuro para resolver situaciones problemáticas que enfrentan los entornos en que se desempeñan, con el fin de que les permitan dar un salto cuantitativo y cualitativo.” (Otero, 2004)

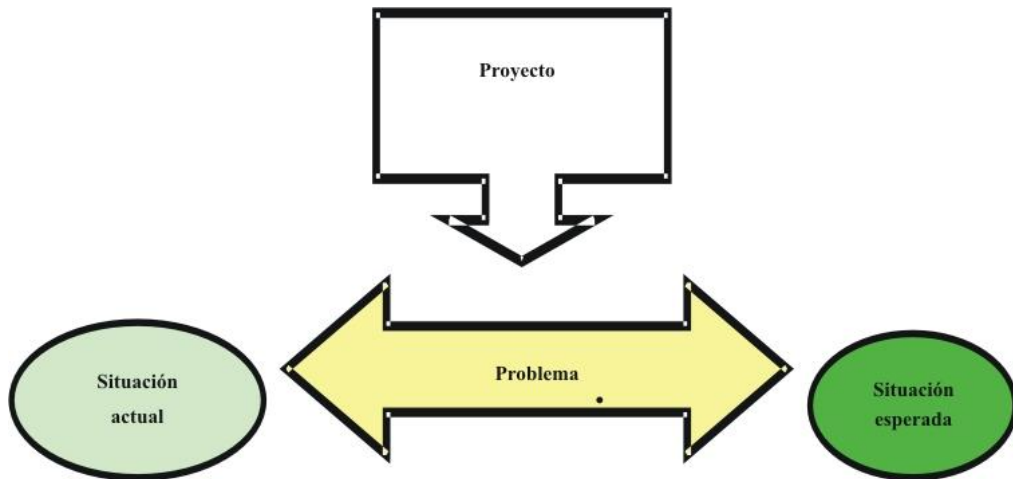
Dentro de las características de todo proyecto que lo identifican como tal, se encuentran las siguientes:

- Es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. (Project Management Institute, 2013)
- Es un proceso finito, es decir, se cuenta con un período de tiempo determinado para alcanzar el objetivo. (Otero, 2004)
- Es un proceso único (no repetitivo) en que las actividades van ligadas por requerimientos de secuencias y, por tanto, en cada etapa son diferentes. (Otero, 2004)
- La elaboración es gradual, ya que se enmarca en una serie de tareas, las cuales se cumplen en forma secuencial o semi-paralela, lo que genera un desarrollo paulatino. Cuenta con un presupuesto preestablecido para alcanzar el objetivo. (Otero, 2004)



**Figura N° 8: Atributos principales asociados a la definición de proyecto**

Fuente: Otero, 2014.



**Figura N° 9: Generalización del concepto de proyecto.**

Fuente: Otero, 2014.

Por otro lado, una definición más reciente es la que brinda el Project Management Institute de la siguiente manera:

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Asimismo, se puede poner fin a un proyecto si el cliente (cliente, patrocinador o líder) desea terminar el proyecto. Que sea temporal no significa necesariamente que la duración del proyecto haya de ser corta. Se refiere a los compromisos del proyecto y a su longevidad. En general, esta cualidad de temporalidad no se aplica al producto, servicio o resultado creado por el proyecto; la mayor parte de los proyectos se emprenden para crear un resultado duradero. Por ejemplo, un proyecto para construir un monumento nacional creará un resultado que se espera perdure durante siglos. Por otra parte, los proyectos pueden tener impactos sociales, económicos y ambientales susceptibles de perdurar mucho más que los propios proyectos. (Project Management Institute, 2013)

Podemos decir, en síntesis, que los proyectos son importantes dentro de un esquema administrativo o de gestión de cualquier empresa, aún más en el contexto de un proyecto con la escala y magnitud como los que se desean implementar en este caso.

Una planta de tratamiento de aguas residuales es compleja, requiere de mucha logística, tiene muchos involucrados y, a nivel técnico, el proyecto requiere de los estudios necesarios para que sea viable y, desde luego, factible.

Por lo tanto, podemos decir que el manejo o la gestión de proyectos es fundamental para asegurar el cumplimiento de los entregables, los requerimientos y es el caso de este trabajo escrito sobre la implementación de un modelo o

esquema de riesgos que permita manejarlos de una manera controlada durante el ciclo de vida del proyecto.

## **2.2 Administración de proyectos**

La administración o gestión de proyectos permite que aquellos que necesitan las empresas puedan concluirse dentro de su ciclo de vida, en el tiempo previsto, bajo los costos presupuestados y dentro del alcance o los requerimientos estipulados.

Según Baker y Baker (1999), la administración de proyectos se define de la siguiente manera: “La administración de proyectos es el proceso de combinar sistemas, técnicas y personas para completar un proyecto dentro de las metas establecidas de tiempo, presupuesto y calidad”. (pág. 10)

También nos dice el PMI Chárter (2017) lo siguiente sobre la administración de proyectos y cómo su gestión lo impacta: “La administración de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para realizar proyectos efectiva y eficientemente. Es una capacidad estratégica de las organizaciones, que les permite vincular los resultados de los proyectos con las metas del negocio y así ser más competitivos en sus áreas.”

El mal manejo de los proyectos en términos de la triple restricción, esto es, costo, tiempo y alcance, tiende a impactar su éxito y el resultado. Una pobre ejecución por falta de estructura, conocimientos, procesos, datos, etc. contribuye al fracaso de los proyectos, generalmente ocasionando que se pasen en costo, no salgan a tiempo o, bien, no cumplan con el alcance ni los requerimientos acordados entre las partes.

Administrar profesionalmente los proyectos debería ser un tema de interés para todas las personas. Si así fuera, muy pronto se abriría una ventana de oportunidad para quienes desean dedicarse a la formación de profesionales en esta materia, así como para quienes desean convertirse en profesionales en administración o gestión de proyectos.



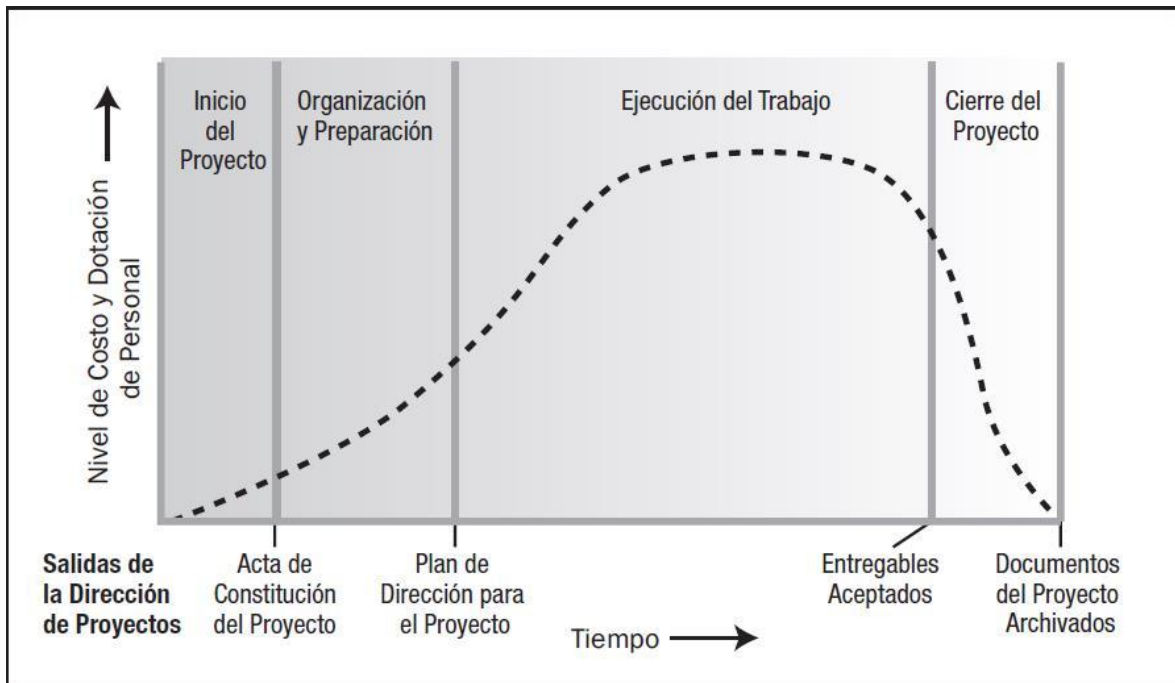
### **2.2.1 Ciclo de vida de un proyecto**

El ciclo de vida del proyecto sirve para definir su inicio y término, ya que, como hemos visto, todo proyecto es único y un principio y un fin.

Dicho en otras palabras, un proyecto debe generar un resultado, lo cual implica una temporalidad. El ciclo de vida de un proyecto lo podemos definir de la siguiente manera: “Los proyectos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos, sin importar cuán pequeños o grandes, o cuán sencillos o complejos sean, pueden configurarse dentro de la siguiente estructura del ciclo de vida: Inicio, Organización y Preparación, Ejecución del trabajo y Cierre.” (formulaproyectosurbanospmipe, 2017)

Por lo tanto, los ciclos de vida varían dependiendo del tipo de proyecto y su complejidad. Por eso existen las siguientes características:

- El ciclo de vida es un conjunto de fases que definen el proyecto.
- Se define por tamaño del proyecto.
- Se define por complejidad del proyecto.
- Se define por necesidades de control y monitoreo del proyecto.
- Hay distintas relaciones entre los ciclos de vida: secuenciales o predictivas, complementarias o, bien, ágiles o iterativas.



**Figura N° 10: Estructura de ciclo de vida (incluye fases) según la Guía PMBOK® (5ª ed.).**

Fuente: Project Management Institute, 2013.

## 2.3 Procesos en la administración de proyectos

A continuación, se describen cada uno de los grupos de procesos utilizados en la gestión o administración de proyectos, según la Guía PMBOK®.

### 2.3.1 Inicio

Este grupo de proceso de iniciación se puede definir de la siguiente manera: “Aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto ya existente, mediante la obtención de la autorización para comenzar dicho proyecto o fase.” (Projectum, 2017)

Este es el grupo de proceso donde se integra y recopila la información necesaria para empezar con el proyecto o su fase preliminar. Es cuando el administrador empieza a recopilar datos sobre esos requerimientos fundamentales para definir alcance, costo y tiempo.

### **2.3.2 Planificación**

Este grupo de proceso lo podemos definir de la siguiente manera: “Aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción necesario para alcanzar los objetivos para cuyo logro se emprendió el proyecto.” (Proyectum, 2017)

Así, una vez que se tiene la información, se ponen en práctica estrategias como la planificación necesaria en términos de ejecución de los entregables. Por lo tanto, dentro de este proceso, se delimitan los parámetros de alcance, costo, tiempo y hasta calidad del proyecto.

### **2.3.3 Ejecución**

Este grupo de proceso lo podemos definir de la siguiente manera: “Aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo.” (Proyectum, 2017)

Este grupo podemos definirlo como aquel en el cual, una vez definidos tanto el alcance, por medio de los requerimientos y el costo, como el tiempo, por medio de los entregables o paquetes de trabajo, se podrá proceder a la ejecución. Esto, mediante la asignación de recursos determinados para cumplir con los objetivos del proyecto.

### **2.3.4 Control**

Este grupo de proceso lo podemos definir como: “Aquellos procesos requeridos para dar seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.” (Proyectum, 2017)

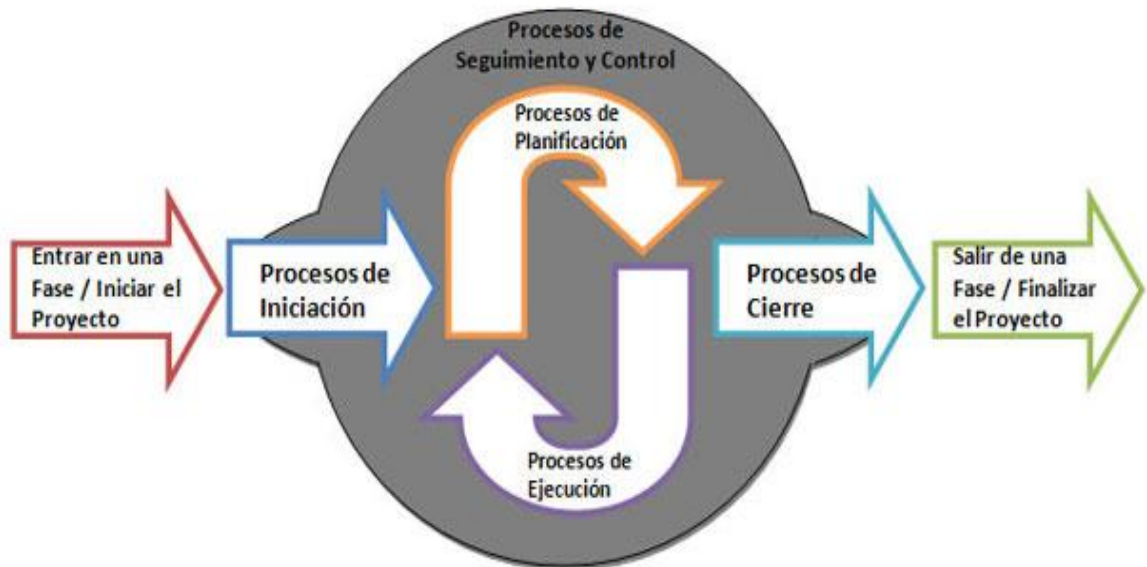
Este es de suma importancia, ya que permite controlar y monitorear que los entregables que se miden en términos de paquetes de trabajo cumplan con los requerimientos establecidos, en el tiempo acordado y bajo el costo presupuestado.

### 2.3.5 Cierre

Finalmente, se dan “aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo.” (Projectum, 2017)

Podemos decir que el cierre es un grupo de proceso que define el resultado final del proyecto. Este puede ser un producto o servicio determinado, por lo cual el cierre permite entregar a los involucrados el resultado, ojalá asegurando las expectativas y, desde luego, cumpliendo con los acuerdos.

A continuación, se adjunta un diagrama resumen de los grupos de procesos:



**Figura N° 11: Diagrama de proceso de la Guía PMBOK®**

Fuente: Riebeling, 2009.

## 2.4 Áreas de conocimiento en la administración de proyectos

Las áreas de conocimiento en la dirección de proyectos se organizan como 47 procesos de dirección o gestión sobre los mismos grupos de procesos, en 10 áreas de conocimiento, según se muestra en el diagrama adjunto y se describe a continuación:

- *Gestión de la integración del proyecto:* incluye los procesos y las actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos de la dirección de proyectos dentro de los grupos de procesos. La gestión de la integración del proyecto implica tomar decisiones en cuanto a la asignación de recursos, balancear objetivos y manejar las interdependencias entre las áreas de conocimiento. (Projectum, 2017)
- *Gestión del alcance del proyecto:* incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido para completarlo con éxito. El objetivo principal de esta área es definir y controlar qué se incluye y qué no en el proyecto. (Projectum, 2017)
- *Gestión del tiempo del proyecto:* incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo, los cuales son: definir y secuenciar las actividades, estimar sus recursos y duración, desarrollar y controlar el cronograma. (Projectum, 2017)
- *Gestión de los costos del proyecto:* incluye los procesos involucrados en estimar, presupuestar y controlar los costos, de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. (Projectum, 2017)
- *Gestión de la calidad del proyecto:* incluye los procesos y las actividades de la organización ejecutante que determinan responsabilidades, objetivos y políticas de calidad, a fin de que el proyecto satisfaga las necesidades por las cuales fue emprendido. (Projectum, 2017)
- *Gestión de los recursos humanos del proyecto:* incluye los procesos que organizan, gestionan y conducen el equipo del proyecto. Este está conformado por aquellas personas a las que se les han asignado roles y responsabilidades por completar. (Projectum, 2017)

- *Gestión de las comunicaciones del proyecto:* incluye los procesos requeridos para garantizar que la generación, la recopilación, la distribución, el almacenamiento, la recuperación y la disposición final de la información del proyecto sean adecuadas y oportunas. (Proyectum, 2017)
- *Gestión de los riesgos del proyecto:* incluye los procesos relacionados con planificar la gestión, identificar, analizar y planificar la respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. (Proyectum, 2017)
- *Gestión de las adquisiciones del proyecto:* incluye los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados que es necesario obtener fuera del equipo del proyecto. Incluye los procesos de gestión del contrato y de control de cambios requeridos para desarrollar y administrar contratos u órdenes de compra. (Proyectum, 2017)
- *Gestión de los interesados:* incluye los procesos necesarios para identificar a las personas, los grupos o las organizaciones que podrían afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en él. (Proyectum, 2017)

Lo que permiten las 10 áreas del conocimiento es comprender las actividades necesarias para gestionar o administrar un proyecto. Por lo tanto, podemos decir que las áreas de conocimiento determinan lo siguiente:

...ser el cuerpo de conocimiento es reconocido como un conjunto de buenas prácticas en dirección de proyectos, lo cual significa que son aplicables a la mayoría de los procesos y que su aplicación puede contribuir al aumento de las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos. (Project Management Institute, 2013)

## **2.5 Áreas de experiencia**

Muchos de los conocimientos y las herramientas y técnicas para gestionar proyectos, tales como la estructura de desglose del trabajo, el análisis de ruta crítica y la gestión del valor ganado, son exclusivos del área de dirección de proyectos. Sin

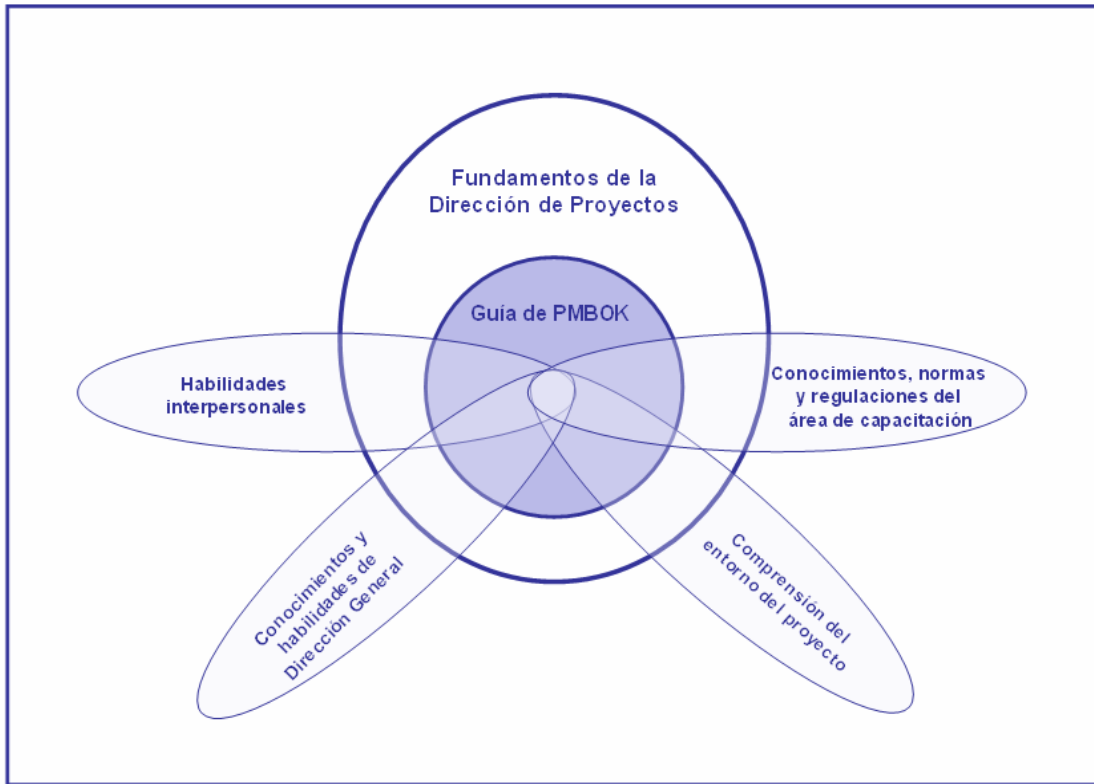
embargo, comprender y aplicar los conocimientos, las habilidades, herramientas y técnicas generalmente reconocidas como mejores prácticas en la Guía PMBOK® no es suficiente por sí solo para una dirección de proyectos efectiva. (Riebeling, 2009)

Una dirección de proyectos efectiva requiere que el gestor de la administración comprenda y utilice los conocimientos y las habilidades correspondientes a las cinco áreas de experiencia:

- 1) Fundamentos de la dirección de proyectos.
- 2) Conocimientos, normas y regulaciones del área de aplicación.
- 3) Comprensión del entorno del proyecto.
- 4) Conocimientos y habilidades de dirección general.
- 5) Habilidades interpersonales.

El siguiente esquema muestra la relación que existe entre estas cinco áreas de experiencia. Si bien aparentan ser elementos independientes, por lo general se superponen, ya que ninguno puede existir sin los demás.

Los equipos de proyectos efectivos integran estos elementos en todos los aspectos. No es necesario que cada miembro del equipo sea experto en las cinco áreas. En realidad, es poco probable que una sola persona cuente con todos los conocimientos y las habilidades necesarios para el proyecto. (Riebeling, 2009)



**Figura N° 12: Fundamentos de la dirección de proyectos.**

Fuente: Riebeling, 2009.

## 2.6 Estándar de riesgos

Según los estándares del PMI, a nivel de riesgos se sigue un esquema o lineamientos determinados.

Primeramente, se van tomar de la Guía PMBOK® (5ª ed., 2013) esos elementos que conforman el grupo de proceso del riesgo:

- Planificación de la gestión del riesgo.
- Identificación de los riesgos.
- Análisis cualitativo de los riesgos.
- Análisis cuantitativo de los riesgos.
- Planificación de las respuestas a los riesgos (planes de acción o mitigación).



- Monitoreo, seguimiento y control de los riesgos.

Con base en estos elementos que conforman el grupo de proceso de riesgos, podemos decir que existen varias herramientas o técnicas asociadas que nos permiten controlar, disminuir o, bien, mitigar esos riesgos en un plazo determinado. Dichas herramientas son las siguientes:

- Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos intrínsecos del proyecto.
- Elaboración de la matriz de probabilidad e impacto.
- Evaluación y auditoría de la calidad de los datos sobre los riesgos.
- Categorización de los riesgos (tipología).
- Evaluación de la urgencia de los riesgos (priorización).
- Registro de los riesgos (por nivel de impacto). (Project Management Institute, 2013):

## **2.7 Gestión de riesgos**

Una vez entendida la teoría general de la administración de proyectos como el estándar de riesgos, podemos constatar que es fundamental conocer su gestión, la cual, según el Project Management Institute (2013) y su Guía PMBOK®, incluye lo siguiente:

Los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión de riesgos, así como la identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos de un proyecto. Los objetivos de la gestión de los riesgos del proyecto consisten en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto.

[...]

En este sentido, el riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad.

[...]

Un riesgo puede tener una o más causas y, de materializarse, uno o más impactos. Una causa puede ser un requisito especificado o potencial, un supuesto, una restricción o una condición que crea la posibilidad de consecuencias tanto negativas como positivas. (Project Management Institute, 2013)

Lo anterior fue extraído del Capítulo 11, enfocado en riesgo(s) en proyectos en ejecución.

Para el Project Management Institute (2013):

Los riesgos del proyecto tienen su origen en la incertidumbre que está presente en todos los proyectos. Los riesgos conocidos son aquellos que han sido identificados y analizados, lo que hace posible planificar respuestas para tales riesgos. A los riesgos conocidos que no se pueden gestionar de manera proactiva se les debe asignar una reserva para contingencias. Los riesgos desconocidos no se pueden gestionar de manera proactiva y por lo tanto se les puede asignar una reserva de gestión. Un riesgo negativo del proyecto que se ha materializado se considera un problema.

Las organizaciones y los interesados están dispuestos a aceptar diferentes niveles de riesgo, en función de su tolerancia frente a él. Las actitudes o la tolerancia frente al riesgo de la organización y de los interesados pueden verse afectadas por una serie de factores, ya sean internos o externos, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Apetito de riesgo: Es el grado de incertidumbre que una entidad está dispuesta a aceptar, con miras a una recompensa.
- Tolerancia al riesgo: Es el grado, la cantidad o el volumen de riesgo que podrá resistir una organización o individuo.
- Umbral de riesgo: Se refiere a la medida del nivel de incertidumbre o el nivel de impacto en el que un interesado pueda tener particular interés.
- Por debajo de ese umbral de riesgo, la organización aceptará el riesgo.

- Por encima de ese umbral de riesgo, la organización no tolerará el riesgo. (Project Management Institute, 2013)

El apetito de riesgo es de suma importancia, ya que de él dependerá qué tanto estarán dispuestos los involucrados a tolerarlo durante el ciclo de vida del proyecto.

También tenemos la tolerancia al riesgo, mediante la cual podemos medir los impactos del riesgo. Así clasificamos los riesgos y los niveles de tolerancia que hemos identificado en el proyecto.

Por supuesto, está el umbral del riesgo, ese grado de incertidumbre que está dispuesto a asumir cada uno de los involucrados y el impacto y las probabilidades de su ocurrencia.

Con base en el apetito, la tolerancia y, por supuesto, el umbral por debajo o por encima, se aceptará o no ese riesgo.

Por esa misma razón, la definición de conceptos como la identificación y clasificación de los riesgos es de suma importancia para concretar el modelo y uso de herramientas en este trabajo.

### **2.7.1 Análisis cualitativo de riesgos**

Según el Project Management Institute (2013), en la Guía PMBOK®, el análisis cualitativo de riesgos se constituye de la siguiente manera:

El proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos. El beneficio clave de este proceso es que permite a los directores de proyecto reducir el nivel de incertidumbre y concentrarse en los riesgos de alta prioridad.

Las herramientas o técnicas del análisis cualitativo de riesgos que vamos a utilizar en este trabajo son las siguientes:

- Evaluación de probabilidad e impacto de riesgos.
- Matriz de probabilidad e impacto de riesgos.
- Categorización de riesgos (mediante un EDR).
- Juicio de expertos.

Lo anterior quiere decir que el análisis cualitativo permite identificar esos riesgos a nivel de su probabilidad e impacto, generalmente tipificándolos según nivel de ocurrencia, características y lo que hemos visto con anterioridad, en términos de nivel de tolerancia e incertidumbre relacionadas con el umbral del mismo riesgo y, por supuesto, el apetito que tengan de ellos, de cara a definir prioridades.

### **2.7.2 Análisis cuantitativo de riesgos**

Para el Project Management Institute (2013) y su Guía PMBOK®, el análisis cuantitativo de riesgos se realiza de la siguiente manera:

El proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que genera información cuantitativa sobre los riesgos para apoyar la toma de decisiones a fin de reducir la incertidumbre del proyecto. (Project Management Institute, 2013)

Las herramientas o técnicas de análisis cuantitativo de riesgos que vamos a utilizar en este trabajo son las siguientes:

- Análisis de sensibilidad de riesgos.
- Análisis de valor monetario esperado.

- Modelado y simulación de riesgos.

Se puede decir que el análisis cuantitativo toma lo que se definió en el análisis cualitativo y le define variables numéricas a través de valores de probabilidad de ocurrencia, generalmente a nivel estadístico, que determinan qué tan probable será que el riesgo ocurra e impacte el proyecto durante su ciclo de vida.

Por lo tanto, se podrá generar un plan acción, según el umbral y la tolerancia a ese mismo riesgo entre los involucrados, que determinará qué mitigación se llevará a cabo para que no impacte el proyecto del todo o lo haga en una menor medida.

Entonces, un análisis tanto cualitativo como cuantitativo, mediante la implementación de un modelo de riesgo y utilizando herramientas complementarias, nos ayudará a que la gestión del proyecto a nivel de riesgo sea controlada y a monitorearlo durante su ciclo de vida, sobre todo en uno tan complejo y extenuante como es la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Adicionalmente, podemos decir que proyectos de esta índole son complejos a nivel de su manejo, ya que incluyen muchos involucrados, los riesgos son variados y los aspectos técnicos, complejos; por consiguiente, el manejo de riesgos se vuelve una pieza fundamental en su éxito.

### **2.7.3 Modelo de riesgos**

Podemos decir que un modelo de riesgos es la aplicación de una metodología o lineamientos; en nuestro caso, serían los del PMI o los que se exponen en la Guía PMBOK® (5ª ed.). Por lo tanto, podemos decir que un modelo es similar a una metodología aplicada o, en el caso de aplicación de este mismo trabajo, sería la gestión o administración de riesgos para una planta de tratamiento

de aguas residuales en cualquier zona de Costa Rica, durante el tercer trimestre del 2017.

Así, un modelo lo podemos interpretar, según el PMI, como la gestión de los riesgos de un proyecto, lo cual es definido por la Guía PMBOK® de la siguiente manera:

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión de riesgos, así como la identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos de un proyecto. Los objetivos de la gestión de los riesgos del proyecto consisten en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto. (Project Management Institute, 2013)

Los procesos que se dan en el modelo de riesgos del PMI son los siguientes:

- **Planificar la gestión de los riesgos:** este es el proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.
- **Identificar los riesgos:** es el proceso de determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto y documentar sus características.
- **Realizar el análisis cualitativo de riesgos:** se refiere al proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos.
- **Realizar el análisis cuantitativo de riesgos:** es el proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.
- **Planificar la respuesta a los riesgos:** es el proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas frente a los objetivos del proyecto.

- **Controlar los riesgos:** se refiere al proceso de implementar los planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los identificados, monitorear los residuales, identificar nuevos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto.

Es importante que las gestiones de riesgos sean tanto negativas como positivas, como lo define la Guía PMBOK® en un capítulo dedicado a riesgos (Capítulo 11):

El riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, de materializarse, uno o más impactos. Una causa puede ser un requisito especificado o potencial, un supuesto, una restricción o una condición que crea la posibilidad de consecuencias tanto negativas como positivas. Por ejemplo, entre las causas se podría incluir el requisito de obtener un permiso ambiental para realizar el trabajo, o contar con una cantidad limitada de personal asignado para el diseño del proyecto. El riesgo consiste en que la agencia que otorga el permiso pueda tardar más de lo previsto en emitir el permiso o, en el caso de una oportunidad, que se disponga de más personal de desarrollo capaz de participar en el diseño y de ser asignado al proyecto. Si se produjese alguno de estos eventos inciertos, podría haber un impacto en el alcance, el costo, el cronograma, la calidad o el desempeño del proyecto. (Project Management Institute, 2013)

Según la Guía PMBOK®, existen los riesgos positivos, que son básicamente oportunidades que surgen para el proyecto.

De nuevo, el Capítulo 11 dice lo siguiente:

Los riesgos positivos y negativos se conocen normalmente como

oportunidades y amenazas. El proyecto puede aceptarse si los riesgos se encuentran dentro de las tolerancias y están en equilibrio con el beneficio que puede obtenerse al asumirlos. Los riesgos positivos que ofrecen oportunidades dentro de los límites de la tolerancia al riesgo se pueden emprender a fin de generar un mayor valor. Por ejemplo, adoptar una técnica de optimización de recursos agresiva constituye un riesgo que se asume a la espera de un beneficio como consecuencia de utilizar menos recursos. (Project Management Institute, 2013)

#### 2.7.4 Herramientas y técnicas de riesgos

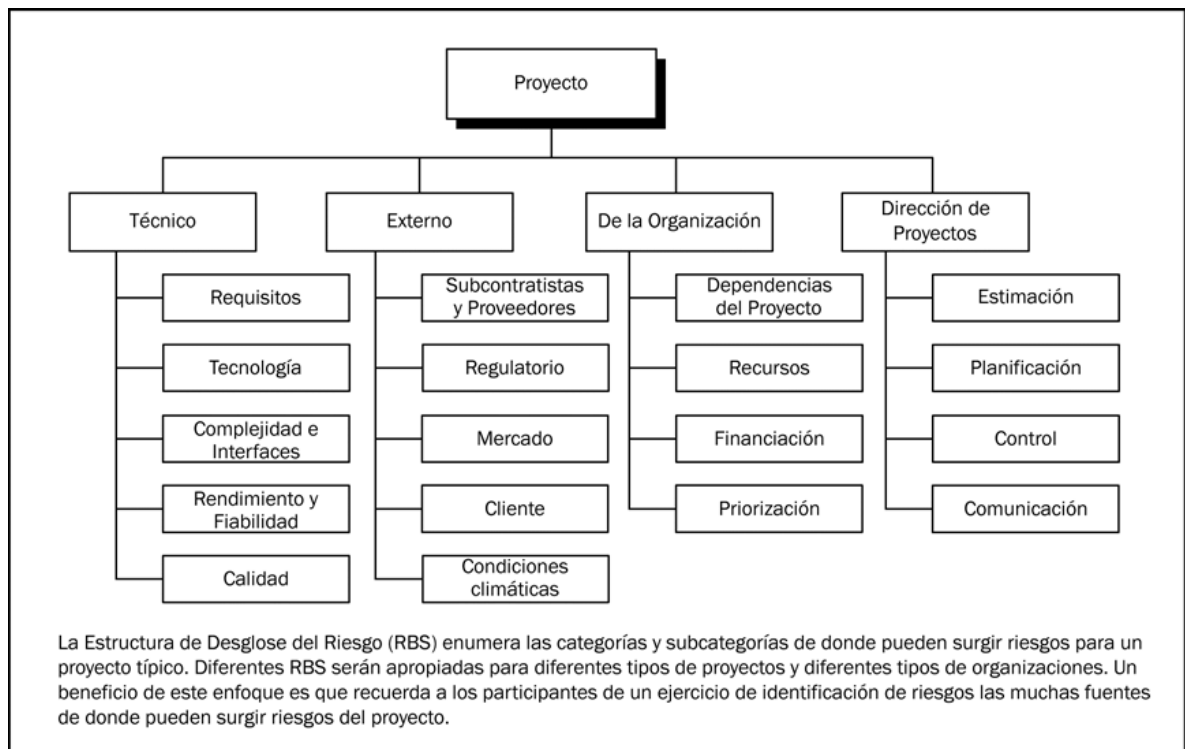
En esta parte, vamos a aplicar las herramientas que, según la Guía PMBOK®, nos pueden ayudar a implementar el modelo de riesgos. Entre ellas, podemos aplicar las siguientes:

- **Plan de gestión de riesgos:** es un componente del plan para la dirección del proyecto y describe el modo en que se estructurarán y se llevarán a cabo las actividades de gestión de riesgos. Este plan incluye lo siguiente:
  - **Metodología:** Define los enfoques, las herramientas y las fuentes de datos que se utilizarán para llevar a cabo la gestión de riesgos en el proyecto.
  - **Roles y responsabilidades:** Definen el líder, el apoyo y los miembros del equipo de gestión de riesgos para cada tipo de actividad del plan y explican sus responsabilidades.
  - **Presupuesto:** se estiman, sobre la base de los recursos asignados, los fondos necesarios para su inclusión en la línea base de costos; se establecen los protocolos para aplicar la reserva para contingencias y gestión.
  - **Calendario:** Define cuándo y con qué frecuencia se llevarán a cabo los procesos de gestión de riesgos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Establece los protocolos para utilizar las



reservas de contingencias en el cronograma y las actividades de gestión por incluir en el cronograma del proyecto.

- Categorías de riesgo: Proporcionan un medio para agrupar las causas potenciales de riesgo. Se pueden utilizar diversos enfoques, por ejemplo, una estructura basada en los objetivos del proyecto por categoría. Una estructura de desglose de riesgos (EDR) ayuda al equipo del proyecto a tener en cuenta las numerosas fuentes que podrían dar lugar a riesgos, en un ejercicio de identificación. Diferentes estructuras EDR resultarán adecuadas para diferentes tipos de proyectos. Una organización puede utilizar un marco de categorización a medida elaborado previamente, el cual puede consistir en una simple lista de categorías o en una estructura EDR. La EDR es una representación jerárquica de los riesgos, según sus categorías. (Project Management Institute, 2013)



**Figura N° 13: Estructura de desglose de riesgos**

Fuente: PMI, 2013.

- Definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos: La calidad y la credibilidad del análisis de riesgos requieren que se definan distintos niveles de probabilidad e impacto, específicos para el contexto del proyecto. Las definiciones generales de los niveles de probabilidad e impacto se adaptan a cada proyecto individual durante el proceso. Es importante planificar la gestión de los riesgos para su uso en procesos subsiguientes.
  - Matriz de probabilidad e impacto: Una matriz de probabilidad e impacto es una cuadrícula para vincular la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo con su impacto sobre los objetivos del proyecto. Los riesgos se priorizan de acuerdo con sus implicaciones potenciales, esto es, con tener un efecto sobre los objetivos del proyecto.
  - Revisión de las tolerancias de los interesados: Las tolerancias de los interesados, según se aplican en el proyecto específico, se pueden revisar en el marco de planificar la gestión de los riesgos.
  - Formatos de los informes: Los formatos de los informes definen cómo se documentarán, analizarán y comunicarán los resultados del proceso de gestión de riesgos. Describen el contenido y el formato de su registro, así como de cualquier otro informe similar requerido.
  - Seguimiento: El seguimiento documenta cómo se registrarán las actividades de gestión de riesgos en beneficio del proyecto en curso y cómo se auditarán los procesos de su gestión. (Project Management Institute, 2013)
- **Tormenta de ideas:** El objetivo de la tormenta de ideas es obtener una lista completa de los riesgos del proyecto. Por lo general, el equipo efectúa tormentas de ideas, a menudo con un grupo

multidisciplinario de expertos que no forman parte de él. Bajo el liderazgo de un facilitador, se generan ideas acerca de los riesgos del proyecto, ya sea por medio de una sesión tradicional y abierta de tormenta de ideas o en una estructurada, donde se utilizan técnicas de entrevista masiva. Como marco de referencia pueden utilizarse categorías de riesgo, como en una estructura de desglose. Posteriormente, se identifican y categorizan según su tipo y se refinan sus definiciones.

- **Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos:** La calidad y la credibilidad del análisis de riesgos requieren definir distintos niveles de probabilidad e impacto, específicos para el contexto del proyecto. Las definiciones generales de los niveles de probabilidad e impacto se adaptan a cada proyecto individual durante el proceso. Es importante planificar la gestión de los riesgos para su uso en procesos subsiguientes. Por lo tanto, una matriz de probabilidad e impacto es una cuadrícula para vincular la probabilidad de ocurrencia de cada uno con su impacto sobre los objetivos del proyecto

Los riesgos se priorizan de acuerdo con sus implicaciones potenciales sobre los objetivos del proyecto. El enfoque típico para priorizarlos consiste en utilizar una tabla de búsqueda o una matriz de probabilidad e impacto. La organización es la que fija normalmente las combinaciones específicas de probabilidad e impacto que llevan a calificar un riesgo de importancia “alta”, “moderada” o “baja”. (Project Management Institute, 2013)

<b>Condiciones Definidas para Escalas de Impacto de un Riesgo sobre los Principales Objetivos del Proyecto</b> (Sólo se muestran ejemplos para impactos negativos)					
<b>Objetivo del Proyecto</b>	Se muestran escalas relativas o numéricas				
	Muy bajo /0,05	Bajo /0,10	Moderado /0,20	Alto /0,40	Muy alto /0,80
<b>Coste</b>	Aumento de coste insignificante	Aumento del coste <10%	Aumento del coste del 10-20%	Aumento del coste del 20-40%	Aumento del coste >40%
<b>Tiempo</b>	Aumento de tiempo insignificante	Aumento del tiempo <5%	Aumento del tiempo del 5-10%	Aumento del tiempo del 10-20%	Aumento del tiempo >20%
<b>Alcance</b>	Disminución del alcance apenas perceptible	Áreas de alcance secundarias afectadas	Áreas de alcance principales afectadas	Reducción del alcance inaceptable para el patrocinador	El elemento terminado del proyecto es efectivamente inservible
<b>Calidad</b>	Degradación de la calidad apenas perceptible	Sólo las aplicaciones muy exigentes se ven afectadas	La reducción de la calidad requiere la aprobación del patrocinador	Reducción de la calidad inaceptable para el patrocinador	El elemento terminado del proyecto es efectivamente inservible

Esta tabla presenta ejemplos de definiciones del impacto de los riesgos para cuatro objetivos del proyecto diferentes. Estos deben adaptarse al proyecto individual y a los umbrales de riesgo de la organización en el proceso Planificación de la Gestión de Riesgos. Las definiciones del impacto pueden desarrollarse para las oportunidades de forma similar.

**Figura N° 14: Definición de escalas de impacto para cuatro objetivos del proyecto**

Fuente: PMI, 2013.

- **Escalas de probabilidad e impacto de los riesgos:** Los riesgos se pueden priorizar con vistas a un análisis cuantitativo posterior y a la planificación de respuestas basadas en su calificación. Las calificaciones se asignan con base en su probabilidad y al impacto previamente evaluados.

Por lo general, la evaluación de la importancia de cada riesgo y de su prioridad de atención se efectúa utilizando una tabla de búsqueda o una matriz de probabilidad e impacto. Dicha matriz especifica las combinaciones que llevan a calificar los riesgos con una prioridad baja, moderada o alta. Dependiendo de las preferencias de la organización, se pueden utilizar términos descriptivos o valores numéricos.

Cada riesgo se califica de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y con el impacto sobre un objetivo, en caso de que se materialice. La organización debe determinar qué combinaciones de probabilidad e impacto dan lugar a una clasificación de alto, moderado y bajo. (Project Management Institute, 2013)

Matriz de Probabilidad e Impacto										
Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05

Impacto (escala de relación) sobre un objetivo (por ejemplo, coste, tiempo, alcance o calidad)

Cada riesgo es clasificado de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y el impacto sobre un objetivo en caso de que ocurra. Los umbrales de la organización para riesgos bajos, moderados o altos se muestran en la matriz y determinan si el riesgo es clasificado como alto, moderado o bajo para ese objetivo.

**Figura N° 15: Matriz de probabilidad e impacto**

Fuente: PMI, 2013.

- **Técnicas de diagramación de riesgos: diagramas de causa y efecto:** Estos también se conocen como de Ishikawa o de espina de pescado y son útiles para identificar las causas de los riesgos.
- **Análisis FODA:** Esta técnica examina el proyecto desde cada una de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), a fin de aumentar el espectro de riesgos identificados, incluidos los generados internamente. La técnica comienza con identificar las fortalezas y debilidades de la organización, centrándose ya sea en el proyecto, en la organización o en el negocio en general.

El análisis FODA identifica, luego, cualquier oportunidad para el proyecto con origen en las fortalezas de la organización y cualquier amenaza con origen en sus debilidades.

El análisis también examina el grado en que las fortalezas de la organización contrarrestan las amenazas e identifica las oportunidades que podrían servir para superar las debilidades.

- **Juicio de expertos:** El juicio de expertos es necesario para evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo, para determinar su ubicación dentro de la matriz de probabilidad e impacto.

Por lo general, los expertos son aquellas personas que ya han tenido experiencia en proyectos similares recientes. Su juicio se consigue a menudo mediante talleres de facilitación o entrevistas. En este proceso se deben tener en cuenta los sesgos.

El juicio de expertos también interviene en la interpretación de los datos. Aquellos deben ser capaces de identificar las debilidades de las herramientas, así como sus fortalezas. También pueden determinar cuándo una herramienta puede o no ser la más adecuada, teniendo en cuenta las capacidades y la cultura de la organización.

Para asegurar una definición exhaustiva del plan de gestión de los riesgos, se debe recabar el juicio y la experiencia de grupos o individuos con capacitación o conocimientos especializados en el tema en cuestión, por ejemplo:

- La dirección general.
- Los interesados del proyecto.

- Los directores de proyecto que han trabajado en otros similares, en el mismo ámbito (de manera directa o a través de las lecciones aprendidas).
  - Expertos en la materia (SME) en el ámbito de los negocios o de los proyectos.
  - Grupos de la industria y asesores.
  - Asociaciones profesionales y técnicas.
- **Registro de riesgos:** La salida principal del proceso de identificar los riesgos es la entrada inicial a su registro.

El registro de riesgos es un documento en el cual se registran los resultados del análisis y de la planificación de su respuesta. Contiene los resultados de los demás procesos de gestión de riesgos a medida que se llevan a cabo, lo que da lugar a un incremento en el nivel y tipo de información contenida en el registro, conforme transcurre el tiempo.

La preparación del registro de riesgos comienza en el proceso de identificarlos con la información que se detalla a continuación y, posteriormente, queda a disposición de otros procesos de la dirección de proyectos y gestión de los riesgos:

- *Lista de riesgos identificados:* estos se describen con un nivel de detalle razonable.
- *Lista de respuestas potenciales:* En ocasiones, se pueden identificar respuestas potenciales a un riesgo durante el proceso de su identificación.

- **Análisis de sensibilidad:** El análisis de sensibilidad ayuda a determinar qué riesgos tienen el mayor impacto potencial en el proyecto. Ayuda a comprender la correlación que existe entre las variaciones en los objetivos del proyecto y aquellas en las diferentes incertidumbres.

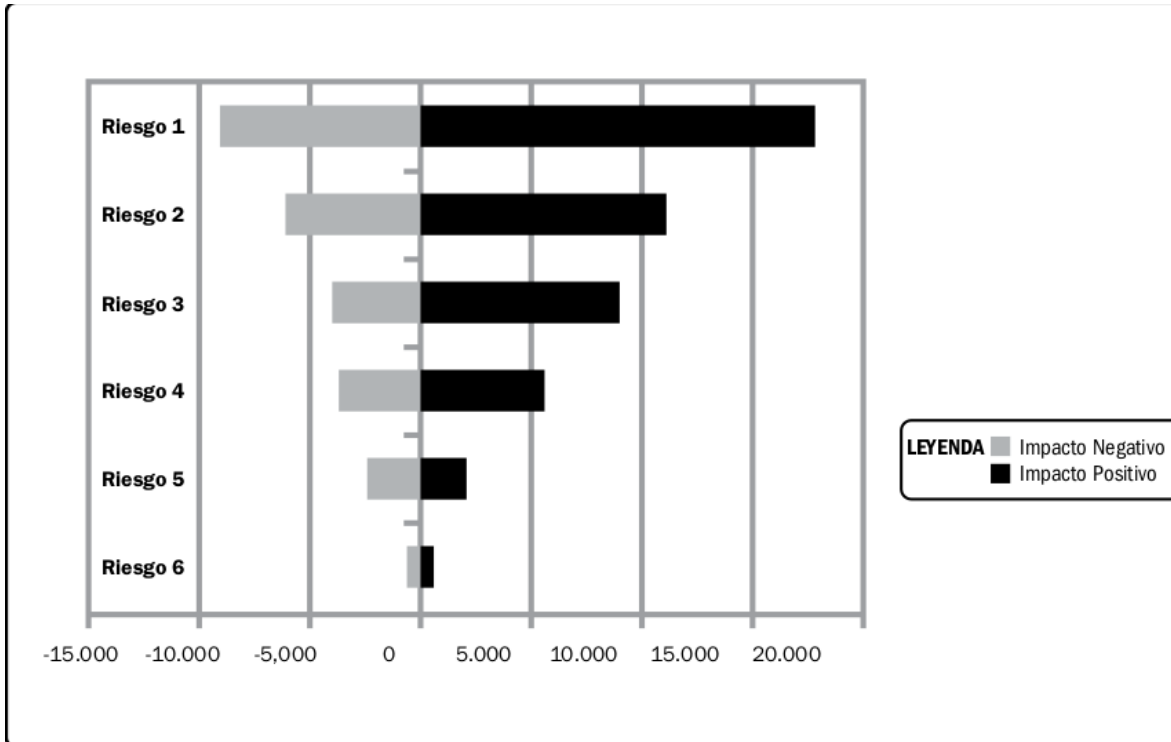
Por otra parte, evalúa el grado en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta al objetivo que se está estudiando, cuando todos los demás elementos inciertos son mantenidos en sus valores de línea base.

A continuación, se representa gráficamente un ejemplo de diagrama de forma de tornado, el cual resulta útil para comparar la importancia y el impacto relativos de las variables que tienen un alto grado de incertidumbre con respecto a las que son más estables.

El diagrama con forma de tornado también resulta útil al analizar escenarios de asunción de riesgos basados en unos específicos, cuyo análisis cuantitativo pone de relieve posibles beneficios superiores a los impactos negativos correspondientes.

Un diagrama con forma de tornado es un tipo especial de diagrama de barras que se utiliza en el análisis de sensibilidad para comparar la importancia relativa de las variables. (Project Management Institute, 2013)





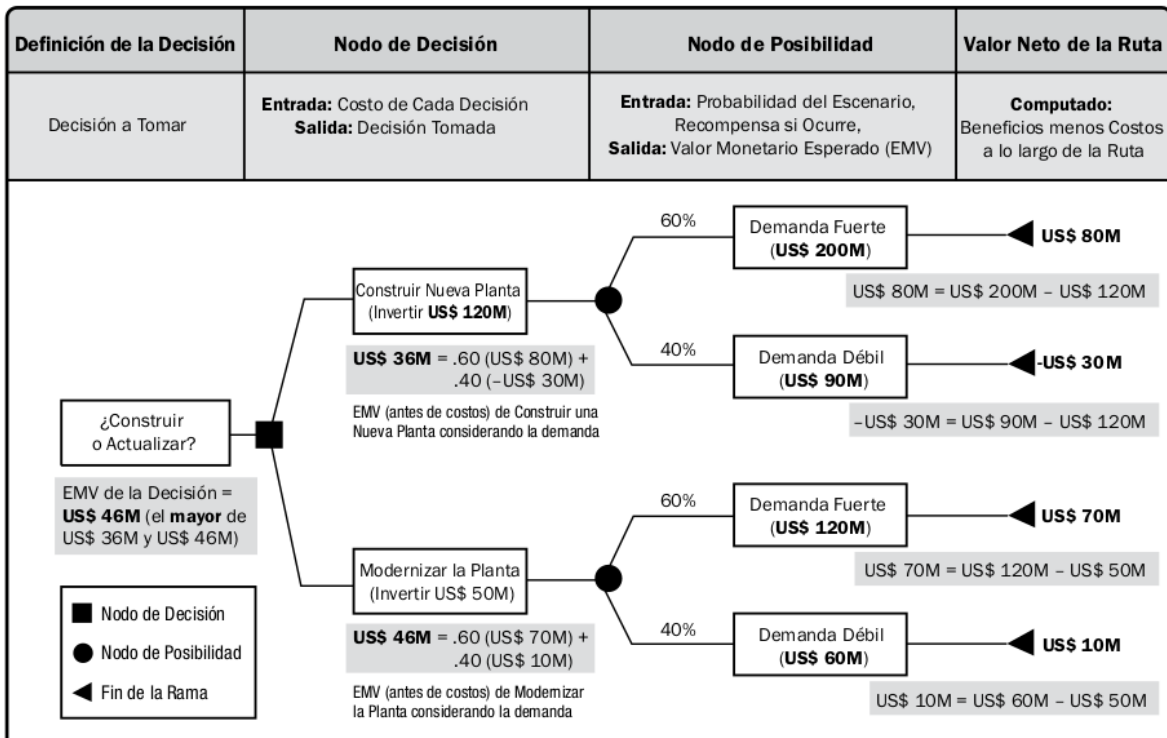
**Figura N° 16: Diagrama con forma de tornada**

Fuente: PMI, 2013.

- **Análisis del valor monetario esperado:** El análisis del valor monetario esperado (EMV) es un concepto estadístico que calcula el resultado promedio cuando el futuro incluye escenarios que podrían ocurrir o no (es decir, análisis bajo incertidumbre).

El EMV de las oportunidades se expresa, por lo general, con valores positivos, mientras que el de las amenazas, con valores negativos.

El EMV requiere un supuesto de neutralidad del riesgo: ni de aversión ni de atracción. El EMV para un proyecto se calcula multiplicando el valor de cada posible resultado por su probabilidad de ocurrencia y sumando luego los resultados. Un uso común de este tipo de análisis es mediante el árbol de decisiones que se representa gráficamente a continuación:



**Figura N° 17: Diagrama de árbol de decisiones**

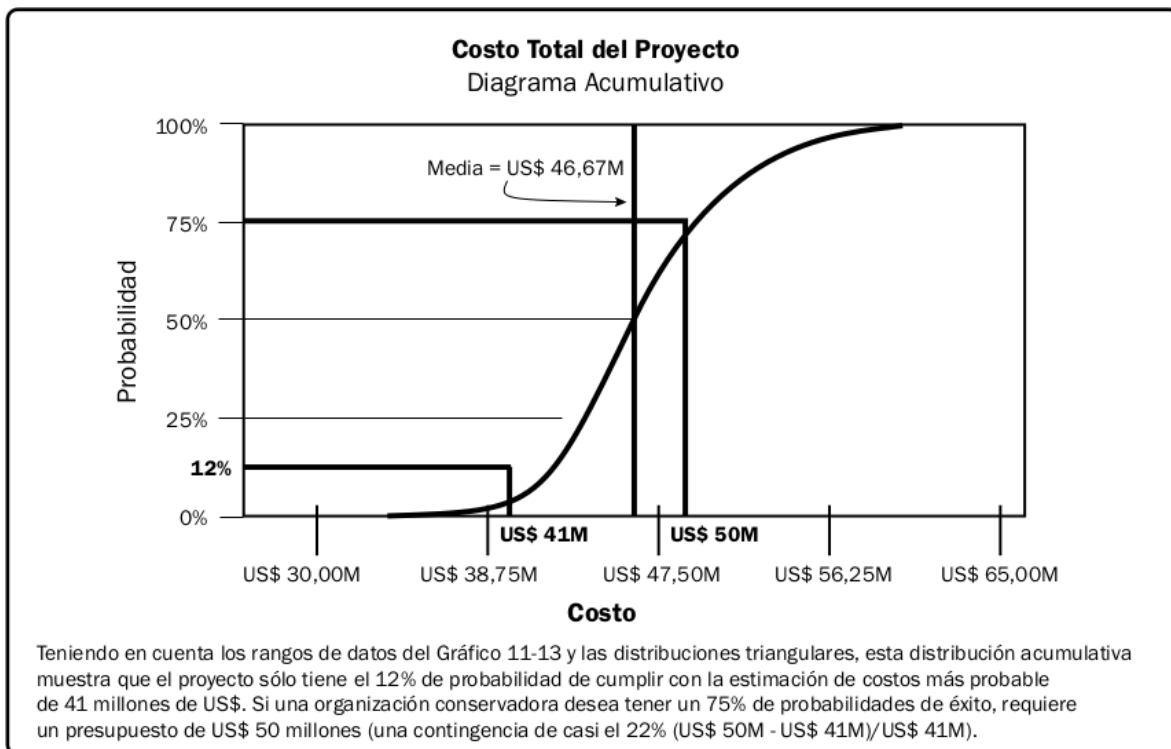
Fuente: PMI, 2013.

- **Modelado y simulación:** Una simulación de proyecto utiliza un modelo que traduce las incertidumbres detalladas especificadas para el proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos. Las simulaciones se realizan habitualmente mediante la técnica Monte Carlo.

En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (mediante iteración) utilizando valores de entrada (p.ej., estimaciones de costos o duraciones de las actividades) seleccionados al azar para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para esas variables.

A partir de las iteraciones, se calcula un histograma (p.ej., costo total o fecha de finalización). Para un análisis de riesgos de costos, una simulación emplea estimaciones de costos.

Para un análisis de los riesgos relativos al cronograma, se emplean el diagrama de red del cronograma y las estimaciones de la duración, como se representa a continuación gráficamente:



**Figura N° 18: Resultados de simulación de los riesgos relativos a los costos**

Fuente: PMI, 2013.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Enfoque metodológico y método seleccionados**

#### **3.1.1 Enfoque y método**

La presente investigación se enfocará desde un punto de vista cualitativo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2016), la investigación cualitativa se define así: “comprender y profundizar los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con el contexto.” (pág. 364)

También, el enfoque cualitativo “utiliza recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación y puede o no probar hipótesis en su proceso de interpretación.” (Hernández, Fernández y Baptista, 2016, pág. 11)

Por lo tanto, la investigación cualitativa tiene las siguientes características:

- El investigador plantea un problema, pero no sigue un proceso claramente definido.
- Bajo la búsqueda cualitativa, en lugar de iniciar con una teoría particular y luego “voltar”, el investigador comienza en el nudo social y en este proceso desarrolla una teoría coherente con los datos, de acuerdo con lo que observa. Va de lo particular a lo general.
- En la mayoría de estudios cualitativos no se prueban hipótesis, se generan durante el proceso y van refinándose conforme se recaban más datos o son un resultado del estudio final.
- El enfoque se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados ni completamente predeterminados.
- El enfoque cualitativo efectúa el desarrollo natural de los sucesos, es decir, no hay manipulación ni estimulación con respecto a la realidad.

- Se utiliza técnicas para recolectar datos, como la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusión en grupo, evaluación de experiencias personales, registro de historias de vida, interacción e introspección con grupos o comunidades.
- El proceso de indagación es más flexible y se mueve entre las respuestas y el desarrollo de la teoría.
- El enfoque cualitativo evalúa el desarrollo natural de los sucesos, es decir, no hay manipulación ni estimulación con respecto a la realidad.
- Se fundamenta en una perspectiva interpretativa centrada en el entendimiento del significado de las acciones de seres vivos, sobre todo de los humanos y sus instituciones.
- Postula que la “realidad” se define a través de las interpretaciones de los participantes en la investigación respecto de sus propias realidades. Dichas realidades se van modificando a medida que transcurre el estudio y se van generando fuentes de datos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2016)

Este proyecto de investigación se realizará desde un punto de vista cualitativo, ya que se busca implementar un modelo de riesgos, aplicar las herramientas complementarias y, desde luego, obtener posibles escenarios de proyectos como PTAR en Costa Rica, desde la perspectiva del capítulo de riesgos del PMI.

Asimismo, creemos de suma importancia aplicar el conocimiento del juicio experto de uno de los autores, en tanto dueño de la empresa asesora e ingeniero de este tipo de proyectos.

### **3.1.2 Diseño**

El diseño de la investigación se refiere, según Hernández (2003), a un instrumento de dirección “guía” con un conjunto de pautas, bajo las cuales se realiza una investigación.

El término diseño de investigación se refiere al plan o la estrategia concebida para obtener la información que se desea. (Hernández, 2003)

Desde otra perspectiva Hernández (2003) también dice lo siguiente: “...al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea.” (pág. 158)

Para el desarrollo de este tema, señalamos que el diseño es un conjunto de estrategias procedimentales y metodológicas definidas y elaboradas para llevar adelante el proceso de investigación.

Kerlinger (2002) sostiene que generalmente se llama diseño de investigación al plan y a la estructura de un estudio. Es el plan y la estructura de una investigación concebidas para obtener respuestas a las preguntas planteadas.

El diseño de investigación señala la forma de conceptualizar un problema y la manera de colocarlo dentro de una estructura que sea guía para la experimentación (en el caso de los diseños experimentales) y de recopilación y análisis de datos. (Kerlinger, 2002)

El diseño de la investigación hace énfasis en las experiencias previas, haciendo una planeación y determinando las estrategias por seguir en términos de la investigación.

Por lo tanto, en cuanto a nuestro estudio, se tomarán en cuenta las experiencias (juicios expertos) y los conocimientos diversos en el área, tanto de gerencia de proyectos como de electromecánica (relacionada con las plantas de

aguas residuales) para aplicar un modelo de gestión de riesgos a partir del Capítulo 1) de la Guía PMBOK® (5ª ed.) y sus herramientas complementarias de aplicación. Por consiguiente, el diseño de esta investigación será cualitativo, con base en los juicios expertos y en aplicar la gestión de riesgos.

### **3.1.3 Tipo de investigación**

El tipo de investigación que haremos es explicativo y, según Mimenza (2017),

Se trata de uno de los tipos de investigación más frecuentes y en los que la ciencia se centra. Es el tipo de investigación que se utiliza con el fin de intentar determinar las causas y consecuencias de un fenómeno concreto. Se busca no solo el qué sino el porqué de las cosas, y cómo han llegado al estado en cuestión. Para ello pueden usarse diferentes métodos, como la el método observacional, correlacional o experimental.” (pág. 1)

También la investigación tendrá elementos de la investigación descriptiva, que se define así:

El objetivo de este tipo de investigación es únicamente establecer una descripción lo más completa posible de un fenómeno, situación o elemento concreto, sin buscar ni causas ni consecuencias de éste. Mide las características y observa la configuración y los procesos que componen los fenómenos, sin pararse a valorarlos.” (Mimenza, 2017, pág. 1)

Desde luego, es una investigación con elementos cualitativos que se definen de la siguiente manera:

Se entiende por investigación cualitativa aquella que se basa en la obtención de datos en principio no cuantificables, basados en la observación. Aunque ofrece mucha información, los datos obtenidos son subjetivos y poco



controlables y no permiten una explicación clara de los fenómenos. Se centran en aspectos descriptivos. Sin embargo, los datos obtenidos de dichas investigaciones pueden ser operativizados a posteriori con el fin de poder ser analizados. (Mimenza, 2017, pág. 1)

Finalmente, debido a que la investigación busca aplicar un modelo de gestión de riesgos aplicado a proyectos de alta complejidad, podemos verla como una investigación con elementos aplicativos o aplicada. Esta “se trata de un tipo de investigación centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, como curar una enfermedad o conseguir un elemento o bien que pueda ser de utilidad.” (Mimenza, 2017, pág. 1)

Después de ver elementos importantes que constituirán el tipo de investigación, se puede confirmar que tendrá elementos explicativos, descriptivos, cualitativos y aplicativos, conforme a los objetivos planteados.

### **3.2 Descripción del contexto o sitio de estudio**

El presente trabajo tiene que ver con un proyecto electromecánico de una PTAR, a fin de presentar un modelo de riesgos con sus herramientas y evaluar un posible escenario de aplicación y, por supuesto, cómo se puede aplicar en Costa Rica.

El manejo de aguas residuales involucra a todos los habitantes de un país, es necesaria la concientización y demostrar la importancia que conlleva dar un uso adecuado a las aguas que viajan por los ríos y llegan a los mares.

Un proyecto de una PTAR puede darse desde un pequeño residencial hasta grandes hoteles, ya que los desechos sólidos (lodos) son producidos por todos los seres humanos indistintamente del nivel social, la condición económica, etc.

### **3.2.1 Aspecto social**

La cultura y el nivel de educación de muchas comunidades se muestra por el uso y cuidado que dan a los recursos naturales.

Existen habitantes que, desde sus casas, se preocupan por el buen manejo de sus aguas (residuales), el reciclaje, el uso eficiente de la energía, entre otros.

Lamentablemente, existen personas poco informadas o con gran desinterés por los futuros habitantes (hijos, nietos, etc.), quienes no son conscientes del daño que provocan en el ambiente por su mal manejo de las aguas residuales. De hecho, según Universo.com, aun en el 2014 solo se dio tratamiento al 3% de las aguas negras en Costa Rica.

### **3.2.2 Aspecto económico**

La Figura N° 19 revela los cambios porcentuales en varios indicadores entre el 2000 y el 2010. Ellos dan cuenta de un lamentable reverso en muchas condiciones.

Se puede destacar que el país se ubica en el último lugar en la tasa de aumento de inversión en carreteras, puertos y educación. También se ha tenido la inflación más alta en años, consumo de energía y emisiones de gases altos.

Adicionalmente, en Costa Rica se ha aumentado más que en otros países la tasa de desempleo, siendo superado solo por Honduras en su incapacidad para aumentar el salario mínimo real. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2011)

Por lo tanto, como lo mencionamos, no es fuera de lo común que Costa Rica al 2014 solo llegue al 3% en el manejo residual de las aguas negras en todo el país.

Es el único país en el que, aun y cuando siga teniendo el menor nivel pobreza en Centroamérica, aumentó y se hizo más inequitativa la distribución del ingreso, como lo revela el Coeficiente de Gini. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2011)

Indicador	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá
Inversión en Carreteras	7.5	8.5	-11.6	16.2	-5.2	6.3
Inversión en Puertos	59.3	ND	121.3	462.6	49.5	217.1
PIB	32.6	24.9	48.0	29.1	46.9	63.2
Inflación	85.6	38.4	98.5	108.9	153.3	25.2
Exportación de Bienes	85.0	30.2	19.5	171.0	51.1	86.7
Exportación de Servicios	94.4	19.5	37.6	112.4	96.6	172.6
Inversión Externa	11.2	94.4	66.1	189.3	196.8	279.6
Inversión en Educación	9.6	7.9	13.8	14.8	2.2	0.7
Coeficiente de Gini	-10.3	-6.5	0.5	15.9	21.3	-2.6
Pobreza	-9.2	-36.4	1.4	-8.9	13.8	-1.3
Tasa de Desempleo	12.9	9.2	8.4	34.6	33.9	-49.3
Salario Mínimo Real	17.6	-7.2	30.9	31.5	0.7	6.3
Índice Desarrollo Humano	8.9	8.7	9.4	10.3	5.9	7.3

Fuente: El Financiero, Diciembre, 2010

**Figura N° 19: Coeficiente de Gini en Centroamérica.**

Fuente: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2011.

En la siguiente figura se presentan los datos de disposición de aguas residuales domésticas y excretas para el 2011:

Disposición	Área Urbana		Área Rural		Costa Rica	
	Porcentaje	Población	Porcentaje	Población	Porcentaje	Población
Alcantarillado sanitario	36.82%	1,054,158	7.16%	125,370	25.56%	1,179,528
Tanque séptico	61.79%	1,769,037	84.84%	1,486,193	70.54%	3,255,230
Tanque séptico con tratamiento (fosa séptica)	0.37%	10,596	0.31%	5,455	0.35%	16,051
Pozo negro o letrina	0.47%	13,585	6.95%	121,716	2.93%	135,301
Otro sistema	0.30%	8,480	0.07%	1,260	0.21%	9,740
Ignorado	0.03%	756	0.00%	0	0.02%	756
No tiene	0.22%	6,186	3.20%	11,706	0.39%	17,892
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>1,751,700</b>	<b>100%</b>	<b>2,862,798</b>	<b>100%</b>	<b>4,614,498</b>

Fuente: Proyección del Estado de la Nación (EN), con base en datos del INEC 2011.

**Figura N° 20: Aguas residuales domésticas y excretas 2011**

Fuente: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2011.

La Figura 21 muestra la evolución de las coberturas de disposición de excretas por tipo de mecanismo, en el período 2000-2010:

Año	Total	Alcantarilla o cloaca	Tanque séptico	Pozo negro o letrina	Otros sistemas	Defecación al aire libre
2000	100%	31.0%	60.1%	7.3%	0.2%	1.4%
2001	100%	29.6%	62.5%	6.8%	0.5%	1.1%
2002	100%	29.6%	62.5%	6.3%	0.5%	1.1%
2003	100%	29.5%	64.3%	4.8%	0.5%	0.9%
2004	100%	27.8%	66.7%	4.3%	0.5%	0.6%
2005	100%	26.4%	67.8%	4.8%	0.6%	0.5%
2006	100%	28.5%	67.3%	3.4%	0.3%	0.5%
2007	100%	25.6%	70.8%	3.0%	0.1%	0.5%
2008	100%	25.6%	70.75	3.0%	0.2%	0.5%
2009	100%	26.0%	71.0%	2.6%	0.2%	0.2%
2010	100%	24.1%	72.3%	3.1%	0.5%	--

**Figura N° 21: Coberturas de excretas por tipo de mecanismo, periodo 2000-2010**

Fuente: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2011.

A pesar de haber una cobertura nacional estimada de 70.54% de la población con tanque séptico, ello no significa que la totalidad de las aguas residuales se dirijan a los PTAR o que los tanques sépticos se encuentren bien diseñados.

Adicionalmente, en la mayoría de los casos, únicamente se disponen las aguas negras o provenientes de los servicios sanitarios, mientras que el resto de aguas residuales (cocina, ducha, lavamanos, pila) se conducen al alcantarillado pluvial, el cual descarga en cuerpos de agua (ríos, quebradas, etc.).

Del mismo modo, tener un servicio de alcantarillado sanitario para un 25.56% de la población no implica que se realice el tratamiento de toda el agua residual y excretas recolectadas. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2011)

En el caso de la disposición de aguas residuales domésticas, se observa un incremento excesivo en el uso de tanques sépticos en detrimento del alcantarillado, con un 70.54% y 25.56%, respectivamente, mientras que la disposición de aguas

residuales domésticas por letrinas es de 3.0% y de 0.9%, respectivamente, con salida directa a acequia, zanja, río o estero.

Un 48% cuenta con conexión domiciliaria urbana al alcantarillado público o con tanques sépticos individuales.

En 2006, el Banco Japonés de Cooperación Internacional (JBIC, por sus siglas en inglés) suscribió un préstamo para el Proyecto de mejoramiento del medio ambiente del Área Metropolitana de San José, destinado a desarrollar una planta de tratamiento de aguas negras y a la instalación de alcantarillado. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2011)

### **3.2.3 Aspecto cultural**

Actualmente, se puede notar un gran cambio por el primer proyecto país sobre el uso de las aguas residuales, como se cita en el titular: “Costa Rica establece por primera vez Política Nacional de Saneamiento de Aguas Residuales con inversiones por \$520 millones.” (Presidencia de la República de Costa Rica, 2017)

### **3.2.4 Aspecto geográfico**

Costa Rica limita al este y noreste con el Mar Caribe; al oeste y sur con el Océano Pacífico; al norte con la República de Nicaragua y al sureste con la República de Panamá.

La ubicación del país, de acuerdo con las coordenadas geográficas, es entre los 8° 02' 26" y los 11° 13' 12" al norte del Ecuador y los 82° 33' 48" al oeste de Greenwich.

Su superficie incluye variedad de ríos, llanuras, montañas, valles, flora, fauna, volcanes, playas, áreas protegidas, junto con una diversidad de climas.

Costa Rica, por su ubicación geográfica, posee un clima tropical húmedo y precipitaciones que oscilan entre los 1300 y los 7500 mm al año, lo que lo posiciona como uno de los de mayor oferta de agua dulce del mundo. (Conozca Costa Rica, s.f.)

### **3.3 Características de los participantes y las fuentes de información.**

Las fuentes son: “documentos u obras que sirven de apoyo para la elaboración de una obra.” (Tamayo y Tamayo, 2004, pág. 212).

Para realizar esta investigación, se utilizarán dos tipos de fuentes, las cuales se explican a continuación.

#### **3.3.1 Fuentes primarias**

Según Álvarez Rey y otros (2013), una fuente primaria refiere a orígenes documentales que se consideran material proveniente de alguna fuente del momento, en relación con un fenómeno o suceso que podría tener interés en ser investigado o relatado, es decir, es la materia prima que se tiene para realizar un determinado trabajo.

Por consiguiente, las fuentes primarias son aquellas que no se pueden crear, elaborar ni se han publicado. Por lo tanto, necesitan de entrevista o consulta con el fin de obtener la información.

En el caso de nuestra investigación, se desea aplicar una metodología ya existente, en este caso, el Modelo de gestión de riesgos del Capítulo 11 de la Guía PMBOK® (5ª ed.), además del juicio experto de quienes elaboran este mismo trabajo.

Por lo tanto, se usará información existente correlacionando posibles escenarios para generar conclusiones y recomendaciones. También, podemos decir que fuentes primarias tales como expertos en la materia electromecánica nos

ayudarán a generar los datos necesarios para implementar el modelo de gestión de riesgos de manera exitosa.

Por tanto, las fuentes primarias son aquellas no elaboradas ni publicadas, sino que necesitan de entrevista o de consulta, con el fin de obtener información verificable.

En el caso de la presente investigación, se recurrirá a la encuesta como medio de información, esta ha de ser aplicada a aquellas personas aptas para la metodología empleada.

Así, las fuentes primarias serán personas expertas en el manejo de proyectos referentes a plantas de tratamiento de aguas residuales, para realizar el análisis concerniente. Lo que se quiere es obtener la información necesaria para aplicar el modelo de gestión de riesgo en este tipo de proyectos.

Los sujetos de investigación son los expertos en proyectos de ejecución de PTAR.

En relación con la muestra, por limitación de recursos, usaremos la técnica de muestro no probabilístico. Este tipo se define de la siguiente forma:

A diferencia del muestreo probabilístico, la muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador. (Explorable.com, 2017)

Otro elemento importante de este tipo de muestreo es el siguiente:

La desventaja del método de muestreo no probabilístico es que no se toman pruebas de una porción desconocida de la población. Esto implica que la

muestra puede representar a toda la población con precisión o no. Por lo tanto, los resultados de la investigación no pueden ser utilizados en generalizaciones respecto de toda la población.” (Explorable.com, 2017)

Por último, pero no menos importante, se usará un muestreo por conveniencia, este se define de la siguiente manera:

El muestreo por conveniencia es probablemente la técnica de muestreo más común. En el muestreo por conveniencia, las muestras son seleccionadas porque son accesibles para el investigador. Los sujetos son elegidos simplemente porque son fáciles de reclutar. Esta técnica es considerada la más fácil, la más barata y la que menos tiempo lleva. (Explorable.com, 2017)

Por consiguiente, la muestra se seleccionó según la conveniencia de los investigadores, ya que uno de ellos labora dentro de la industria y en este tipo de proyectos, por lo que son expertos en el mismo ámbito laboral. Así se seleccionó una muestra de tres expertos para aplicarles el cuestionario.

### **3.3.2 Fuentes secundarias**

Según Álvarez Rey y otros (2013), las fuentes secundarias son textos basados en hechos reales.

Una fuente secundaria contrasta con una primaria en que esta es una forma de información que puede ser considerada como un vestigio de su tiempo. La secundaria es normalmente un comentario o análisis de una fuente primaria. (Álvarez Rey y otros, 2013, pág. 36)

En este trabajo, se pretende conseguir la información solicitada. A continuación, se detallan las fuentes secundarias que se consultarán. Estas incluyen textos y material general obtenido en:

- Biblioteca de la Universidad Latina.



- Sistema de Bibliotecas de la Universidad Nacional.
- Sistema de Bibliotecas de la Universidad de Costa Rica.
- Sistema de Bibliotecas del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Internet.

### **3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.**

Se utilizarán las herramientas documentales y de campo que se describen a continuación.

#### **3.4.1 Entrevista**

La entrevista puede ser conceptualizada así:

Una entrevista es un intercambio de ideas, opiniones mediante una conversación que se da entre una, dos o más personas donde un entrevistador es el designado para preguntar. Todos aquellos presentes en la charla dialogan en pos de una cuestión determinada planteada por el profesional. (concepto.de, 2017)

La Guía PMBOK® la define de la siguiente manera: “La realización de entrevistas a los participantes experimentados del proyecto, a los interesados y a los expertos en la materia ayuda a identificar los riesgos.” (Project Management Institute, 2013)

También, por medio de las entrevistas, se puede recopilar información concerniente a los riesgos y la aplicación del modelo de gestión, así como sus herramientas, tal y como lo cita la Guía PMBOK®:

Las técnicas de entrevistas se basan en la experiencia y en datos históricos para cuantificar la probabilidad y el impacto de los riesgos sobre los objetivos del proyecto. La información necesaria depende del tipo de distribuciones de probabilidad que se vayan a utilizar. Por ejemplo, para algunas distribuciones comúnmente usadas, la información se podría recopilar agrupándola en

escenarios optimistas (bajo), pesimistas (alto) y más probables.(Project Management Institute, 2013)

Para aplicar las entrevistas en esta investigación, se establecerá una conversación con expertos, con el objetivo de obtener información relevante sobre el tema de riesgos. Se determinarán experiencias y datos históricos para determinar y cuantificar los posibles riesgos asociados a las PTAR.

El modo de proceder es la realización de preguntas estructuradas, con el fin de que el entrevistado las conteste. Este no contestará libremente las preguntas, sino que ha de ceñirse a una de las opciones que se le presenten para responder.

El cuestionario corresponde a una entrevista semiestructurada con preguntas cerradas y abiertas, divididas de acuerdo con las categorías de análisis, por medio, de la herramienta Survey Monkey, la cual generará los datos automáticamente, conforme los expertos contesten a las preguntas.

El cuestionario se le entregará tanto al señor Mata Solano, como a 3-4 colegas más de su misma industria, para una muestra de 4-5 encuestados. Así, se verificarán los datos propios de la investigación.

Este cuestionario se enfocará en identificar los posibles riesgos asociados con una planta tratamiento de aguas residuales (PTAR), como su probabilidad e impacto en este tipo de proyectos.

### **3.4.2 Juicio de experto**

En términos de riesgos, el PMI o la Guía PMBOK® señala

El juicio de expertos constituye una entrada procedente de partes con sólidos conocimientos, respecto a las acciones a emprender en el caso de un riesgo específico y definido. La experiencia puede ser proporcionada por cualquier grupo o persona con una formación especializada, conocimientos, habilidad,

experiencia o capacitación en la elaboración de respuestas a los riesgos. (PMI, 2013, pág. 346)

En el caso de este estudio, vamos a utilizar los conocimientos del señor Mata Solano, uno de los investigadores, para plantear todo el razonamiento técnico, de riesgos y operacional del proyecto.

### **3.4.3 Análisis de documentos**

El análisis documental es un conjunto de operaciones encaminadas a representar un documento y su contenido bajo una forma diferente a la original, con la finalidad de posibilitar su recuperación posterior e identificarlo. (Castillo, 2005)

El análisis documental es una operación intelectual que da lugar a un subproducto o documento secundario que actúa como intermediario o instrumento de búsqueda obligado entre el documento original y el usuario que solicita información.

El calificativo de intelectual se debe a que el documentalista debe realizar un proceso de interpretación y análisis de la información de los documentos y, luego, sintetizarla. (Castillo, 2005)

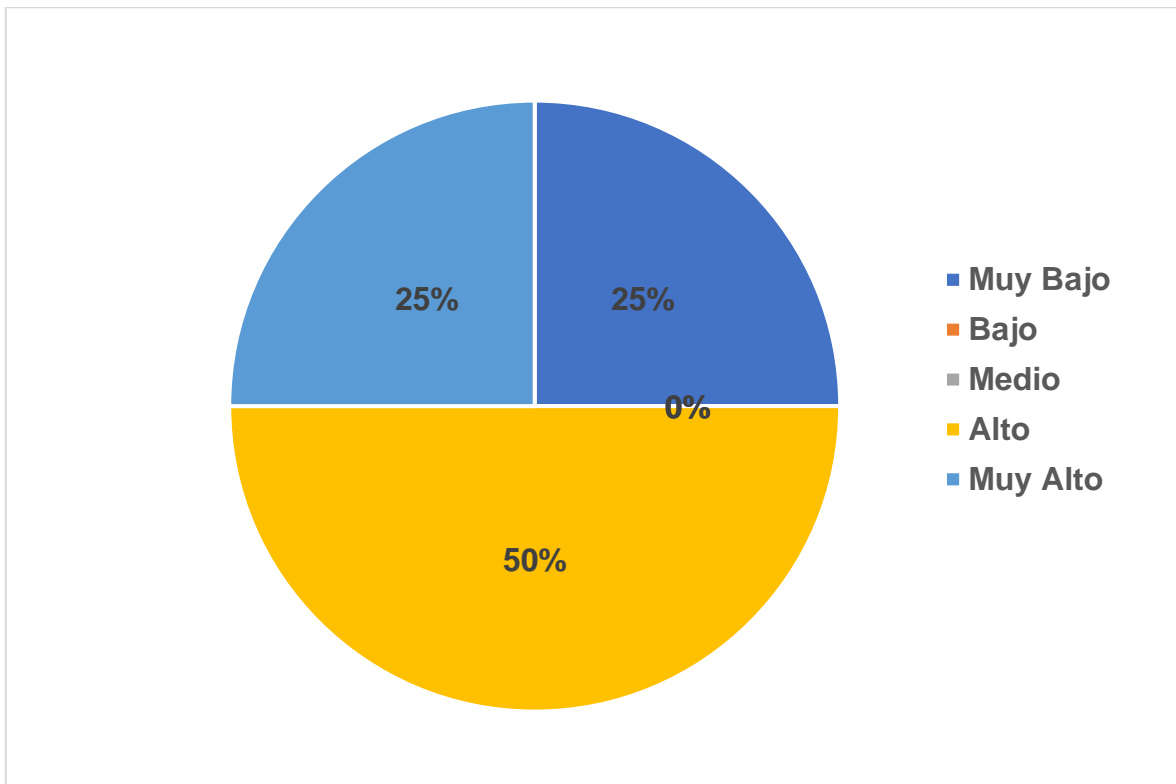
## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### 4.1 Análisis e interpretación de los resultados

A continuación, se presentan los resultados explícitos sobre cada una de las variables, a partir de los instrumentos aplicados en la investigación.

Asimismo, se añadirá la interpretación de los resultados obtenidos luego del análisis de datos, a partir de los factores de medición que permiten asegurar la validez y el cumplimiento o no de los objetivos planteados.

**Gráfico 1. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “suelo no apto para ejecución de proyecto, sabiendo que es parte del estudio de suelo que hacen las empresas de estudios geotécnicos o ingenieros civiles?”**



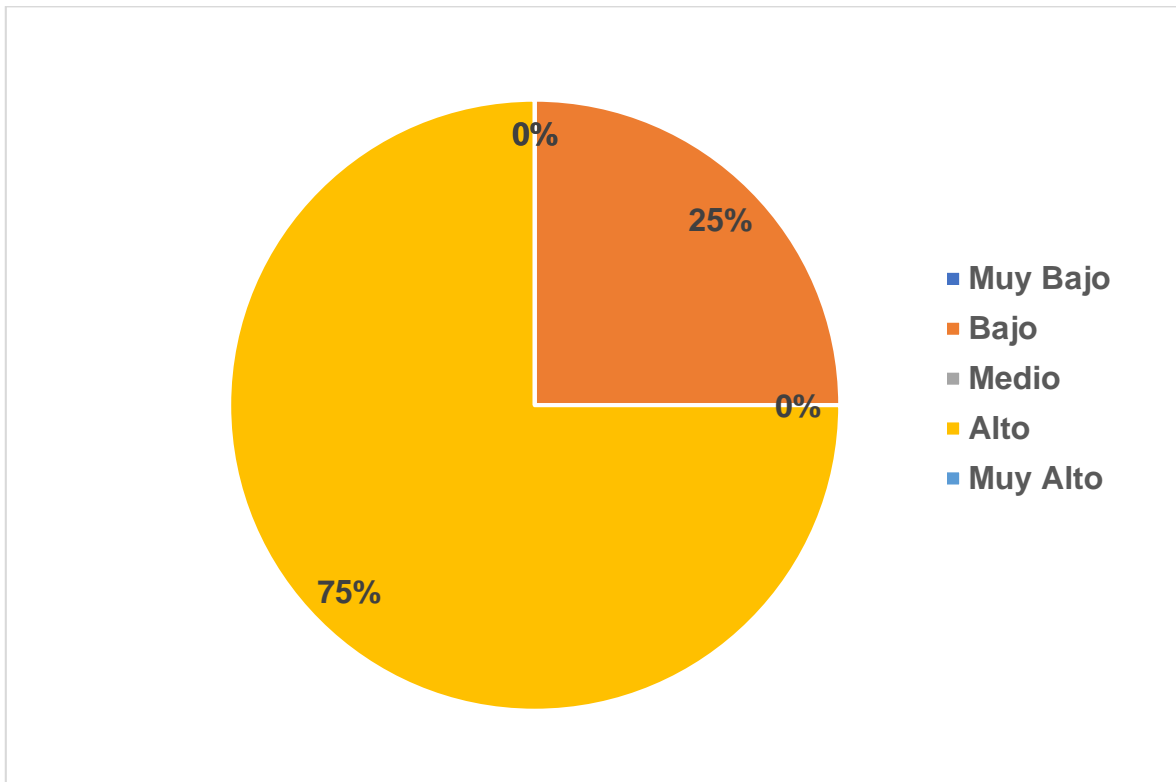
Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

En relación con los encuestados, como ya hemos mencionado, son expertos en la materia o, como indica la Guía PMBOK®, “Subject Matter Experts” (SME) o expertos de valor o con conocimiento en la materia. Dichos expertos determinan la viabilidad cualitativa y cuantitativa de este tipo de proyectos.

Según los resultados mostrados en el Gráfico 1, el primer riesgo relacionado con una PTAR es el uso de suelo y el impacto que este tiene sobre el proyecto.

Después de dicha pregunta se determina que más del 50% de los encuestados opinan que es un riesgo “alto” en términos de probabilidad e impacto, mientras que solo un 25% piensa que es un riesgo “muy alto” o “muy bajo”.

**Gráfico 2. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “mal manejo en el tema de importaciones, habiendo atrasos en las entregas de materiales”, sabiendo de antemano que la venta y colocación de producto en el proyecto requiere de un proveedor de equipo eléctrico y mecánico?**

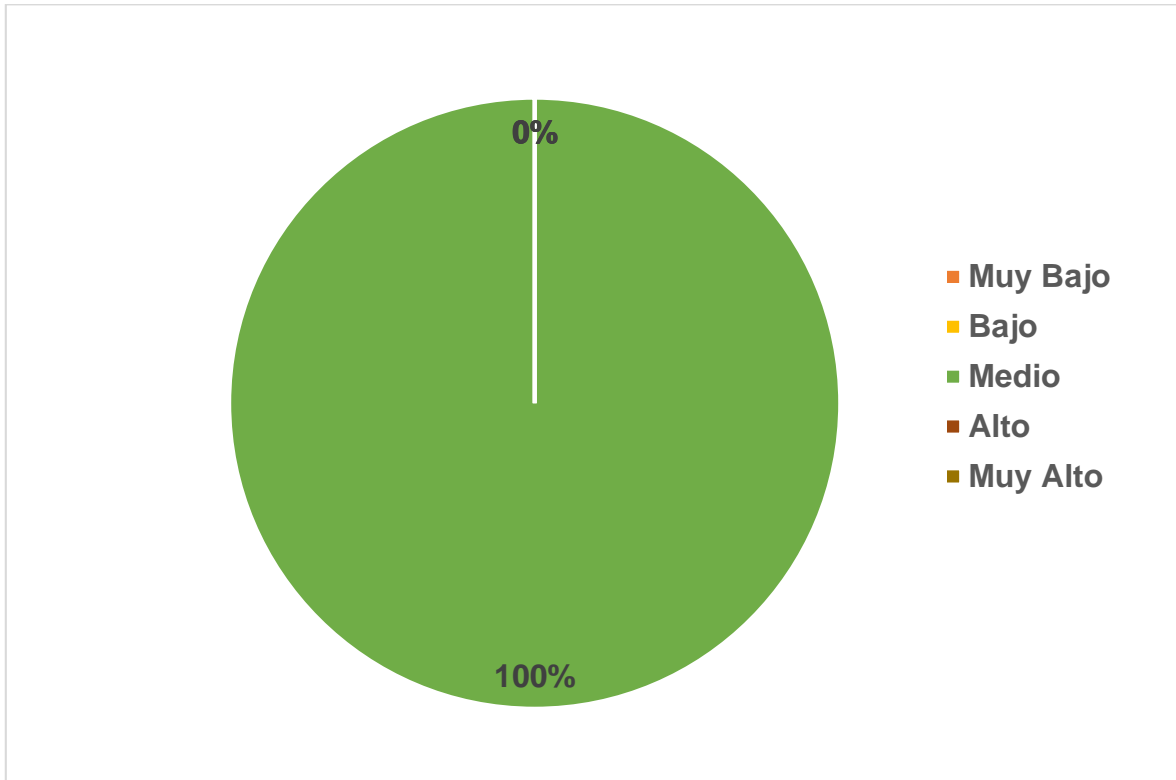


Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

En este gráfico se puede determinar que el riesgo asociado con una PTAR en la que se da un mal manejo de las importaciones de los materiales, atrasando las entregas de producto, es considerado por los expertos, en su mayoría

ingenieros, como un riesgo “alto” (75% de los resultados), mientras que solo un 25% piensa que es un riesgo “bajo” por su nivel de probabilidad e impacto.

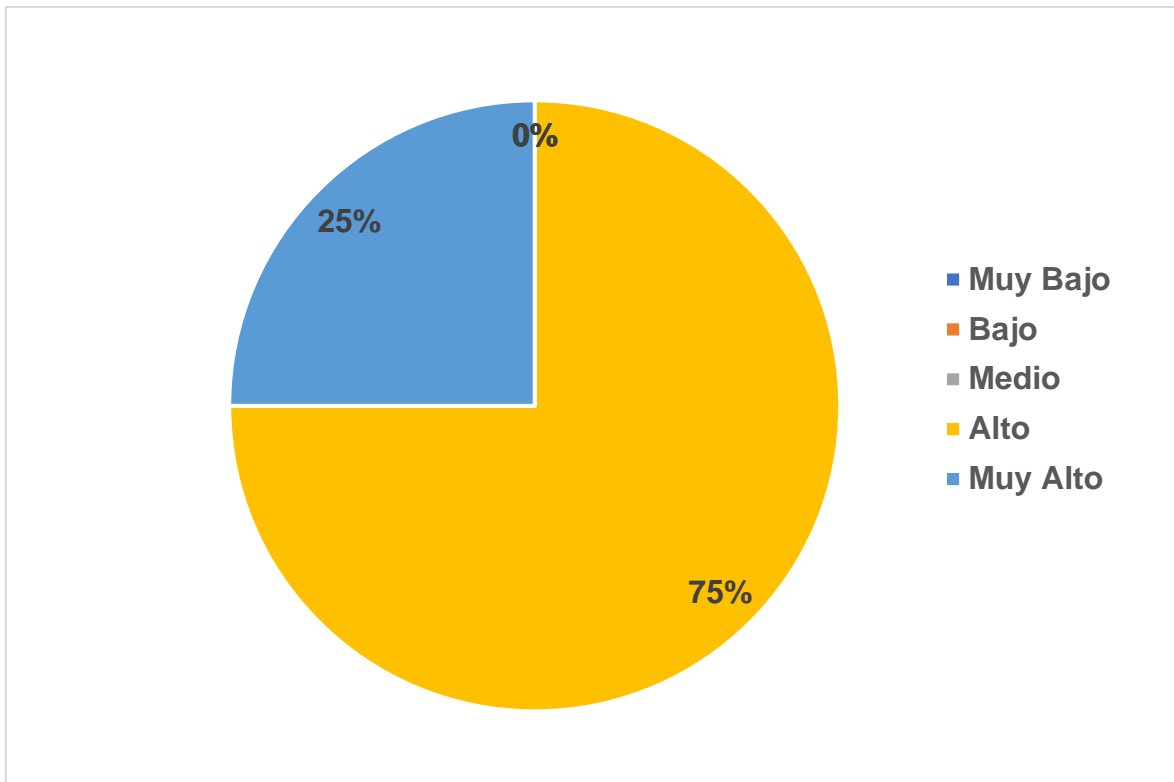
**Gráfico 3. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “mal manejo en las planillas del personal del proyecto”, en este caso, una planta de tratamiento de aguas residuales, sabiendo de antemano que se necesita tener los ingresos suficientes para la participación laboral a fin de asegurar la mano de obra requerida, como: operarios, albañiles, eléctricos, fontaneros?**



Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

En este gráfico se da un consenso total, pues 100% de los expertos consideran que este riesgo, relacionado con planillas del personal o mano de obra, como “medio” en términos de probabilidad e impacto.

**Gráfico 4. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “personal mal o poco capacitado”, sabiendo de antemano que se requieren los conocimientos necesarios para que la mano de obra realice un trabajo adecuado en el proyecto?**



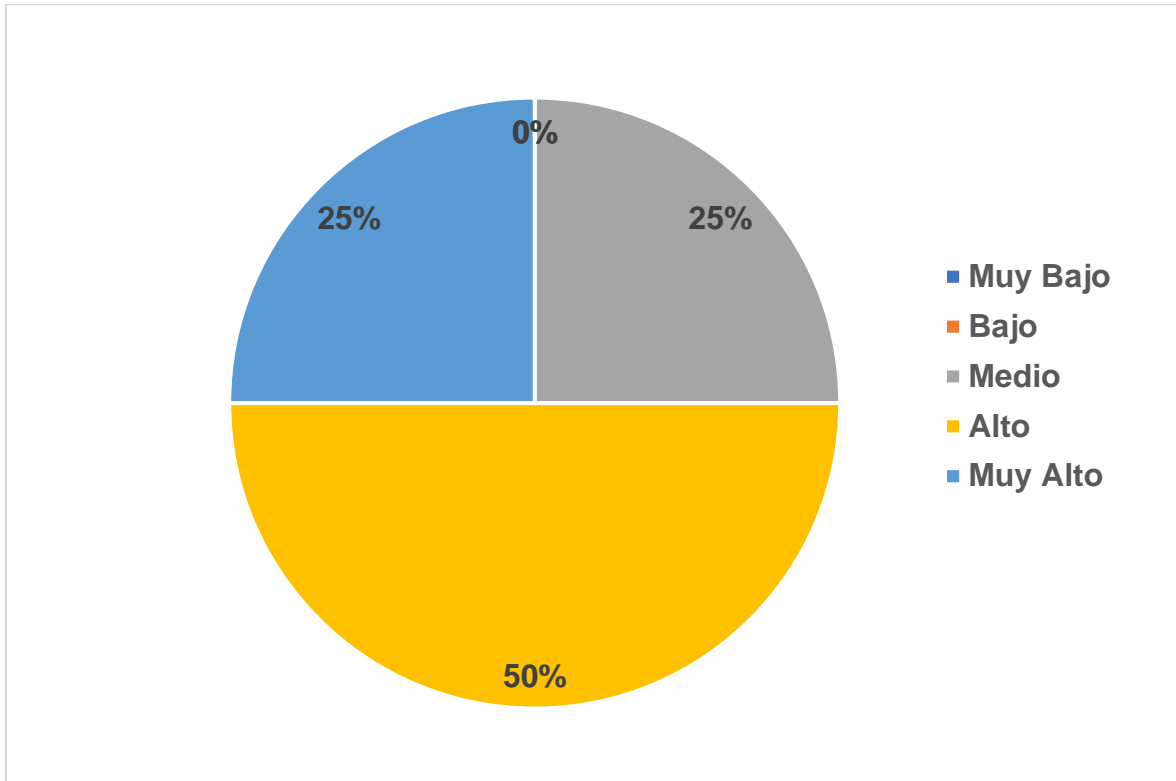
Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

Los encuestados creen, después de consolidar los resultados, que el 75% del riesgo relacionado con la falta de conocimiento o capacitación de mano de obra es “alto”, mientras que solo un 25% lo define como “muy alto”.

Se puede concluir, con base en los resultados de la encuesta, que los expertos en la materia coinciden en que tener personal mal calificado o poco preparado tendrá un alto impacto en este tipo de proyectos, además, con alta probabilidad de ocurrencia.



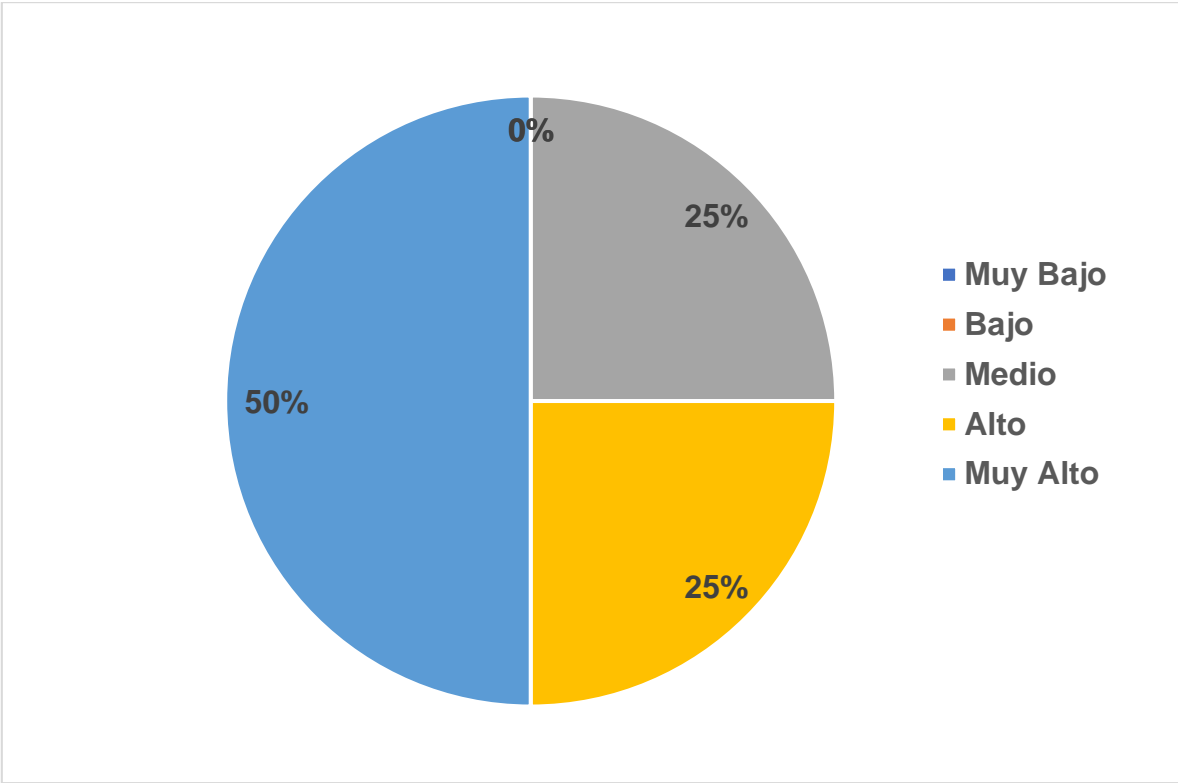
**Gráfico 5. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “personas con actitudes conflictivas”, sabiendo de antemano que evitar personal conflictivo es importante para que el proyecto cumpla con sus entregables?**



Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

Los expertos en la materia, quienes tienen experiencia ejecutando proyectos tales como una PTAR, coinciden en un 50% en que es un riesgo “alto” tener un personal conflictivo. mientras que un 25% lo considera un riesgo “medio”. Por el contrario, un encuestado lo considera un riesgo “muy alto”, para un 25% también.

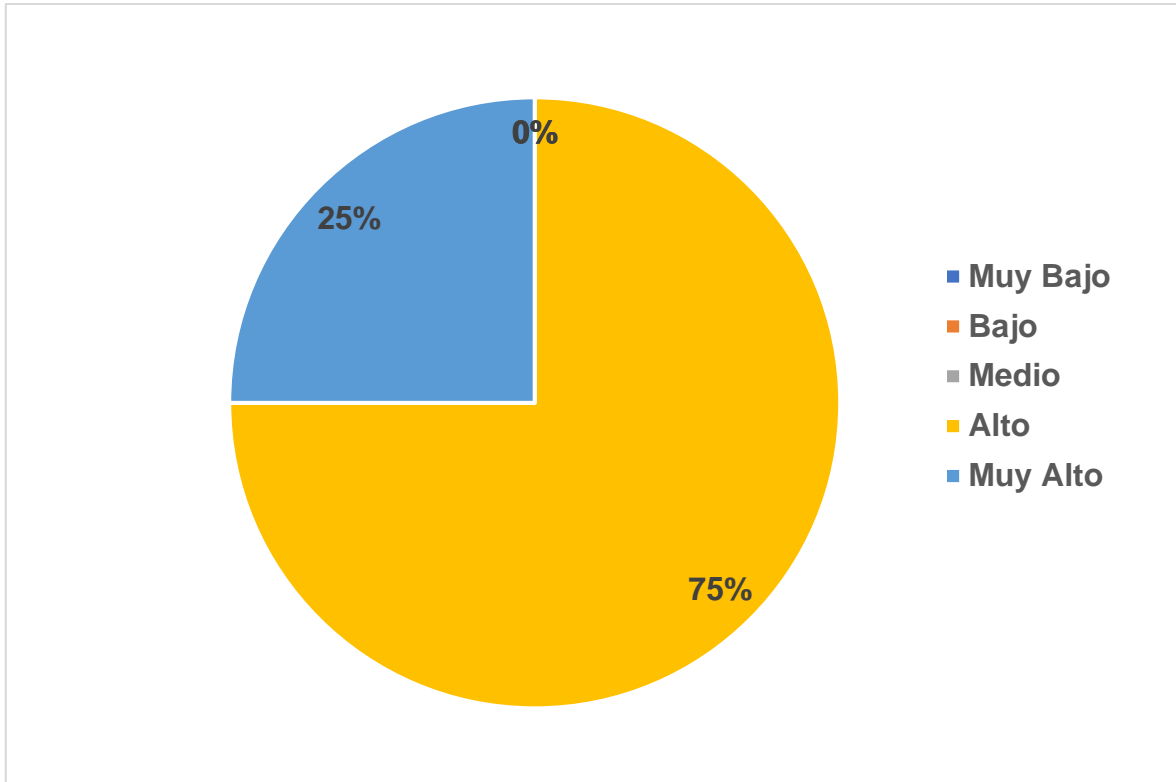
**Gráfico 6. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “personas con vicios o problemas de consumo de drogas”, lo cual podría impactar el rendimiento de sus labores?**



Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

En cuanto al riesgo relacionado con el consumo de drogas o vicios como causas para disminuir el rendimiento laboral, se han obtenido los siguientes resultados: riesgo “muy alto”, con un 50%; riesgo “alto”, con un 25% y riesgo “medio”, con el 25% restante.

**Gráfico 7. ¿Cómo definiría el siguiente riesgo: “proveedores de mala o reducida calidad”, sabiendo de antemano que la venta y colocación de producto en el proyecto requiere de un proveedor de equipo eléctrico y mecánico?**

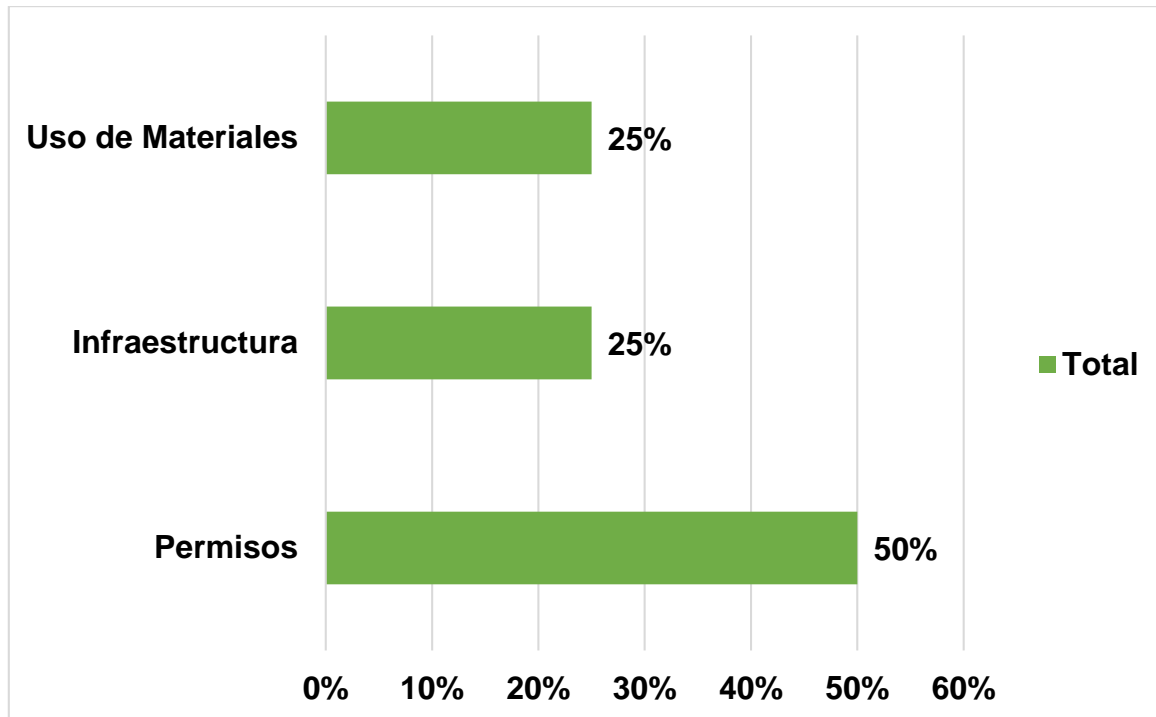


Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

Este tipo de riesgo relacionado con mala o reducida calidad de los proveedores de materiales y productos del proyecto, con base en los resultados finales, es calificado, en un 75%, como riesgo “alto”, mientras que solo un 25% lo califica como “muy alto”.

Esto nos indica que los expertos determinan este tipo de riesgo como de alta probabilidad e impacto para el proyecto.

**Gráfico 8. ¿Qué otros riesgos internos/externos considera usted importantes de considerar en la implementación y ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales?**



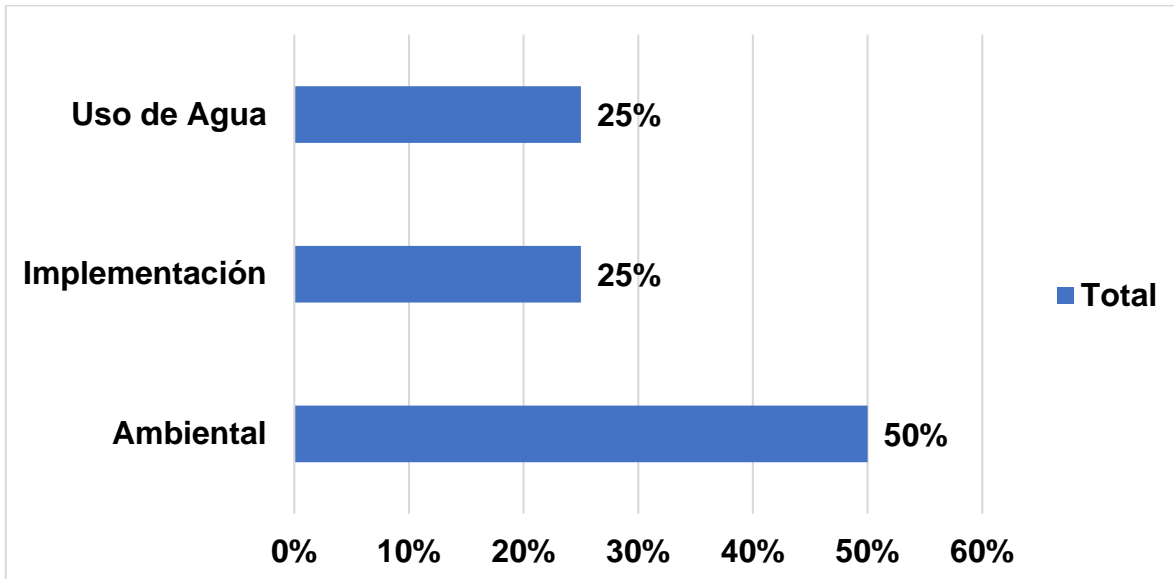
Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

También, en el cuestionario se incluyeron preguntas abiertas para definir otros riesgos relacionados con las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Estos riesgos fueron calificados en términos cualitativos por el investigador Mata Solano, ya que no formaron parte de la encuesta en términos de calificación de riesgo ni de probabilidad e impacto.

Tal y como lo vemos aquí, el 50% de los nuevos riesgos registrados se relacionan con permisos, mientras que los otros, con el uso de infraestructura o materiales, para un 25% cada uno.

**Gráfico 9. ¿Qué tipo de oportunidades o riesgos positivos tiene un proyecto como una planta de tratamiento de aguas residuales? Comente.**



Fuente: Elaboración a partir de los cuestionarios sobre identificación de riesgos aplicados a expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales, 2017.

En la última pregunta del cuestionario, determinamos algo muy importante en la Guía PMBOK®: la identificación de los riesgos positivos u oportunidades que podrían surgir en los proyectos, en este caso, para una planta de tratamiento de aguas residuales.

Así, los expertos en la materia han definido que el impacto más positivo o con mayores oportunidades en una PTAR existe en la parte ambiental, sobre todo del cuidado del ambiente, al no contaminar los ríos.

El otro punto son las certificaciones ambientales que ganan las empresas al no contaminar el ambiente y ahorrar agua mediante el uso de una PTAR.

Otras oportunidades son el reusó del agua para riego, que determina un ahorro en el consumo del recurso hídrico, este representa un 25% de las oportunidades o riesgos positivos.

No menos importante es la buena implementación de un proyecto como una PTAR pues, si se da una planificación y ejecución adecuadas, con base en la experiencia de estos expertos, habrá un excelente funcionamiento y beneficios en el largo plazo, por lo cual este riesgo positivo representa el restante 25%.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

Como respuesta a los objetivos específicos de la investigación, se concluye lo siguiente.

De acuerdo con el objetivo 1: “Crear un modelo de riesgos durante el tercer trimestre del 2017”, se concluye lo siguiente:

- La mayoría de los expertos en la materia coinciden que el registro y el manejo de riesgos es fundamental para el éxito de un proyecto como una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Un modelo de gestión de riesgos es fundamental para el control adecuado de un proyecto como una PTAR, ya que permite la gestión y el control adecuado de los riesgos que podrían impactar temas tales como: costos, tiempo, calidad, alcance, recursos, etc.
- La inclusión de un modelo de gestión de riesgos permitirá que un proyecto como una PTAR tenga un planificación y ejecución controladas, lo cual se traducirá en un buen funcionamiento al concluir el proyecto.
- Un modelo de gestión de riesgos aplicado, en este caso, según la Guía PMBOK® (5ª ed.), permitirá que este tipo de proyectos no solo identifiquen los riesgos, sino que los gestionen y controlen durante el ciclo de vida, evitando así el impacto o probabilidad de relevancia sobre el resultado final.

De acuerdo con el objetivo 2: “Crear e implementar las herramientas para el modelo de riesgo(s), que ayuden al análisis de riesgo dentro del mismo proyecto, durante el tercer trimestre del 2017”, se concluye lo siguiente:



- Después de operacionalizar el registro de los posibles riesgos de una PTAR con base en el juicio experto de los especialistas en este tipo de proyectos, podemos concluir que crear herramientas que ayuden a implementar el modelo de gestión de riesgos es fundamental para el éxito de un proyecto de este tipo y alcance.
- Las herramientas determinarán la propuesta final de esta investigación, ya que ayudará a apoyar el modelo de gestión de riesgos para una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Las identificaciones de riesgos ya expuestas determinan la base fundamental para crear las herramientas necesarias y la propuesta final de esta investigación.

De acuerdo con el objetivo 3: “Implementar escenarios posibles aplicando este modelo de riesgo(s) como caso práctico, para su utilización luego en este tipo de proyectos (electromecánicos), durante el tercer trimestre del 2017”, se concluye lo siguiente:

- Después de identificar los riesgos y su calificación en términos de impacto y probabilidad, tenemos los datos necesarios para implementar un escenario posible casi real de una PTAR, en la cual se aplicaría un modelo de gestión de riesgos.
- Los resultados que nos ha dado la investigación refuerzan la necesidad de operacionalizar la propuesta final mediante la aplicación del modelo y herramientas de gestión de riesgos, según la Guía PMBOK® (5ª ed.).
- Implementar un escenario posible de aplicación del modelo de gestión de riesgos con las herramientas necesarias ayudará a determinar el modelo idóneo, de modo que esta investigación se tome como un marco de

referencia para el manejo y la gestión de riesgos enfocados en proyectos tales como una PTAR.

## **5.2 Recomendaciones**

Divididas por responsables de ejecutar las acciones correctivas, las recomendaciones que se establecen después de la investigación son las siguientes.

### **A los involucrados asociados con una PTAR:**

- A los posibles clientes de una PTAR, podemos decir que un proyecto de este tipo bajo la guía de un modelo de gestión de riesgos utilizando la Guía PMBOK®, contribuirá a una menor ocurrencia de riesgos no previstos y, al mismo tiempo, los ya determinados se podrán gestionar de manera controlada, para que el proyecto tenga un ciclo de vida adecuado y se obtengan los resultados esperados.
- Con los ingenieros, en este caso los electromecánicos y civiles, como aquellos que contribuyen en su mayoría a una PTAR en términos de implementar los requerimientos o requisitos técnicos, podemos recomendar la implementación de un modelo de gestión de riesgos en conjunto con las herramientas seleccionadas. Esto les permitirá registrar los riesgos tanto cualitativa como cuantitativamente, de tal modo que obtengan datos suficientes para la toma de decisión en su proyecto y, así, gestionar y controlar los riesgos intrínsecos de una PTAR.
- Para el gerente de proyectos, la implementación de la Guía PMBOK®, sobre todo, utilizar un modelo de gestión de riesgos le permitirá controlar temas sensibles en cualquier tipo de proyecto, tales como: costo, alcance, tiempo y calidad en el ciclo de vida de una PTAR. De esta manera, obtendrá grandes resultados ya que, como hemos visto durante esta investigación, una PTAR

es un proyecto de complejidad técnica, con muchos involucrados externos y que, dependiendo del tamaño, puede cambiar su alcance, por lo tanto, un modelo de gestión de riesgos se hace fundamental para su manejo.

### **A las entidades que influyen en una PTAR:**

- Para el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (“AyA”), un proyecto como una PTAR manejada con las mejores prácticas del PMI, utilizando la Guía PMBOK®, con el fin de implementar un modelo de gestión de riesgos, le permitirá tener mayor control sobre este tipo de proyectos en el mediano y largo plazo. También, al tener un proyecto gestionado de manera correcta, el saneamiento de las aguas incrementará, mientras que la contaminación de los ríos más bien disminuiría, uno de los objetivos fundamentales de dicha institución.
- A una institución financiera o de desarrollo urbanístico, el manejo adecuado de una PTAR mediante un modelo de gestión de riesgos estructurado le permitirá la correcta planificación y ejecución de este tipo de proyectos, ahorrando dinero que, en otros casos, tendría que aportar, debido a atrasos o contratiempos.
- Para la banca de desarrollo o instituciones de cooperación, no es ningún secreto que la buena ejecución de este tipo de proyectos y siguiendo buenas prácticas de manejo, en este caso la Guía PMBOK®, permitirá aprobar más líneas de crédito, préstamos o, bien, obtener apoyo institucional.
- Para los vecinos de la Gran Área Metropolitana (GAM), como las comunidades o residenciales donde se vaya a desarrollar la PTAR, la aplicación de un modelo de gestión de riesgos les permitirá un proyecto gestionado adecuadamente. Ello generará beneficios tales como fuentes de empleo y, no menos importante, una mejora en la calidad del agua ya que, al implementar este tipo de proyectos de manera adecuada, se dará un buen

funcionamiento, obteniendo beneficios para la sociedad y las comunidades impactadas por ellos.

- El Ministerio de Salud se encarga de la parte de permisos para todo proyecto y éste es uno de los principales riesgos identificados en una PTAR, por lo cual el correcto manejo de la “permitología” es fundamental para que pueda operar correctamente durante su ciclo de vida. Al mismo tiempo, el Ministerio busca la calidad de vida y evitar enfermedades, uno de los objetivos fundamentales de una PTAR, por lo que la implementación adecuada de estos proyectos permitirá cumplir con este mandato institucional.
- El Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (Senara) cumple un rol estratégico: administrar y gestionar el recurso hídrico, por lo que la implementación adecuada de una PTAR es uno de sus mandatos institucionales. Su correcta implementación contribuye al manejo de aguas residuales, al ahorro del recurso hídrico y a la gestión de la escasez mediante el tratamiento de aguas.
- Al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), la buena implementación de una PTAR mediante un modelo de gestión de riesgos le permitirá vender más energía, lo cual contribuirá al desarrollo tanto de la institución como del proyecto y, al mismo tiempo, del país.
- En términos de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), el manejo de la seguridad social, el pago adecuado de las planillas y la contribución obrero patronal hacen que la institución se vea beneficiada, pero aún más los empleados que trabajan en proyectos como una PTAR, quienes por ley estarán asegurados ante la CCSS. Por lo tanto, como parte del registro de riesgos y su gestión, hemos contemplado el manejo de este asociado con el pago de las planillas.

- Igualmente, el pago adecuado de las planillas, según las leyes y el marco regulatorio del Ministerio de Trabajo, se toma en cuenta como un riesgo por tomar en cuenta dentro del modelo de gestión de una PTAR.
- Finalmente, tenemos el Instituto Nacional de Seguros (INS), también de suma importancia, ya que el pago de las pólizas por seguridad laboral es importante para el manejo adecuado de una PTAR. Por lo anterior, se toma en cuenta como un riesgo dentro del modelo de gestión.

## **CAPÍTULO VI: PROPUESTA**

## **6.1 Propuesta de modelo de gestión de riesgos para una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)**

### **6.1.1 Introducción**

En la propuesta, seguiremos las buenas prácticas de la Guía PMBOK® (5ª ed.), a fin de implementar un modelo de gestión de riesgos según sus pasos.

Utilizaremos las mejores prácticas, las herramientas sugeridas y, por supuesto, la Guía, para implementar ese modelo de gestión aprobado por el PMI, de manera que podamos administrar los riesgos comúnmente relacionados con una planta de tratamiento de aguas residuales en cualquier parte del país.

En la propuesta hemos incluido los riesgos más comunes, según el juicio experto de profesionales en el campo, dedicados a implementar este tipo de proyectos. Así, los riesgos contemplados son aquellos que comúnmente suceden o tienen más probabilidad de ocurrencia dentro de este tipo de proyectos.

Adicionalmente, el cuestionario aplicado nos permitió determinar de manera cualitativa la probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos riesgos para una posible PTAR, sin importar su tamaño o alcance.

## **6.2 Planificación de la gestión de riesgos**

En la etapa de planificación, deseamos presentar los datos necesarios para planificar la gestión de los riesgos en el modelo que se desea implementar como fin de esta investigación.

Tal y como hemos expuesto en la planificación para este modelo de gestión de riesgos, presentaremos las herramientas que determinarán los datos suficientes para la propuesta de la investigación.

Por lo tanto, se presentará lo siguiente en términos de planificar la gestión de riesgos:

- Perfil de riesgo.
- Registro de los involucrados.
- Lista de riesgos.
- Matriz RACI de asignación de roles y responsabilidades.
- Cronograma de implementación del modelo de gestión de riesgos.
- Presupuesto del modelo de gestión de riesgos.



## 6.2.1 Análisis del perfil de riesgo de los interesados de una PTAR

Clasificar y calificar el apetito y la tolerancia al riesgo de los interesados en el proyecto. Por lo tanto, vamos a presentar una lista de riesgos con su perfil.

**Tabla N° 1: Lista de riesgos (perfil de riesgo)**

Riesgo ID	Descripción del Riesgo	Tipo de Riesgo	Amenaza/Oportunidad	Probabilidad
1	Suelo no apto para ejecución del proyecto.	Negativo	Amenaza	0,40
2	Mal manejo en el tema de importaciones, atrasos en la entrega.	Negativo	Amenaza	0,40
3	Mal manejo en las planillas.	Negativo	Amenaza	0,20
4	Personas no capacitadas.	Negativo	Amenaza	0,40
5	Personas con actitudes conflictivas.	Negativo	Amenaza	0,40
6	Personas con vicios o consumo de drogas.	Negativo	Amenaza	0,80
7	Mala o reducida calidad.	Negativo	Amenaza	0,40
8	No contar con los permisos de funcionamiento o municipales para operar	Negativo	Amenaza	0,40
9	Mal manejo de infraestructura en el proyecto	Negativo	Amenaza	0,40
10	Mal uso de los materiales del proyecto	Negativo	Amenaza	0,40
11	No contar con los permisos del ministerio de salud	Negativo	Amenaza	0,80
12	Pago o atraso en pólizas y seguros de vida	Negativo	Amenaza	0,40
13	Buen uso de los materiales en las obras	Positivo	Oportunidad	0,40
14	Cuidar el medio ambiente	Positivo	Oportunidad	0,40
15	Reusó del agua para riego	Positivo	Oportunidad	0,20
16	Certificaciones ambientales	Positivo	Oportunidad	0,10

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

## 6.2.2 Registro de interesados o involucrados de una PTAR

Aquí podemos ver una matriz de involucrados que explica todos los interesados en una PTAR y cómo estos interactúan con el proyecto, cuál es su grado de involucramiento y poder de influencia en el proyecto.

Con la matriz de involucrados podemos no solo registrar a los interesados o actores que participan interna o externamente en un proyecto como una PTAR, sino que también nos permite definir el perfil del proyecto en términos de riesgo.

**Tabla N° 2: Matriz de involucrados en una PTAR**

Involucrado	Intereses	Tipo de involucrado	Poder	Clasificación del Involucrado
<i>Nombre del involucrado</i>	<i>Los intereses del involucrado</i>	<i>Interno/Externo</i>	<i>Alto/Bajo</i>	<i>Según la matriz de influencia o la posición del involucrado</i>
<b>Acueductos y Alcantarillados (AyA)</b>	Saneamiento de aguas	Externo	Alto	Gestionar atentamente
<b>Institución financiera, desarrolladora urbanística</b>	Mejorar su imagen, con el uso de una PTAR en sus proyectos	Externo	Alto	Mantener informado
<b>Banco de desarrollo, institución de cooperación</b>	Dar atención a los objetivos de desarrollo sostenible	Externo	Bajo	Mantener informado
<b>Vecinos del sitio: comunidades o residenciales.</b>	Recibir beneficios provenientes del proyecto	Externo	Medio	Mantener informado
<b>Vecinos de la GAM</b>	Tratamiento de aguas residuales	Externo	Bajo	Mantener informado
<b>Ministerio de Salud</b>	Eliminación de enfermedades provenientes de aguas contaminadas	Externo	Alto	Gestionar atentamente

<b>SENARA (Servicio Nacional de Aguas)</b>	Cumplir con los objetivos para lo cual fue creado	Externo	Alto	Gestionar atentamente
<b>ICE</b>	Cumplir con el objetivo de suministrar el fluido eléctrico, (venta de energía)	Externo	Alto	Mantener informado
<b>CCSS</b>	Cumplir con los objetivos para lo cual fue creado, (seguridad social)	Externo	Alto	Mantener informado
<b>Ministerio de Trabajo</b>	Cumplir con los objetivos para lo cual fue creado, (seguridad laboral)	Externo	Alto	Mantener informado
<b>INS</b>	Cumplir con los objetivos para lo cual fue creado, (seguridad laboral, velar por atención a pacientes de accidentes laborarles)	Externo	Alto	Mantener informado
<b>Clientes potenciales</b>	Los interesados en construir una PTAR ya sea en sus empresas o bien en sus casas, residenciales o comunidades.	Externo	Alto	Gestionar atentamente
<b>Ingenieros (civiles, electromecánicos)</b>	Cumplir con los requerimientos técnicos del proyecto	Interno	Alto	Gestionar atentamente
<b>Gerente de proyectos</b>	Cumplir con los objetivos del proyecto para que este cumpla en alcance, costo, tiempo y calidad.	Interno	Alto	Gestionar atentamente

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

### 6.2.3 Roles y responsabilidad en una PTAR

Se adjunta el cuadro resumen sobre los individuos encargados de manejar, administrar y gestionar una PTAR:

**Tabla N° 3: Roles y responsabilidad en una PTAR**

Rol	Responsabilidad	Recurso asignado
Patrocinadores del proyecto	Empezar el proyecto.	Por definir
Gerente de proyectos	Administrar y gestionar el proyecto a nivel de entregables, requisitos, presupuesto, recursos, tiempo, calidad, ejecución y control, etc.	Ricardo Rojas Araya.
Ingeniero electromecánico	Se encarga de la implementación de los materiales e equipos electromecánicos tales como bombeo, desinfección y purificación de aguas. Por lo tanto, es la parte técnica del proyecto.	Allan Mata Solano.
Ingeniero civil	Es el responsable de la construcción civil de la obra.	Por definir

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

### 6.2.4 Matriz RACI sobre la gestión de riesgos en una PTAR

A continuación, se adjunta la matriz RACI o, como se le conoce comúnmente, matriz de asignación de responsabilidades.

En nuestro caso, es sobre el modelo de gestión de riesgos basado en los entregables. Según la Guía PMBOK® (5ª ed.) vamos a aplicar la asignación correspondiente de responsabilidades:

**Tabla N° 4: Matriz de asignación de responsabilidades (RACI)**

<b>ACTIVIDAD / RESPONSABLE</b>	<b>Gerente proyectos</b>	<b>Ingeniero electromecánico</b>	<b>Ingeniero civil</b>
<b>Planificar la gestión de riesgos</b>	<b>R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
Perfil de riesgo	R	A	A
Registro de los involucrados	R	A	A
Lista de riesgos	R	A	A
Roles y responsabilidades	R	A	A
Matriz RACI	R	A	A
Cronograma	R	A	A
Presupuesto	R	A	A
<b>Identificación de los riesgos</b>	<b>A</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
Registro de riesgos	A	R	R
Diagrama Ishikawa	A	R	R
Análisis FODA	A	R	R
<b>Análisis cualitativo de riesgos</b>	<b>R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
Estructura de desglose de riesgos	R	A	A
Matriz de probabilidad e impacto	R	A	A
Análisis cualitativo de riesgos	R	A	A
<b>Análisis cuantitativo de riesgos</b>	<b>R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
Análisis de sensibilidad	R	A	A
Análisis de valor monetario esperado	R	A	A
Modelado de simulación	R	A	A
<b>Planificar la respuesta a los riesgos</b>	<b>A</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
Matriz de probabilidad e impacto con estrategias de riesgo	A	R	R
<b>Controlar los riesgos</b>	<b>R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
Revaluación de los riesgos	R	A	A
Análisis de reservas	R	A	A

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

**Tabla N° 5: Leyenda de Matriz RACI**

<b>R</b>	Encargado
<b>A</b>	Responsable
<b>C</b>	Consultado
<b>I</b>	Informado

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

## 6.2.5 Cronograma o calendario de gestión de riesgos de una PTAR

Se adjunta a continuación una muestra del cronograma a nivel del MSN Project ®:



Figura N° 22: MSN Project Gantt, Modelo de gestión de riesgos

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

Se adjunta a continuación la tabla completa con el Gantt Chart, referente a la implementación del modelo de gestión de riesgos para una PTAR:

**Tabla N° 6: MSN Project Gantt, Modelo de gestión de riesgos para una PTAR**

Nombre de la actividad	Duración	Trabajo	Inicio	Finalización	Predecesores	Costo	Recursos
<b>Project PTAR</b>	<b>30 días</b>	<b>472 h</b>	<b>Tue 22/8/17</b>	<b>Mon 2/10/17</b>		<b>€4 120 717</b>	
<b>Planificar la gestión de riesgos</b>	<b>7 días</b>	<b>96 h</b>	<b>Tue 22/8/17</b>	<b>Wed 30/8/17</b>		<b>€838 112</b>	
Perfil de riesgo	1 días	8 h	Tue 22/8/17	Tue 22/8/17		€69 843	Administrador de Proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Registro de los involucrados	1 días	8 h	Wed 23/8/17	Wed 23/8/17	2	€69 843	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Lista de riesgos	1 días	8 h	Thu 24/8/17	Thu 24/8/17	3	€69 843	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Roles y Responsabilidades	1 días	8 h	Fri 25/8/17	Fri 25/8/17	4	€69 843	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Matriz RACI	1 días	8 h	Fri 25/8/17	Fri 25/8/17	5SS	€69 843	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico



Cronograma	1 días	8 h	Mon 28/8/17	Mon 28/8/17	6	€69 843	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Presupuesto	2 días	48 h	Tue 29/8/17	Wed 30/8/17	7	€419 056	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
<b>Identificación de los riesgos</b>	<b>4 días</b>	<b>64 h</b>	<b>Thu 31/8/17</b>	<b>Tue 5/9/17</b>		<b>€558 741</b>	
Registro de riesgos	2 días	48 h	Thu 31/8/17	Fri 1/9/17	8	€419 056	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Diagrama Ishikawa	1 días	8 h	Mon 4/9/17	Mon 4/9/17	10	€69 843	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Análisis FODA	1 días	8 h	Tue 5/9/17	Tue 5/9/17	11	€69 843	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
<b>Análisis cualitativo de riesgos</b>	<b>6 días</b>	<b>144 h</b>	<b>Wed 6/9/17</b>	<b>Wed 13/9/17</b>		<b>€1 257 168</b>	
Estructura de desglose de riesgos	2 días	48 h	Wed 6/9/17	Thu 7/9/17	12	€419 056	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Matriz de probabilidad e impacto	2 días	48 h	Fri 8/9/17	Mon 11/9/17	14	€419 056	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico

Análisis cualitativo de riesgos	2 días	48 h	Tue 12/9/17	Wed 13/9/17	15	€419 056	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
<b>Análisis cuantitativo de riesgos</b>	<b>6 días</b>	<b>48 h</b>	<b>Thu 14/9/17</b>	<b>Thu 21/9/17</b>		<b>€419 056</b>	
Análisis de sensibilidad	2 días	16 h	Thu 14/9/17	Fri 15/9/17	16	€139 685	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Análisis de valor monetario esperado	2 días	16 h	Mon 18/9/17	Tue 19/9/17	18	€139 685	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Modelado de simulación	2 días	16 h	Wed 20/9/17	Thu 21/9/17	19	€139 685	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
<b>Planificar la respuesta a los riesgos</b>	<b>2 días</b>	<b>16 h</b>	<b>Fri 22/9/17</b>	<b>Mon 25/9/17</b>		<b>€139 685</b>	
Matriz de probabilidad e impacto con estrategias de riesgo	2 días	16 h	Fri 22/9/17	Mon 25/9/17	20	€139 685	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
<b>Controlar los riesgos</b>	<b>4 días</b>	<b>96 h</b>	<b>Tue 26/9/17</b>	<b>Fri 29/9/17</b>		<b>€838 112</b>	
Revaluación de los riesgos	2 días	48 h	Tue 26/9/17	Wed 27/9/17	22	€419 056	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico
Análisis de reservas	2 días	48 h	Thu 28/9/17	Fri 29/9/17	24	€419 056	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico

<b>Fin del modelo de gestión de riesgos</b>	<b>1 días</b>	<b>8 h</b>	<b>Mon 2/10/17</b>	<b>Mon 2/10/17</b>		<b>€69 843</b>	
Cierre	1 días	8 h	Mon 2/10/17	Mon 2/10/17	25	€69 843	Administrador de proyectos; ingeniero civil; ingeniero electromecánico

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

Con base en el cronograma o Gantt Chart, a nivel de MSN Project®, hemos elaborado el siguiente cronograma resumen para implementar el modelo de gestión de riesgos en una PTAR:

**Tabla N° 7: Cronograma del modelo gestión de riesgos**

Actividades del modelo de gestión de riesgos	Agosto 2017	Setiembre 2017	Octubre 2017
<b>Planificar la gestión de riesgos</b>			
<b>Identificación de los riesgos</b>			
<b>Análisis cualitativo de riesgos</b>			
<b>Análisis cuantitativo de riesgos</b>			
<b>Planificar la respuesta a los riesgos</b>			
<b>Controlar los riesgos</b>			

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

## 6.2.6 Presupuesto de gestión de riesgos en una PTAR

A continuación, se presenta la estimación de los costos del modelo de gestión de riesgos; es una estimación, ya que generalmente se utilizan las líneas base del proyecto y, de esta manera, se calculan sus reservas.

Aun así, el modelo de gestión de riesgos puede hacer que estas reservas, ya sean de contingencia o de gestión, aumenten con respecto a la línea base de costo, por ejemplo.

El presupuesto está relacionado con el plan de gestión de los costos, ya que proporciona la guía para el establecimiento y la gestión de las reservas de riesgos dentro de un proyecto.

Adicionalmente, se utilizan metodologías probabilísticas (tales como simulaciones Montecarlo) que determinan si los riesgos podrían impactar los costos, modificando así las reservas sobre la línea base del costo. Finalmente, se adjunta una estimación para el presupuesto del modelo de gestión de riesgos en una PTAR:

**Tabla N° 8: Presupuesto estimado de riesgos en una PTAR**

Actividad	Costo en colones ₡
Modelo de gestión de riesgos	₡4 120 717,00
Otros gastos (extraordinarios)	₡500 000,00
Reserva de contingencias	₡412 071,70
Reserva de gestión	₡618 107,55
<b>Total</b>	<b>₡5 650 896,25</b>

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

### 6.3 Identificar de los riesgos en una PTAR

En esta sección de la investigación, se identificarán los riesgos por medio de su registro.

#### 6.3.1 Registro de los riesgos en una PTAR

Aquí se identifican los riesgos de una PTAR mediante su registro:

**Tabla N° 9: Registro de riesgos en una PTAR**

ID/Código	Amenaza/Oportunidad	Tipo de Riesgo	Descripción del Riesgo	Responsable	Plan de Respuesta
1	Amenaza	Negativo	Suelo no apto para ejecución del proyecto.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Se debe analizar un posible cambio de lugar, el cambio de suelo será analizado tanto en costo y tiempo, para determinar si se continúa o no con el proyecto.
2	Amenaza	Negativo	Mal manejo de importaciones, atrasos en la entrega.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Seguimiento continuo vía correos electrónicos, sobre la fabricación, envío e importación de los equipos por utilizar con las fábricas y casa matriz de los productos.
3	Amenaza	Negativo	Mal manejo en las planillas.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Uso correcto de programas para el manejo adecuado de planillas, uso de dispositivos electrónicos para marcar

					horas de entrada y salida de los trabajadores.
4	Amenaza	Negativo	Personas no capacitadas.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Uso correcto al reclutar personal mediante pruebas prácticas laborales, al igual que la verificación de sus experiencias laborales anteriores.
5	Amenaza	Negativo	Personas con actitudes conflictivas.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Verificar motivos de salida en otras empresas.
6	Amenaza	Negativo	Personas con vicios o consumo de drogas.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Análisis toxicológico antes y durante la ejecución de la obra.
7	Amenaza	Negativo	Mala o reducida calidad.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Control estricto tanto en certificaciones del producto, como en pruebas de laboratorio cuando sean necesarias y pruebas de resistencia mecánica, por ejemplo. También se debe usar personal capacitado para vigilar el estado actual de materiales, si son aptos para su uso, así como su vigencia.

<b>8</b>	Amenaza	Negativo	No contar con los permisos de funcionamiento o municipales para operar	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Solicitar los permisos con anticipación y estructurar la documentación, tomando en cuenta el tiempo de aprobación que llevan dentro de la entidad gubernamental.
<b>9</b>	Amenaza	Negativo	Mal manejo de infraestructura en el proyecto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Manejo adecuado de los materiales o productos utilizados en una PTAR, tomando en cuenta maximizar la utilización de estos recursos para evitar un mal manejo durante la ejecución del proyecto.
<b>10</b>	Amenaza	Negativo	Mal uso de los materiales del proyecto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Manejo adecuado de los materiales o productos utilizados en una PTAR, maximizando la utilización de estos recursos para evitar un mal manejo durante la ejecución del proyecto.
<b>11</b>	Amenaza	Negativo	No contar con los permisos del ministerio de salud	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Solicitar los permisos con anticipación y estructurar la documentación, tomando en cuenta el tiempo de aprobación que llevan estos dentro de la entidad gubernamental.

12	Amenaza	Negativo	Pago o atraso en pólizas y seguros de vida	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Identificar los tiempos y montos para los pagos de las pólizas y seguros de vida o de seguridad laboral, a fin de que estén al día y no incurrir en atrasos, multas o un cese del proyecto.
13	Oportunidad	Positivo	Buen uso de los materiales en las obras	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Maximizar los recursos, ojalá, ahorrando durante la ejecución del proyecto. Esto ayudará a que ahorre en costos y tiempo.
14	Oportunidad	Positivo	Cuidar el medio ambiente	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	El cuidado del medio ambiente mediante la implementación oportuna de una PTAR evitará contaminación de las aguas, traerá ahorro hídrico y, desde luego, mejorará la salud.
15	Oportunidad	Positivo	Reuso del agua para riego	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	El reuso del agua procesada por una PTAR para riego es exactamente lo que busca este tipo de proyectos, en términos de desarrollo sostenible, ya que maximiza el recurso hídrico, ahorra y cuida el ambiente.



16	Oportunidad	Positivo	Certificaciones ambientales	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Las certificaciones ambientales, tales como Bandera Azul u otras a nivel ambiental, se pueden obtener por parte de las empresas, al procesar estas mismas sus aguas negras o residuales por medio de una PTAR.
----	-------------	----------	-----------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

### 6.3.2 Diagrama de Causa y efecto (Ishikawa/Pescado) de una PTAR

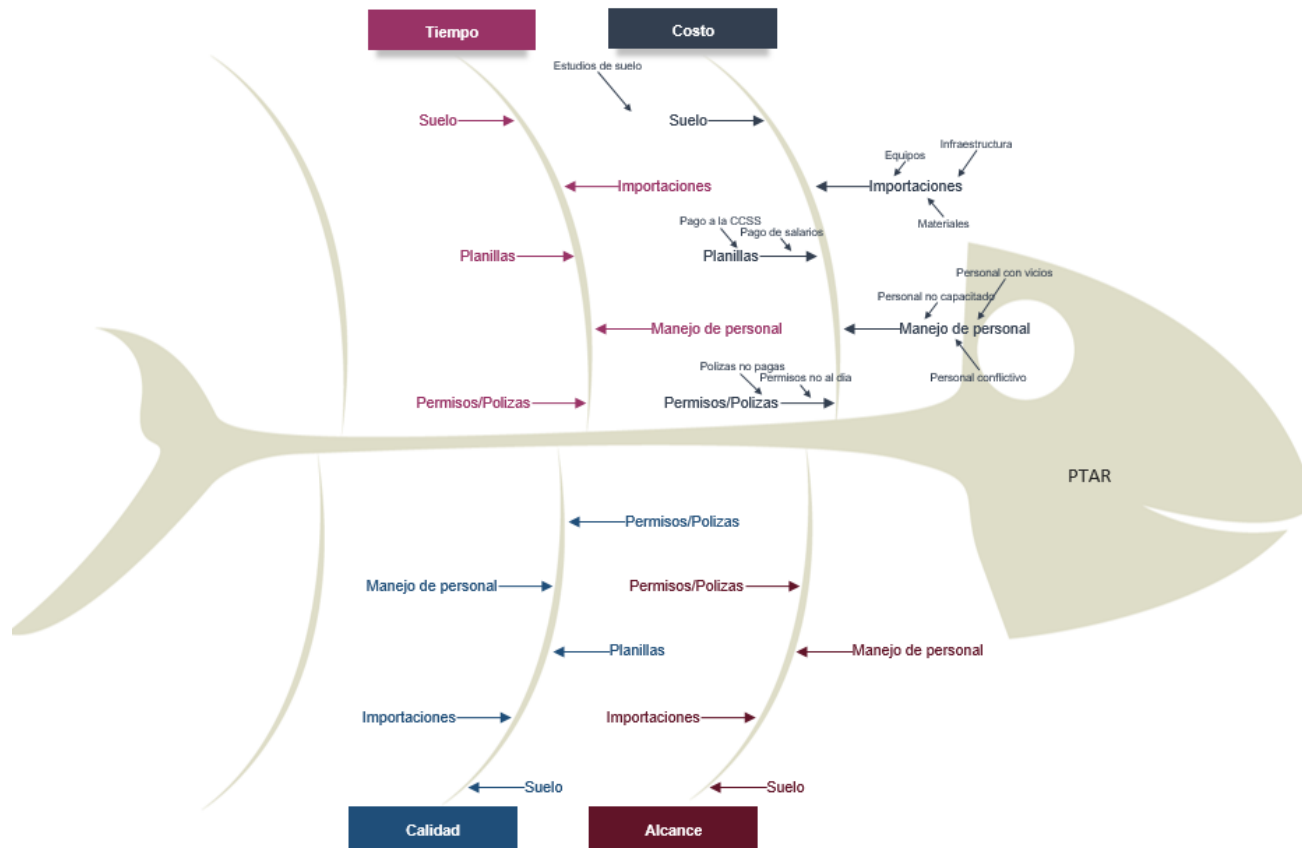


Figura N° 23: *Diagrama de Causa y efecto Ishikawa de riesgos*

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

### 6.3.3 Análisis FODA de una PTAR

A continuación, se adjunta un análisis FODA de una PTAR, tomando en cuenta el registro de los riesgos vistos en esta investigación:

**Tabla N° 10: Análisis FODA de una PTAR**

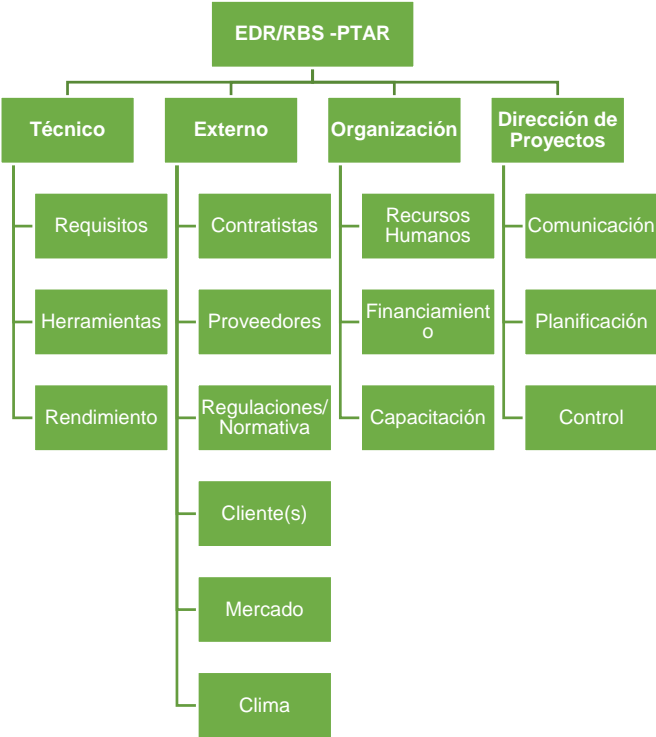
FODA	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
1) Toda el agua es tratada. 2) Se cuenta con el personal capacitado. 3) Se tiene el apoyo de los proveedores de equipos por instalar. 4) Se conocen y cumplen las normas establecidas por las distintas entidades de gobierno. 5) Amplio conocimiento legal. 6) Amplio conocimiento de las normas del CFIA y protección al medio ambiente.	1) Riesgo financiero al ser un desarrollo complejo de construcción civil, hidráulico, electromecánico, eléctrico. 2) Poco control y seguimiento de la calidad. 3) Falta de modernización. 4) Falta de programas de saneamiento básico en las comunidades y residenciales. 5) Capacitación constante entre los colaboradores.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
1) Existen necesidades y una gran demanda por implementar PTAR en el país, por el mal manejo de aguas residuales. 2) Aceptación de este tipo de desarrollos por parte de las instituciones de gobierno (Ministerio de Salud, AyA y municipalidades). 3) Cobro por el uso del agua en zonas de riesgo, por ejemplo, campos de golf y jardines. 4) Existen instituciones financieras, tanto nacionales como internacionales, que cofinancian proyectos como una PTAR, en búsqueda del mejoramiento y saneamiento de las aguas residuales.	1) Presiones de distintos sectores, tales como: vecinos, comunidades que no permitan el desarrollo de este tipo de proyecto (PTAR). 2) Pocos proveedores de equipo y materiales para este tipo de proyecto. 3) Al depender de empresas internacionales, si se da una crisis económica, los precios de materias prima y equipos pueden elevar el costo de una PTAR. 4) Ingresos de equipo y materiales de carácter irregular impactan la calidad de este tipo de proyectos dentro de la industria. 5) Cuando se cuenta con terrenos por la construcción de una PTAR, se puede dar resistencia de los vecinos de terrenos aledaños. 6) La recesión económica que se puede dar en un país puede impactar y dificultar la obtención de recursos y financiamiento para una PTAR. 7) La dificultad para adquirir un terreno donde desarrollar una PTAR, donde se hará la disposición final de residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

**6.4 Realización del análisis cualitativo de riesgos de una PTAR**

Aquí se va a detallar todo el análisis cualitativo con base en los riesgos consolidados durante la investigación.

**6.4.1 Estructura de desglose de riesgo (RBS)**



**Figura N° 24: Estructura de desglose de riesgos de una PTAR**

Fuente: Elaboración propia, 2017.

## 6.4.2 Matriz de probabilidad e impacto

Se adjuntan las matrices de probabilidad e impacto de los riesgos en una PTAR, según los resultados de esta investigación, que ayudarán a presentar el modelo de gestión desde un punto de vista cualitativo.

Estas matrices se elaboran según los riesgos ya determinados en la sección de resultados de nuestra encuesta, determinando así aquellos con mayor probabilidad. Esto nos ayudará a aplicar la metodología de probabilidad e impacto que determina índices probabilísticos y, desde luego, el impacto que estos riesgos tendrán sobre la gestión del proyecto. A continuación, se presentan esas matrices:

**Tabla N° 11: Matriz de probabilidad e impacto de valores**

Impacto		Amenazas (riesgos negativos)					Oportunidades (riesgos positivos)						
		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo		
Impacto (I) del riesgo	Impacto	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	Impacto	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	
	Escala relativa	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	Escala relativa	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	
	Muy alto	0,90	0,09	0,18	0,36	0,72	Muy alto	0,90	0,72	0,36	0,18	0,09	
	Alto	0,70	0,07	0,14	0,28	0,56	Alto	0,70	0,56	0,28	0,14	0,07	
	Medio	0,50	0,05	0,10	0,20	0,40	Medio	0,50	0,40	0,20	0,10	0,05	
	Bajo	0,30	0,03	0,06	0,12	0,24	Bajo	0,30	0,24	0,12	0,06	0,03	
	Muy bajo	0,10	0,01	0,02	0,04	0,08	Muy bajo	0,10	0,08	0,04	0,02	0,01	
	Escala relativa	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	Escala relativa	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	
Impacto		Probabilidad (P) del riesgo					Impacto		Probabilidad (P) del riesgo				

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

**Tabla N° 12: Tabla de probabilidad e impacto con estrategias del riesgo**

		Amenazas (riesgos negativos)					Oportunidades (riesgos positivos)				
Impacto (I) del riesgo		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Muy alto		Transferir	Transferir	Aceptar	Evitar	Evitar	Explotar	Explotar	Mejorar	Compartir	Compartir
Alto		Mitigar	Transferir	Transferir	Evitar	Evitar	Explotar	Explotar	Compartir	Compartir	Aceptar
Medio		Mitigar	Transferir	Transferir	Aceptar	Evitar	Explotar	Mejorar	Compartir	Compartir	Aceptar
Bajo		Mitigar	Mitigar	Transferir	Transferir	Evitar	Explotar	Compartir	Compartir	Aceptar	Aceptar
Muy bajo		Mitigar	Mitigar	Mitigar	Mitigar	Transferir	Compartir	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar
Probabilidad (P) del riesgo						Probabilidad (P) del riesgo					

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

A continuación, se señala el análisis cualitativo de los riesgos, según su probabilidad e impacto en términos de valor y estrategia para una PTAR:

**Tabla N° 13: Análisis cualitativo de riesgos de una PTAR**

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO			CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO		PLANES DE RESPUESTA		RIESGOS		
ID	NIVEL	DESCRIPCIÓN DE RIESGO	AMENAZA/OPORTUNIDAD	PROBABILIDAD	IMPACTO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	VALOR DEL RIESGO	TIPO DE RIESGO
1	Alto	Suelo no apto para ejecución del proyecto.	Amenaza	0,40	0,28	Se debe analizar un posible cambio de lugar, en caso de ser posible. El cambio de suelo será analizado tanto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,11	Transferir

						en costo como en tiempo, para determinar si se continúa o no con el proyecto.			
2	Alto	Mal manejo de importaciones, atrasos en la entrega.	Amenaza	0,40	0,28	Seguimiento continuo vía correos electrónicos, sobre la fabricación, envió e importación de los equipos por utilizar, con las fábricas y casa matriz de los productos.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,11	Transferir
3	Medio	Mal manejo de las planillas.	Amenaza	0,20	0,10	Uso correcto de programas para el manejo adecuado de planillas, uso de dispositivos electrónicos para marcar horas de entrada y salida de los trabajadores.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,02	Mitigar
4	Alto	Personas no capacitadas.	Amenaza	0,40	0,28	Uso correcto al reclutar personal mediante pruebas prácticas	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,11	Transferir

						laborales, al igual que verificar sus experiencias laborales anteriores.			
5	Alto	Personas con actitudes conflictivas.	Amenaza	0,40	0,28	Verificación de motivos de salida en otras empresas.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,11	Transferir
6	Muy Alto	Personas con vicios o consumo de drogas.	Amenaza	0,80	0,72	Análisis toxicológico antes y durante la ejecución de la obra.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,58	Evitar
7	Alto	Mala o reducida calidad.	Amenaza	0,40	0,28	Control estricto tanto en certificaciones del producto, como en pruebas de laboratorio necesarias, pruebas de resistencia mecánica, por ejemplo. También se debe usar personal capacitado para vigilar el estado actual de materiales, si son aptos para su uso, así como su vigencia.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,11	Transferir



<b>8</b>	Alto	No contar con los permisos de funcionamiento o municipales para operar	Amenaza	<b>0,40</b>	<b>0,28</b>	Solicitar los permisos con anticipación y estructurar la documentación, tomando en cuenta el tiempo de aprobación que llevan estos dentro de la entidad gubernamental.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	<b>0,11</b>	<b>Transferir</b>
<b>9</b>	Alto	Mal manejo de infraestructura en el proyecto	Amenaza	<b>0,40</b>	<b>0,28</b>	Manejo adecuado de los materiales o productos utilizados en una PTAR tomando en cuenta la maximizando estos recursos para evitar un mal manejo durante la ejecución del proyecto.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	<b>0,11</b>	<b>Transferir</b>
<b>10</b>	Alto	Mal uso de los materiales del proyecto	Amenaza	<b>0,40</b>	<b>0,28</b>	Manejo adecuado de los materiales o productos utilizados en una PTAR, tomando en estos recursos para evitar un mal manejo	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	<b>0,11</b>	<b>Transferir</b>

						durante la ejecución del proyecto.			
11	Muy Alto	No contar con los permisos del Ministerio de Salud	Amenaza	0,80	0,72	Solicitar los permisos con anticipación y estructurar la documentación tomando en cuenta el tiempo de aprobación que llevan estos dentro de la entidad gubernamental.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,58	Evitar
12	Alto	Pago o atraso en pólizas y seguros de vida	Amenaza	0,40	0,28	Tener identificados los tiempos y montos para los pagos de las pólizas y seguros de vida o de seguridad laboral, a fin de que estén al día y no incurrir en atrasos, multas o un cese del proyecto.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,11	Transferir

13	Alto	Buen uso de los materiales en las obras	Oportunidad	0,40	0,36	Maximizar los recursos, ojalá, ahorrando durante la ejecución del proyecto. Esto ayudará a ahorrar en costos y tiempo.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,14	Compartir
14	Alto	Cuidar el medio ambiente	Oportunidad	0,40	0,36	El cuidado del medio ambiente mediante la implementación oportuna de una PTAR evitará contaminación de las aguas, habrá ahorro hídrico y, desde luego, mejora en la salud.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,14	Compartir
15	Medio	Reusó del agua para riego	Oportunidad	0,20	0,10	El reuso del agua procesada por una PTAR para riego es exactamente lo que busca este tipo de Proyectos en términos de desarrollo sostenible, ya que maximiza el recurso	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,02	Aceptar

						hídrico, ahorra y cuida el ambiente.			
16	Bajo	Certificaciones ambientales	Oportunidad	0,10	0,03	Las certificaciones ambientales, tales como Bandera Azul u otras a nivel ambiental, se pueden obtener por parte de las empresas, al procesar estas mismas sus aguas negras o residuales por medio de una PTAR.	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	0,00	Aceptar

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

## 6.5 Realización del análisis cuantitativo de riesgos de una PTAR

En esta sección se presentarán ejemplos de aplicación a nivel de análisis cualitativo de riesgos, el cual se podrá aplicar en proyectos tales como una PTAR.

### 6.5.1 Análisis de sensibilidad por medio de un Diagrama de tornado

Este análisis tornado tomará los riesgos recopilados y aplicará una correlación entre la importancia y el impacto relativo de las variables. Según la Guía PMBOK® (5ª ed.), lo que desea el análisis de sensibilización de tornado es lo siguiente:

El diagrama con forma de tornado también resulta útil a la hora de analizar escenarios de asunción de riesgos basados en riesgos específicos cuyo análisis cuantitativo pone de relieve posibles beneficios superiores a los impactos negativos correspondientes. Un diagrama con forma de tornado es un tipo especial de diagrama de barras que se utiliza en el análisis de sensibilidad para comparar la importancia relativa de las variables. En un diagrama con forma de tornado el eje Y representa cada tipo de incertidumbre en sus valores base, mientras que el eje X representa la dispersión o correlación de la incertidumbre con la salida que se está estudiando. (Project Management Institute, 2013)

Por lo tanto, en este análisis se planteó un escenario posible de una PTAR con un costo aproximado de USD\$200,000, para determinar por medio de un sistema de simulación de riesgos tipo Montecarlo la realización de dicho análisis de sensibilidad. Utilizamos un sistema licenciado llamado @Risk ® (<http://www.palisade.com/risk/>), en su versión de prueba gratis (*trial*), en el cual se pudo hacer la correlación de las variables de duración y costos del proyecto. En primera instancia, se confeccionó el proyecto en MSN Project ® de la siguiente forma:

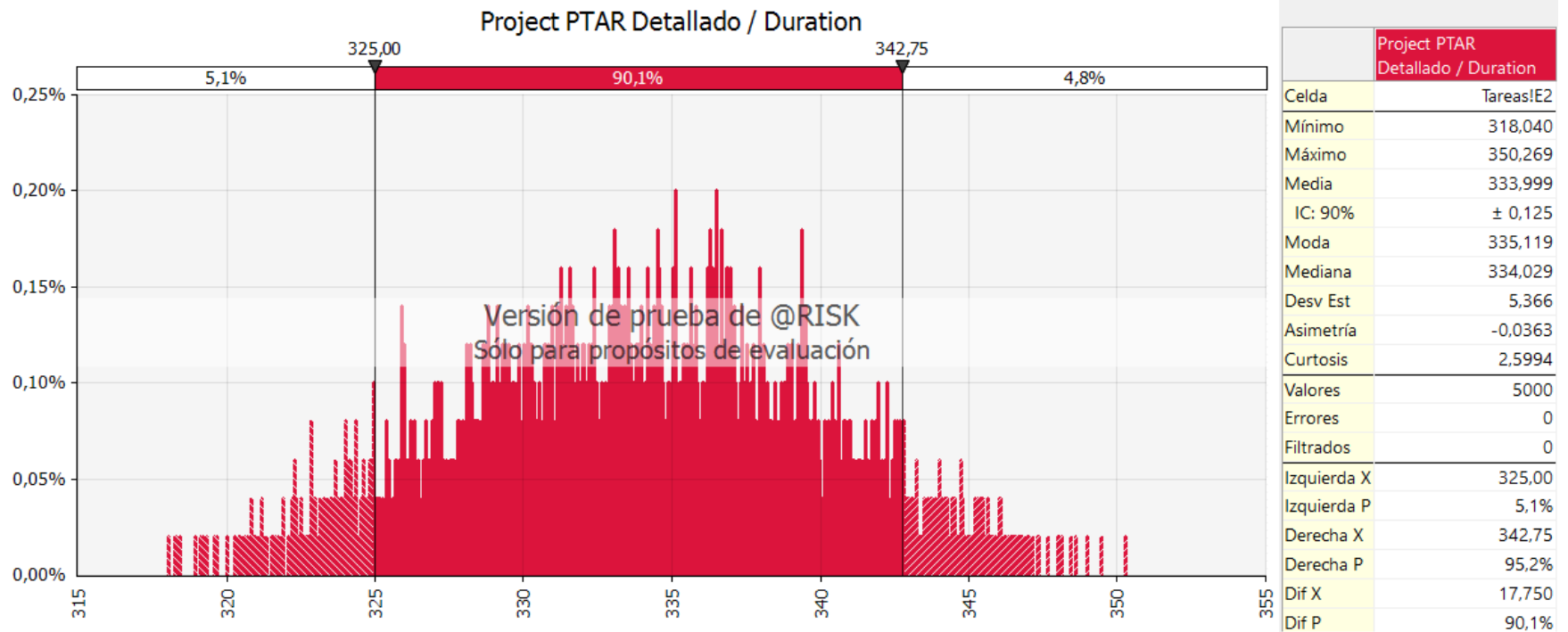
**Tabla N° 14: Proyecto de simulación de riesgos en una PTAR**

<b>Nombre Tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Inicio</b>	<b>Finalización</b>	<b>Predecesores</b>	<b>Costo</b>
<b>Project PTAR Detallado</b>	<b>334 días</b>	<b>Mon 28/8/17</b>	<b>Thu 6/12/18</b>		<b>\$190 421,00</b>
Estudios y diseño	30 días	Mon 28/8/17	Fri 6/10/17		\$7 500,00
Presupuesto	15 días	Mon 9/10/17	Fri 27/10/17	1	\$4 500,00
Permisos	30 días	Mon 30/10/17	Fri 8/12/17	2	\$4 300,00
Trabajos preliminares	12 días	Mon 11/12/17	Tue 26/12/17	3	\$9 200,00
Construcción de PTAR	120 días	Wed 27/12/17	Tue 12/6/18	4	\$73 921,00
Cimentaciones, muros de retención, paredes, armado	30 días	Wed 13/6/18	Tue 24/7/18	5	\$24 000,00
Cimentaciones, muros de retención, paredes, armado, instalación de tuberías	30 días	Wed 25/7/18	Tue 4/9/18	6	\$20 500,00
Paredes, concreto, armado, construcción de caseta e instalación de tubería	30 días	Wed 5/9/18	Tue 16/10/18	7	\$18 000,00

Acabados de paredes, caseta, electrificación, instalación de equipos y puesta en marcha	30 días	Wed 17/10/18	Tue 27/11/18	8	\$26 000,00
Revisión y pruebas de control de PTAR	7 días	Wed 28/11/18	Thu 6/12/18	9	\$2 500,00

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

Una vez establecidas las variables de correlación, se corre la simulación por medio del programa @Risk®, mediante el cual podemos obtener los siguientes resultados de análisis de sensibilidad:



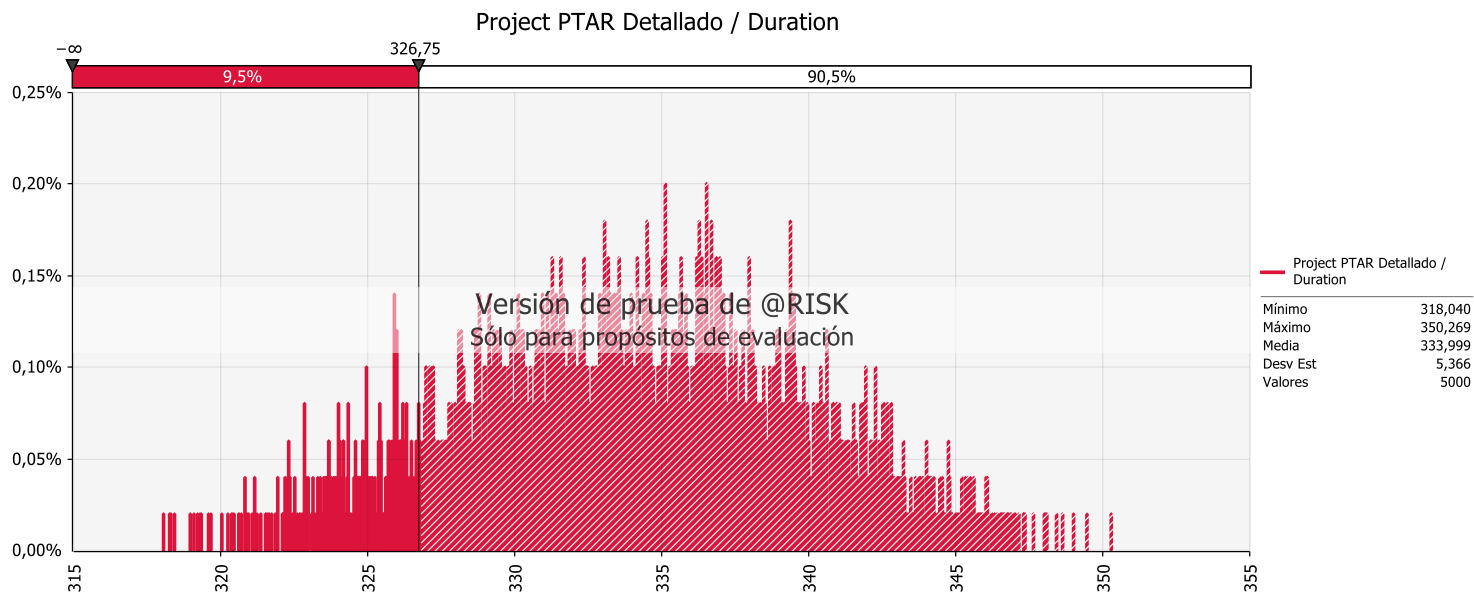
**Figura N° 25: Histograma de sensibilidad de duración**

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.



En este histograma de sensibilidad de duración, podemos ver que la media para obtener el 90% de los resultados va de 325 días hasta 343 días. También, dice que el mínimo de días en que el proyecto se puede completar es 318, mientras que el máximo puede llegar hasta 350 días.

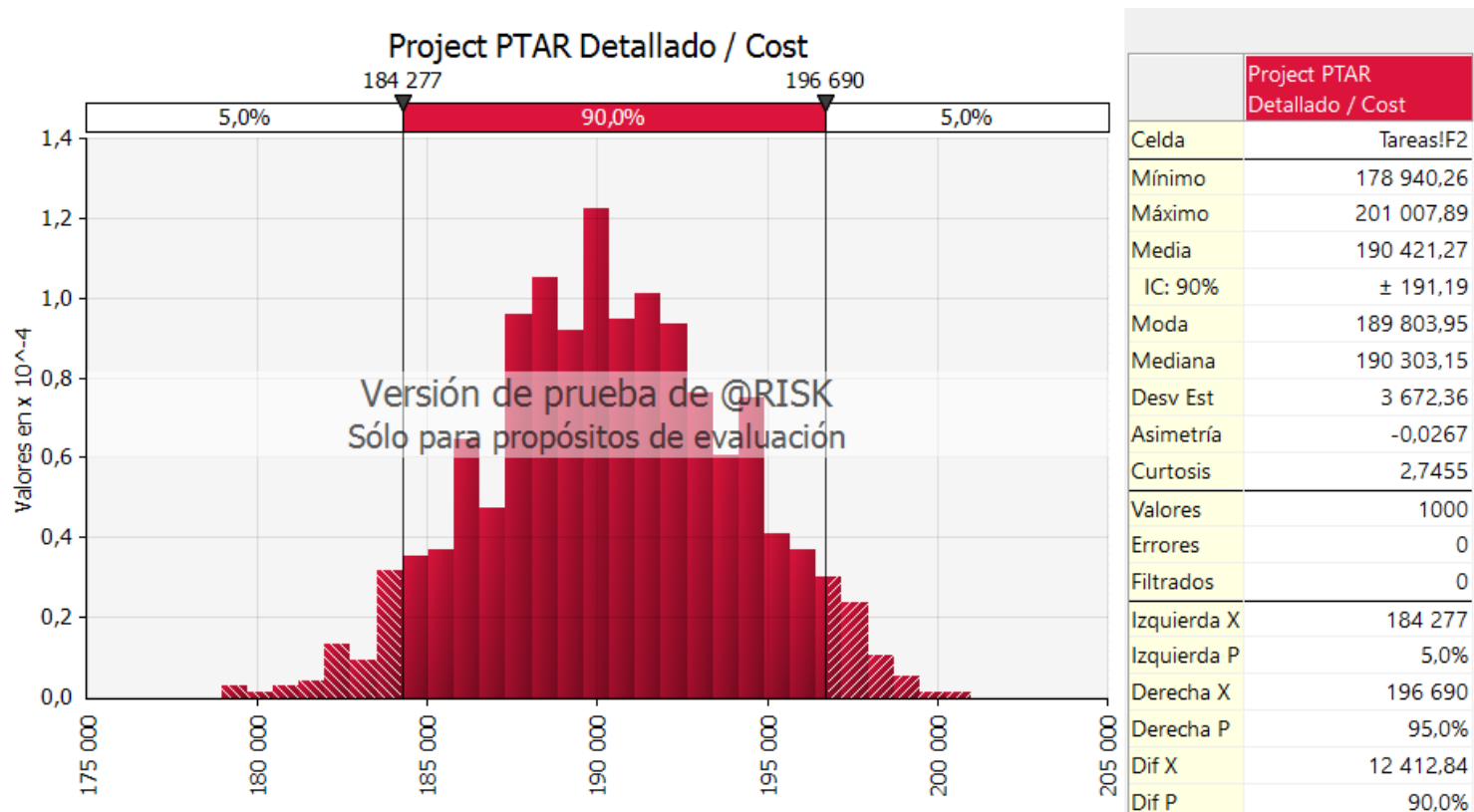
A continuación, hay otro histograma de sensibilidad de duración que nos ayuda a entender aún más la duración probabilística y el nivel de riesgo intrínsecos. Por ejemplo, la figura de abajo nos indica que la duración de 327 días es la que tiene el 90% de probabilidad.



**Figura N° 26: Histograma detallado de sensibilidad de duración**

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

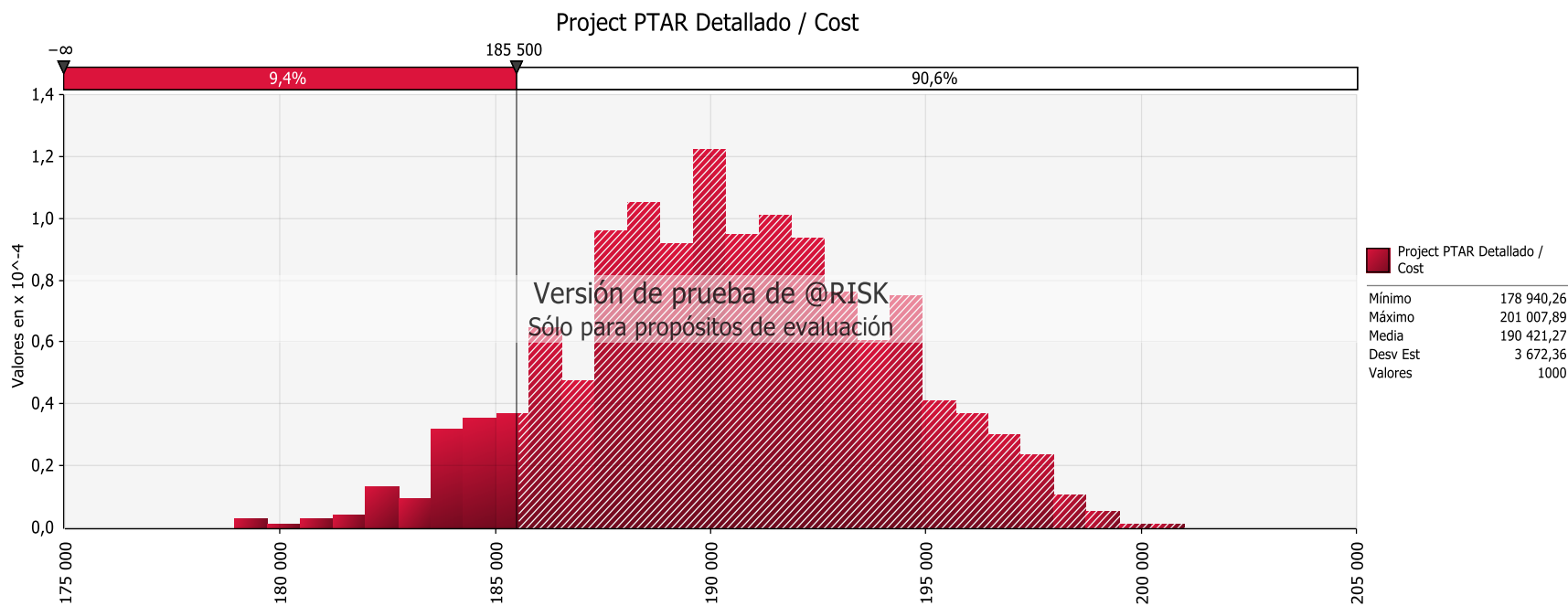
Con respecto a los costos, se pudieron sacar las mismas figuras en que los límites de costos varían a partir de una probabilidad de 90%: de USD\$184,300 hasta USD\$196,700.



**Figura N° 27: Histograma de sensibilidad de costos**

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

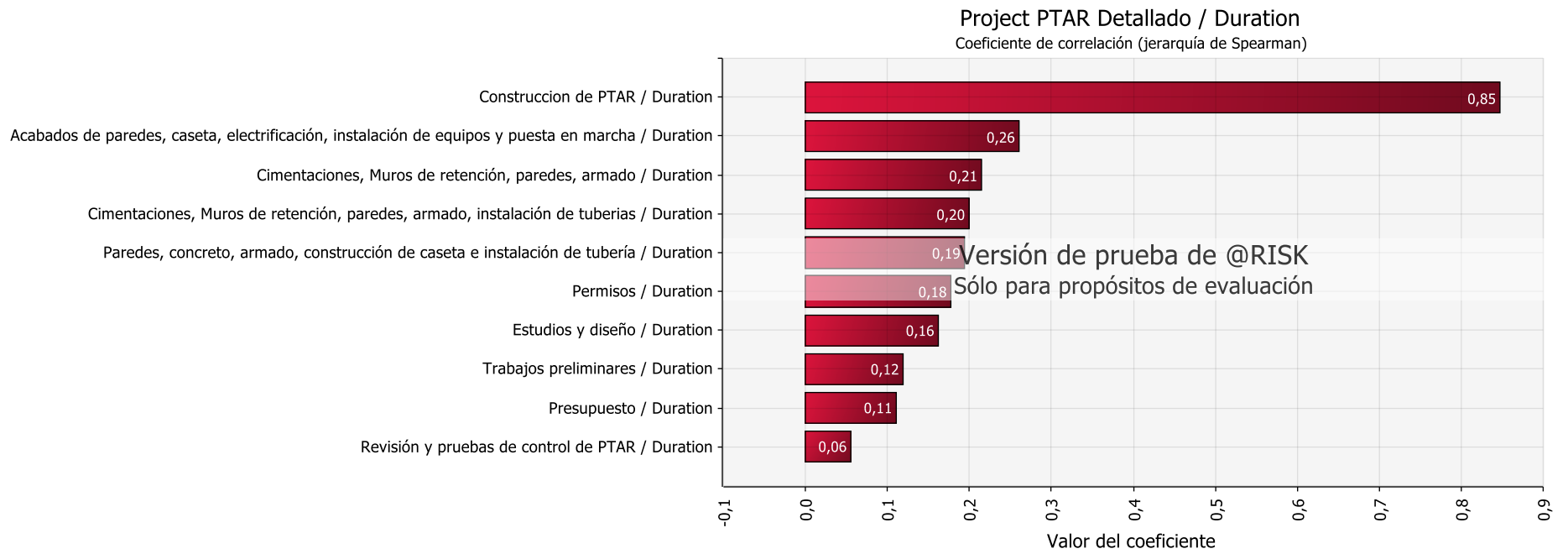
Con un 90% de probabilidad, podemos decir que el costo aproximado de una PTAR, tomando en cuenta la sensibilidad de riesgos, es de USD\$185,500 como punto de partida, según se representa en la siguiente figura:



**Figura N° 28: Histograma detallado de sensibilidad de duración**

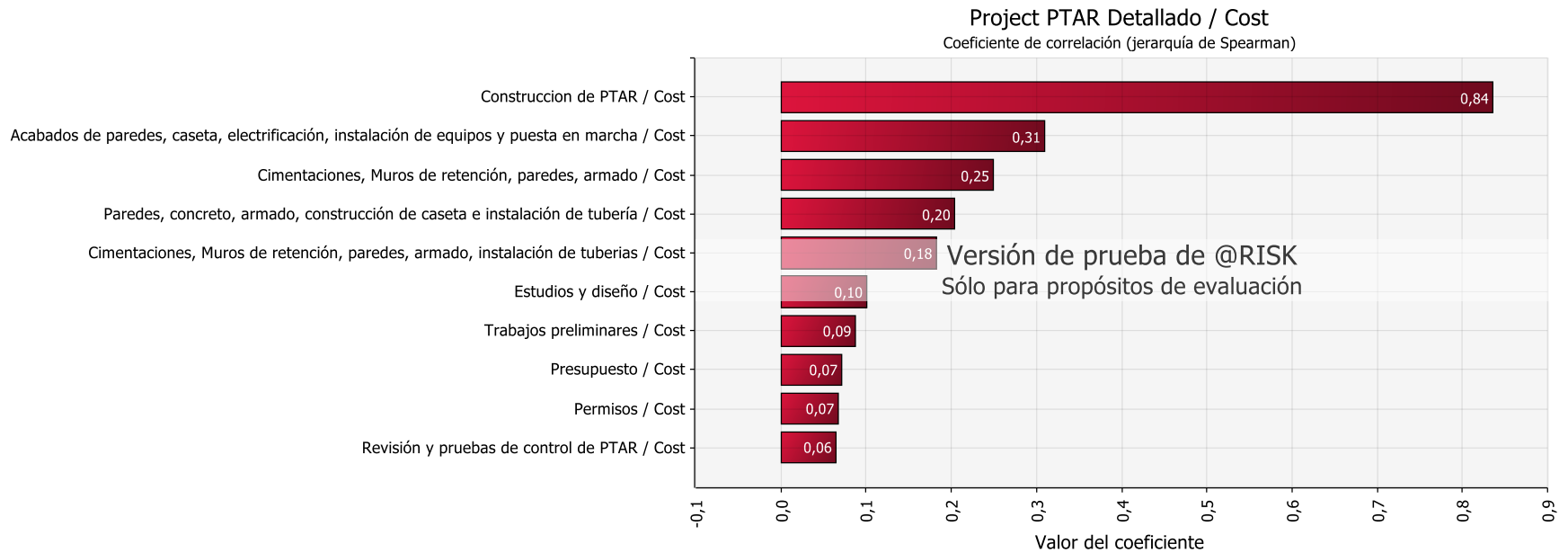
Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

Finalmente, hemos llegado al último análisis de sensibilidad por medio de tornado, en que el mismo programa @Risk® permite presentar en dos gráficas, tanto a nivel de duración como en costos. Los índices de probabilidad a nivel cuantitativo nos permiten correlacionar las variables:



**Figura N° 29: Análisis de sensibilidad tornado duración**

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.



**Figura N° 30: Análisis de sensibilidad tornado duración**

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

Podemos decir que más del 85% de la duración y los costos se encuentra en la construcción del proyecto, por consiguiente, ahí es donde se tiene mayor probabilidad de riesgos e impactos. Por lo tanto, los planes de respuesta deben ir dirigidos en esta etapa o fase, para evitar que el proyecto se vea impactado, ya sea en costo o en tiempo.

### **6.5.2 Análisis de valor monetario esperado (EMV) por medio de un Diagrama de árbol de decisiones**

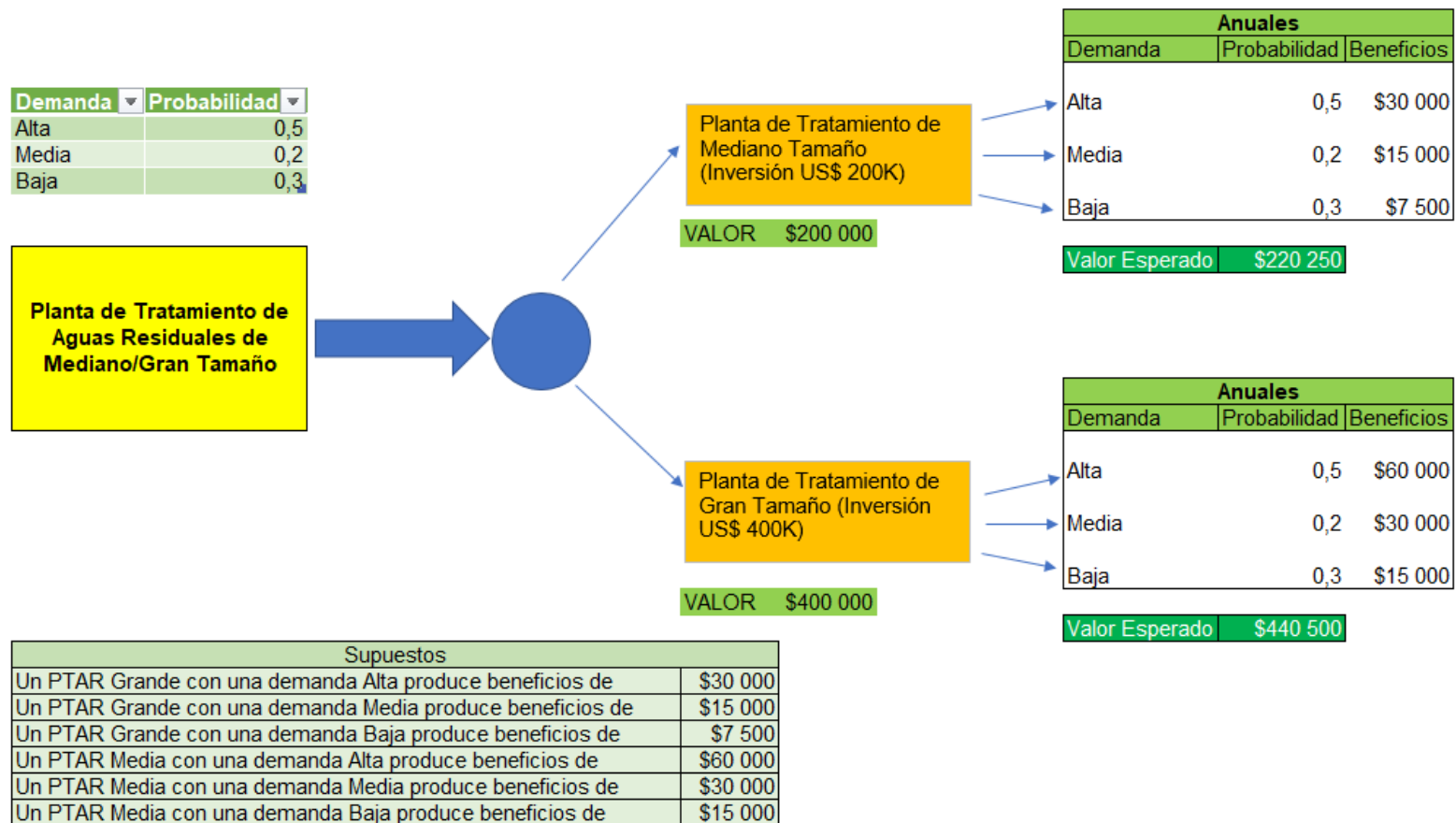
Lo que se va desarrollar en esta sección es un análisis de valor monetario esperado (EMV), por medio de un diagrama de árbol de decisión, en el cual se presentarán posibles escenarios. Según la Guía PMBOK®:

El EMV de las oportunidades se expresa por lo general con valores positivos, mientras que el de las amenazas se expresa con valores negativos. El EMV requiere un supuesto de neutralidad del riesgo, ni de aversión al riesgo ni de atracción por éste. El EMV para un proyecto se calcula multiplicando el valor de cada posible resultado por su probabilidad de ocurrencia y sumando luego los resultados. (Project Management Institute, 2013)

Este análisis nos permite tener una herramienta cuantitativa que pueda guiar a los gestores de un proyecto como PTAR, en términos de probabilidad, para estimar el valor esperado de los costos, ya sea con base en su inversión, probabilidad sobre una variable específica o, bien, sobre los beneficios que cada proyecto vaya a generar a valor actual.

Al mismo tiempo, permite decidir según la probabilidad, el grado de impacto e incertidumbre, si se toman las decisiones acertadas de un proyecto sobre otro.

Después de realizar un análisis de sensibilidad tipo Montecarlo por medio de @Risk®, podemos decir que nuestro margen de probabilidad al riesgo ronda el cinco por ciento (5%), por lo que se determinará una escala probabilística para determinar el análisis EMV. Por consiguiente, a continuación, presentamos un posible escenario de simulación de análisis monetario esperado por medio de un árbol de decisión aplicado a posibles escenarios reales de plantas de tratamiento de aguas residuales o, como se ha definido en esta investigación, PTAR:



**Figura N° 31: Análisis del valor monetario esperado por medio de un árbol de decisión**

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

### 6.5.3 Modelado de simulación por diagrama de costos acumulativos

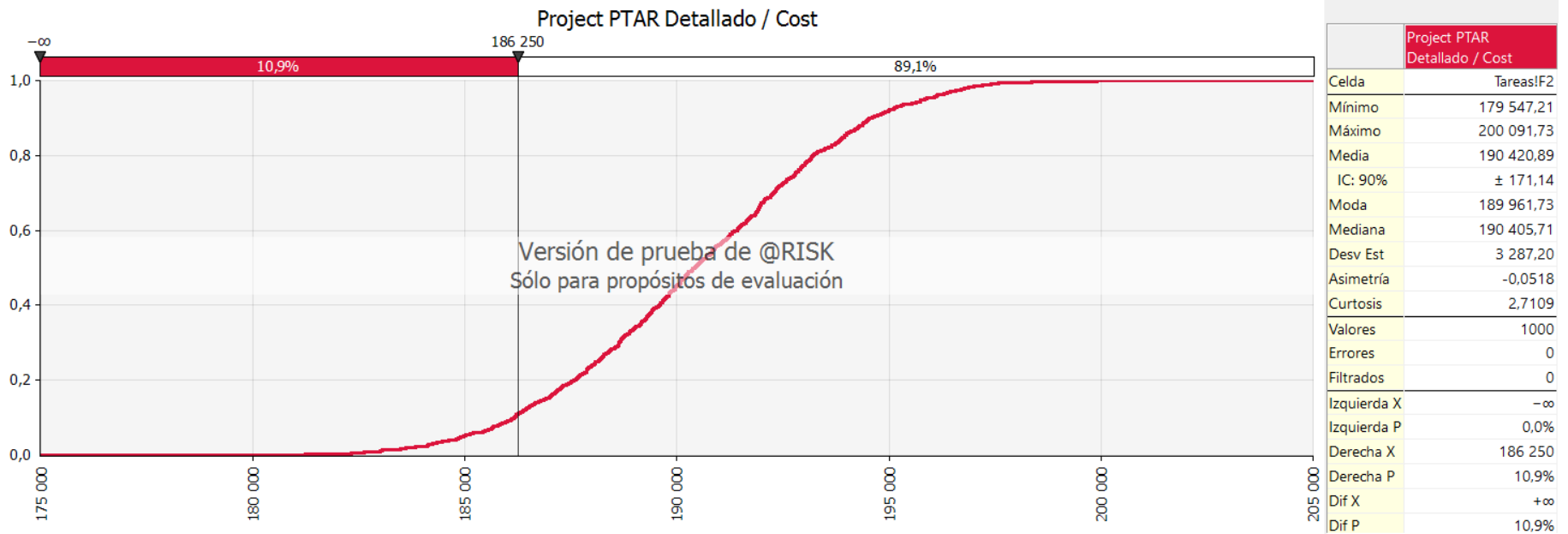
Como se ha expuesto en este estudio, la aplicación de modelos de sensibilidad tipo Montecarlo para cuantificar el riesgo por medio de probabilidad de ocurrencia permite a los gestores de proyectos tomar decisiones durante su planificación y ejecución. Por lo tanto, tal y como lo explica la Guía PMBOK® (5ª ed.):

En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (mediante iteración) utilizando valores de entrada (p.ej., estimaciones de costos o duraciones de las actividades) seleccionados al azar para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para estas variables. A partir de las iteraciones se calcula un histograma (p.ej., costo total o fecha de finalización). Para un análisis de riesgos de costos, una simulación emplea estimaciones de costos. Para un análisis de los riesgos relativos al cronograma, se emplean el diagrama de red del cronograma y las estimaciones de la duración. (Project Management Institute, 2013)

Por lo tanto, utilizando el @Risk ® vamos a representar gráficamente una consolidación de los costos de una PTAR con un costo aproximado de USD\$200.000.

En esta figura se representa cómo la probabilidad se correlaciona con la tendencia de los costos totales del proyecto, como se ejemplifica a continuación:





**Figura N° 32: Diagrama acumulativo de costos totales de una PTAR**

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

## **6.6 Planificación de la respuesta a los riesgos de una PTAR**

En esta sección, vamos a desarrollar los planes de respuesta a los riesgos previamente registrados en el modelo de gestión para una PTAR, a fin de determinar si son negativos o positivos, aplicando la estrategia que se determinará con cada uno de ellos.

Tal y como lo dice la Guía PMBOK® sobre los riesgos negativos:

Las tres estrategias que normalmente abordan las amenazas o los riesgos que pueden tener impactos negativos sobre los objetivos del proyecto en caso de materializarse, son: evitar, transferir y mitigar. La cuarta estrategia, aceptar, puede utilizarse para riesgos negativos o amenazas, así como para riesgos positivos u oportunidades. (Project Management Institute, 2013)

También la Guía PMBOK® explica en detalle los riesgos positivos de la siguiente manera:

Tres de las cuatro respuestas se sugieren para tratar riesgos con impactos potencialmente positivos sobre los objetivos del proyecto. La cuarta estrategia, aceptar, puede utilizarse para riesgos negativos o amenazas, así como para riesgos positivos u oportunidades. Las estrategias descritas a continuación, son explotar, compartir, mejorar o aceptar. (Project Management Institute, 2013)

### **6.6.1 Matriz de probabilidad e impacto con estrategias de riesgos**

En esta sección vamos a presentar la matriz de probabilidad e impacto con estrategias de riesgos ya aplicadas, según los resultados expuestos en el análisis cualitativo y cuantitativo de esta misma investigación. La matriz se presenta en detalle de la siguiente manera:

**Tabla N° 15: Matriz de probabilidad e impacto con estrategias de riesgo**

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO			ESTRATEGIA DE RIESGO		CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO		RIESGOS	
ID	NIVEL	DESCRIPCIÓN DE RIESGO	Tipo de Riesgo	AMENAZA/OPORTUNIDAD	PROBABILIDAD	IMPACTO	VALOR DEL RIESGO	ESTRATEGIA DE RIESGO
1	Alto	Suelo no apto para ejecución del proyecto.	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir
2	Alto	Mal manejo en el tema de importaciones, atrasos en la entrega.	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir
3	Medio	Mal manejo en las planillas.	Negativo	Amenaza	0,20	0,10	0,02	Mitigar
4	Alto	Personas no capacitadas.	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir
5	Alto	Personas con actitudes conflictivas.	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir
6	Muy Alto	Personas con vicios o consumo de drogas.	Negativo	Amenaza	0,80	0,72	0,58	Evitar

7	Alto	Mala o reducida calidad.	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir
8	Alto	No contar con los permisos de funcionamiento o municipales para operar	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir
9	Alto	Mal manejo de infraestructura en el proyecto	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir
10	Alto	Mal uso de los materiales del proyecto	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir

11	Muy Alto	No contar con los permisos del ministerio de salud	Negativo	Amenaza	0,80	0,72	0,58	Evitar
12	Alto	Pago o atraso en pólizas y seguros de vida	Negativo	Amenaza	0,40	0,28	0,11	Transferir
13	Alto	Buen uso de los materiales en las obras	Positivo	Oportunidad	0,40	0,36	0,14	Compartir
14	Alto	Cuidar el medio ambiente	Positivo	Oportunidad	0,40	0,36	0,14	Compartir
15	Medio	Reuso del agua para riego	Positivo	Oportunidad	0,20	0,10	0,02	Aceptar

16	Bajo	Certificaciones ambientales	Positivo	Oportunidad	0,10	0,03	0,00	Aceptar
----	------	-----------------------------	----------	-------------	------	------	------	---------

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

Con base en los planes de respuesta y la aplicación de las estrategias de riesgos, se actualiza el plan de la dirección del proyecto como tal; lo que constituye, según la Guía PMBOK®, actualizar los elementos que lo impactan durante su ciclo de vida. Estos elementos se constituyen en planes propiamente, lo cual se enlista de la siguiente manera:

- Plan de gestión del cronograma.
- Plan de gestión de los costos.
- Plan de gestión de la calidad.
- Plan de gestión de las adquisiciones.
- Plan de gestión de los recursos humanos.
- Actualización de línea base de alcance.
- Actualización de línea base del cronograma o tiempo.
- Actualización de línea base de costos.

## **6.7 Control de los riesgos de una PTAR**

En la parte de control de riesgos, hay que implementar los planes de respuestas, dar seguimiento a aquellos identificados, monitorearlos durante el ciclo de vida del proyecto y, al mismo tiempo, identificar posibles oportunidades o amenazas que puedan surgir convirtiéndose en nuevos riesgos.

Durante el control, la idea es monitorear lo previamente establecido durante el modelo de gestión de riesgos, en este caso, para una planta de tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, nos vamos a enfocar en dos puntos fundamentales de control, solo como puntos de partidas durante este modelo de gestión de riesgos y, propiamente, en su fase de control.

### **6.7.1 Reevaluación de los riesgos**

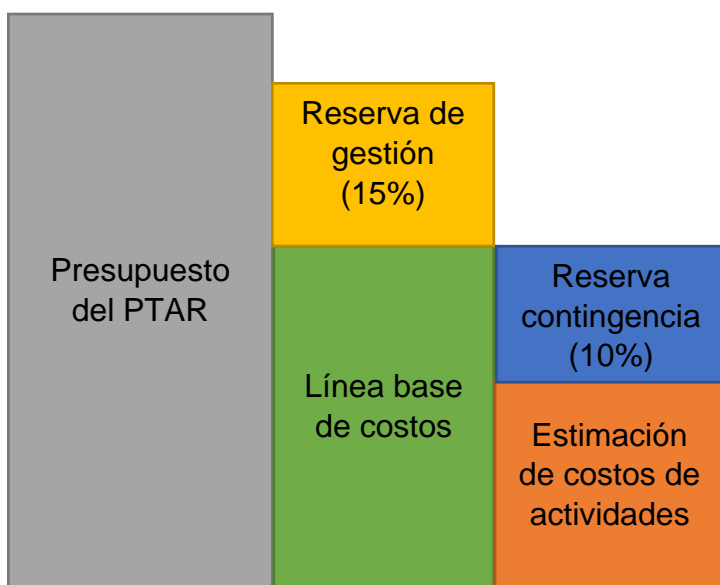
Este es el proceso de reevaluar los riesgos durante el control y monitoreo del proyecto. Es de suma importancia, ya que en un proyecto tan complejo como una PTAR, la reevaluación de los riesgos permite determinar cómo detectar otros posibles.

Estos tienen que estar sujetos a los objetivos del proyecto y a las líneas base, tales como: costo, tiempo y alcance. Es de suma importancia la reevaluación de los riesgos vistos y, de ser necesario, agregar nuevos, ya sean negativos o positivos, dentro de nuestro modelo de gestión de riesgos.

## 6.7.2 Análisis de reservas

Como bien se puede afirmar dentro del marco de esta investigación, a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, en este caso de una PTAR se pueden materializar algunos riesgos ya sean con impactos positivos o negativos. Por lo tanto, la gestión de las reservas de contingencia del presupuesto que están por encima de la línea base de costo o bien los costos del cronograma que es la línea base de costo del proyecto permiten que estos riesgos determinen la cantidad de reserva necesaria para gestionarlos de manera efectiva. Por esta misma razón, el análisis de reservas se vuelve de suma importancia dentro de un modelo de gestión de riesgos ya que los mismos determinan los niveles de impacto de las reservas del proyecto.

Después del análisis cualitativo y cuantitativo a nivel de riesgos sobre este modelo de gestión de riesgos basado en la Guía PMBOK® (Quinta Edición) se ha determinado que los análisis de reservas a nivel porcentuales de una PTAR sugeridos deben ser los siguientes según la siguiente figura:



**Figura N° 33: Análisis de reservas de una PTAR**

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.



## Bibliografía citada y consultada

### Bibliografía citada:

- Álvarez Rey, L., Aróstegui Sánchez, J., García Sebastián, M., Gatell Arimont, C., Palafox Gamir, J. & Risques Corbella, M. (2013). *Las raíces históricas de España*. España: Vicens Vives, p. 36.
- Barrantes, A. (08 de febrero de 2014). *Costa Rica invertirá \$750.000 millones para tratar las aguas negras y sanear ríos*. Obtenido de <http://www.nacion.com>: <http://www.nacion.com/nacional/servicios-publicos/Pais-invertira-millones>
- Baker, S., & Baker, K. (1999). *Administre sus Proyectos*. México: Prentice Hall.
- Castillo, L. (01 de mayo de 2005). *Tema 5.- Análisis documental*. Obtenido de <http://www.uv.es>: <http://www.uv.es/macass/T5.pdf>
- Concepto.de. (5 de agosto de 2017). *¿Qué es entrevista?* Obtenido de *¿Qué es Entrevista?*: <http://concepto.de/que-es-entrevista/>
- Conozca Costa Rica. (s.f.). *Geografía - Ubicación*. Obtenido de <http://www.conozcacosstarica.com>: <http://www.conozcacosstarica.com/costarica-travel-information/geography.htm>
- ELAI. (16 de julio de 2016). *Tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <http://www.elai.upm.es/>: [www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/AutomatizacionMaster/.../TAR.doc](http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/AutomatizacionMaster/.../TAR.doc)
- Explorable.com. (5 de agosto de 2017). *Explorable*. Obtenido de *Muestreo no probabilístico*: <https://explorable.com/es/muestreo-no-probabilistico>
- Fórmula Proyectos Urbanos PMIPE. (20 de julio de 2017). *Ciclo de vida del proyecto y la organización: La Guía del PMBOK® Capítulo 2 / Sesión 7º 19-03-2 012 / Primera parte*. Obtenido de [formulaproyectosurbanospmipe](http://formulaproyectosurbanospmipe.com): <https://formulaproyectosurbanospmipe.wordpress.com/2012/03/27/ciclo-de-vida-del-proyecto-y-la-organizacion-la-guia-del-pmbok-capitulo-2-sesion-7-19-03-2-012-primera-parte/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista, & Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández S. et al. (2003). Op., cit., p. 184.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (15 de agosto de 2011). <http://www.iica.int/es>. Obtenido de <http://www.iica.int/es>: <http://www.iica.int/es>
- Kerlinger, F. (2002). *Enfoque conceptual de la Investigación del comportamiento*.

p.83.

negras-sanear\_0\_1395460493.html

Lara, F. (11 de agosto de 2015). *120.000 personas estrenan megaplanta de aguas negras*. Obtenido de <http://www.nacion.com>:

[http://www.nacion.com/nacional/servicios-publicos/personas-estrenan-megaplanta-aguas-negras\\_0\\_1505249490.html](http://www.nacion.com/nacional/servicios-publicos/personas-estrenan-megaplanta-aguas-negras_0_1505249490.html)

Mimenza, O. C. (22 de julio de 2017). *Psicología y Mente*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiaymente.net/miscelanea/tipos-de-investigacion#!>

Otero, J. (2004). *Reflexiones en torno a la definición de proyecto*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412004000200005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412004000200005)

PMI. (20 de julio de 2017). *México*. Obtenido de PMI Capítulo Mexico:

<http://www.pmichapters-mexico.org/inicio/ampliacion-informacion?es,0,PAG;CONC;75;7;D;677439280;3>

Presidencia de la República de Costa Rica. (07 de marzo de 2017).

<http://presidencia.go.cr/>. Obtenido de <http://presidencia.go.cr/>:

<http://presidencia.go.cr/comunicados/2017/03/costa-rica-establece-por-primera-vez-politica-nacional-de-saneamiento-de-aguas-residuales-con-inversiones-por-520-millones/>

Project Management Institute. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)*. USA: Quinta edición. Global Standard.

Proyectum. (20 de julio de 2017). *5 grupos de procesos y 9 áreas de conocimiento*

+ 1. Obtenido de <http://www.proyectum.la>:

<http://www.proyectum.la/2015/02/11/5-grupos-de-proceso-y-9-areas-de-conocimiento-1/>

Riebeling, C. (2009). *Investigación Project Management Institute. Facultad de Contaduría y Administración*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Riebeling, C. (2009). *Investigación: Project Management Institute*. México DC (México).

Soto, M. (20 de noviembre de 2013). *Solo 4% de las aguas residuales generadas en Costa Rica es tratado antes de ir a los ríos*. Obtenido de

<http://www.nacion.com>: [http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Solo-aguas-residuales-tratado-rios\\_0\\_1379462044.html](http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Solo-aguas-residuales-tratado-rios_0_1379462044.html)

Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. México: Llmusa.

Universon, E. (9 de febrero de 2014). *Tratamiento de aguas residuales continúa siendo un reto para Costa Rica*. Obtenido de El Universo:  
<http://www.eluniverso.com/noticias/2014/02/09/nota/2164676/tratamiento-aguas-residuales-continua-siendo-reto-costa-rica>

**Bibliografía consultada:**

Project Management Institute (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)* (5ª ed.). EE. UU.: Global Standard.

## **Glosario**

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas (materia orgánica e inorgánica) por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida

### **Aguas residuales**

Aguas resultantes de actividades industriales que se vierten como efluentes

### **Ambiente**

Aguas resultantes de actividades industriales que se vierten como efluentes.

### **Antropogénico**

Material o contaminante que resulta de la actividad humana. Los contaminantes antropogénicos son el resultado de vertidos o derrames, más que sucesos naturales tales como el fuego en los bosques

### **Aguas brutas**

Entrada antes de cualquier tratamiento o uso.

### **Aguas grises**

Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.

### **Aguas hipoxánicas**

Aguas con una concentración de oxígeno disuelto menor que 2mg/L, el nivel generalmente aceptado como mínimo requerido para la vida y la reproducción de

organismos acuáticos.

### **Aguas negras**

Aguas que contienen los residuos de seres humanos, de animales o de alimentos.

### **Planta de tratamiento de agua potable**

Estación de tratamiento de agua potable formada por un proceso fisicoquímico de decantación y filtración con el objetivo de eliminar sólidos, preoxidación de componentes orgánicos y metales pesados, y una desinfección final para adecuar el agua a las características adecuadas para su consumo.

### **Planta de tratamiento de agua residual**

Estación depuradora de agua residual o (EDAR) para adecuación de un vertido de agua residual bien urbana o industrial dentro de los parámetros fisicoquímicos y biológicos que establece la normativa aplicable. Como norma general se compone de un tratamiento primario de separación fisicoquímica, un tratamiento secundario de depuración biológica y finalmente, un tratamiento terciario de desinfección y adecuación del agua.

### **Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes (Asada):**

Organización legalmente constituida, para la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado sanitario e hidrantes; y que cuenta con convenio de delegación por parte del AyA.

### **Asociación**

Es una organización de personas físicas o jurídicas de orden civil amparados en la Ley de Asociaciones N° 218.

### **Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, Autoridad Reguladora (ARESEP):**

Institución autónoma creada por la Ley No 7593, encargada de fijar tarifas, emitir y velar por el cumplimiento de las normas de calidad, cantidad, confiabilidad,

continuidad, oportunidad y prestación óptima de los servicios públicos.

## **AyA**

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

### **Densidad de energía**

Relación de la potencia instalada de un aerador y el volumen, en un tanque de aeración, laguna aerada o digestor aerobio.

### **Depuración de aguas residuales**

Mediante diferentes procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos, busca la purificación o remoción de sustancias en aguas con el fin de mejorar las características de la misma en base ciertos parámetros normalizados.

### **Derrame accidental**

Descarga directa o indirecta no planificada de un líquido que contiene sustancias indeseables que causan efectos adversos en la calidad del cuerpo receptor. Esta descarga puede ser resultado de un accidente, efecto natural u operación inapropiada.

### **Desarenadores**

Los desarenadores son estructuras hidráulicas que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño, por sedimentación.

### **Descarga controlada**

Regulación de la descarga del agua residual cruda para eliminar las variaciones extremas de caudal y calidad.

### **Desecho ácido**

Descarga que contiene una apreciable cantidad de ácidos y pH bajo

### **Desecho peligroso**

Desecho que tiene una o más de las siguientes características corrosivo, reactivo,

explosivo, tóxico, inflamable o infeccioso.

### **Desecho industrial**

Desecho originado en la manufactura de un producto específico

### **Deshidratación de lodos**

Proceso de remoción del agua contenida en los lodos. El líquido de los lodos tiene que drenarse consiguiendo un lodo seco y poroso

### **Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR):**

Infraestructura en la que se dispone del conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos cuya finalidad es mejorar la calidad de agua residual.

### **Planta potabilizadora**

Instalación o edificación que está compuesta por un conjunto de procesos para transformar el agua cruda (sin tratamiento) en agua potable (con tratamiento), y garantizar que el agua sea apta para el consumo humano, de acuerdo con la normativa establecida.

### **Bacteria coliforme**

Bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

### **Bacteria facultativa**

Bacteria que puede vivir bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas.

### **Flujo**

La *ratio* del caudal de un recurso, expresado en volumen por unidad de tiempo.

### **Flujo entrante**

Una corriente de agua que entra en cualquier sistema o unidad de tratamiento.

### **Flujo laminar**

Flujo en el cual las rápidas fluctuaciones están ausentes.

### **Flujo turbulento**

Flujo que contiene posibles fluctuaciones rápidas

### **Tratamiento primario**

Es el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico y/o químico que incluye la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas residuales se reduzca por lo menos en un 20% antes del vertido y el total de sólidos en suspensión se reduzca por lo menos en un 50%.

### **Tratamiento secundario**

Es el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluye un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso en el que se cumplen los requisitos siguientes:

- Reducción mínima en DBO5: 70% - 90%, o bien que la concentración en DBO5 a la salida del tratamiento sea de 25mg/l O<sub>2</sub>.
- Reducción mínima en DQO: 75%, o bien que la concentración en DQO a la salida del tratamiento sea de 125mg/l O<sub>2</sub>.
- Reducción mínima en MES (materia en suspensión): 90%, o bien que la concentración en MES a la salida del tratamiento sea de 35mg/l O<sub>2</sub>.

### **Tratamiento terciario**

Son los procesos adicionales de tratamiento que permiten una mayor purificación de la que se obtiene con la aplicación de los tratamientos primario y secundario. A menudo se puede integrar este tratamiento en el secundario dependiendo del tipo de eliminación que se quiera conseguir. Tipos de terciarios: eliminación de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo), lagunas de clarificación, desinfección (mediante UV, ozono, cloro u otro tratamiento equivalente), filtración, etc.



## **Ósmosis**

Proceso mediante el cual un disolvente pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada, a través de una membrana semipermeable.

## **Ósmosis inversa**

Proceso de separación consistente en aplicar a una disolución una presión suficiente para lograr el paso de un disolvente purificado, generalmente agua, a través de una membrana semipermeable.

## **Oxidación biológica**

Proceso en el que se descompone la materia orgánica mediante la aportación de oxígeno y a la actividad de los microorganismos.

## **MINAE**

Ministerio de Ambiente y Energía

## **Sedimentador**

Estructura que permite un proceso físico químico de clarificación del agua. En el caso de plantas potabilizadoras esto se logra mediante la sedimentación de las partículas en suspensión en forma de flóculo al adicionar el coagulante. En el caso de plantas de tratamiento de aguas residuales se logra la separación de los sólidos sedimentables con la opción de la adición de químicos en caso de que sea requerido. Sedimento: Capa de lodo o flóculos depositada en el proceso de sedimentación

## **Lodo activado**

Proceso biológico dependiente del oxígeno que sirve para convertir la materia orgánica soluble en biomasa sólida, que es eliminada por gravedad o filtración.

## **Lodos**

Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas.

### **Lodos municipales**

Residuos semilíquidos que sobran del tratamiento de las aguas municipales y aguas residuales.

### **Lodos residuales**

Lodos producidos por un sistema de alcantarillado público.

### **PH**

El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

### **Uso del suelo**

Distintos usos de la tierra en zonificaciones, las cuales deben ser determinadas mediante planes reguladores elaborados por los gobiernos locales.

## **Anexos**

**Anexo # 1: Lista de riesgos detallado (perfil de riesgo).**

**Tabla N° 16: Lista de riesgos detallados en una PTAR (perfil de riesgo)**

Riesgo ID	Descripción del riesgo	Amenaza/oportunidad	Probabilidad	Apetito al riesgo	Tolerancia al riesgo	Umbral del riesgo	Impacto		Score	Respuesta
							Alcance	Calidad	Horario	Costo
1	Suelo no apto para ejecución del proyecto.	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
2	Mal manejo de importaciones, atrasos en la entrega.	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por debajo	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
3	Mal manejo en las planillas.	Amenaza	0,20	Medio	Medio	Por debajo	Medio	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
4	Personas no capacitadas.	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
5	Personas con actitudes conflictivas.	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en tiempo y en dólares
6	Personas con vicios o consumo de drogas.	Amenaza	0,80	Alto	Alto	Por encima	Muy Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en tiempo y en dólares

7	Mala o reducida calidad.	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
8	No contar con los permisos de funcionamiento o municipales para operar	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
9	Mal manejo de infraestructura en el proyecto	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
10	Mal uso de los materiales del proyecto	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
11	No contar con los permisos del ministerio de salud	Amenaza	0,80	Alto	Alto	Por encima	Muy Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
12	Pago o atraso en pólizas y seguros de vida	Amenaza	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
13	Buen uso de los materiales en las obras	Oportunidad	0,40	Alto	Alto	Por encima	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
14	Cuidar el medio ambiente	Oportunidad	0,40	Alto	Alto	Por debajo	Alto	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares

15	Reuso del agua para riego	Oportunidad	<b>0,20</b>	Medio	Medio	Por debajo	Medio	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares
16	Certificaciones ambientales	Oportunidad	<b>0,10</b>	Bajo	Bajo	Por debajo	Bajo	Bajo cumplimiento de requerimientos	A tiempo	Costo en dólares

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

Anexo # 2: Matriz de involucrados

Tabla N° 17: Matriz de Involucrados en una PTAR

Involucrado	Intereses	Interés en proyecto	Problemas percibidos	Recursos	Tipo de involucrado	Mandatos	Influencia	Poder	Conflicto	Categoría
<i>Nombre del involucrado</i>	<i>Los intereses del involucrado</i>	<i>Posición de interés del involucrado en el proyecto</i>	<i>Los problemas percibidos relacionados con el involucrado</i>	<i>Recursos relacionados con el involucrado</i>	<i>Interno/Externo</i>	<i>Alto/Bajo</i>	<i>Alto/Bajo</i>	<i>Alto/Bajo</i>	<i>Posibles conflictos</i>	<i>Según la matriz de influencia o la posición del involucrado</i>
<b>Acueductos y Alcantarillados (AyA)</b>	Saneamiento de aguas	Expansión de servicios	Contaminación de los ríos	Presupuesto Infraestructura Apoyo técnico	Externo	Alto	Alto	Alto	Desestimación del proyecto por lucha interna de poderes	Gestionar atentamente
<b>Institución financiera, desarrolladora urbanística</b>	Mejorar su imagen, con el uso de una PTAR en sus proyectos	Obtener réditos a través del préstamo	Apoyo económico para obras de impacto país	Dinero	Externo	Medio	Medio	Alto	No girar fondos, por incumplimiento  Baja importancia hacia los proyectos locales, o en caso	Mantener informado

									de ser una institución internacional a C. R	
<b>Banco de desarrollo, institución de cooperación</b>	Dar atención a los objetivos de desarrollo sostenible	Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos	Escases de agua limpia y saneamiento	Dinero	Externo	Medio	Bajo	Bajo	Cierre de vías, por manifestaciones.	Mantener informado
<b>Vecinos del sitio: comunidades o residenciales.</b>	Recibir beneficios provenientes del proyecto	Posibles fuentes de empleo	Contaminación de su entorno como comunidad	Tierra	Externo	Medio	Medio	Medio	Desacuerdos con la comunidad impactada.	Mantener informado
<b>Vecinos de la GAM</b>	Tratamiento de aguas residuales	Recolección de aguas negras	Focos de contaminación en su comunidad	Mano de obra	Externo	Bajo	Bajo	Bajo	Desacuerdos con la comunidad impactada.	Mantener informado



<b>Ministerio de Salud</b>	Eliminación de enfermedades provenientes de aguas contaminadas	Mejora en la calidad del agua	Enfermedades a causa de la contaminación de ríos	Apoyo técnico, vigilancia y seguimiento de los controles del proyecto	Externo	Alto	Alto	Alto	Intereses políticos y cierre del proyecto	Gestionar atentamente
<b>SENARA (Servicio Nacional de Aguas)</b>	Cumplir con los objetivos para lo cual fue creado	Cumplir su rol estratégico en el tema de recurso hídrico	Escases de controles de tratamiento de aguas	Velar por el cumplimiento del proyecto y el correcto manejo de purificación de aguas.	Externo	Alto	Alto	Alto	Intereses políticos y cierre del proyecto	Gestionar atentamente
<b>ICE</b>	Cumplir con el objetivo de suministrar el fluido eléctrico, (venta de energía)	Venta de energía	Mal diseño eléctrico	Fluido Eléctrico	Externo	Medio	Medio	Alto	No suministrar fluido eléctrico	Mantener informado
<b>CCSS</b>	Cumplir con los objetivos para lo cual fue creado, (seguridad social)	Velar por el cumplimiento de la seguridad mediante el pago correcto de cuotas	Declaraciones incorrectas, personas no declaradas	Velar por los intereses de todos los trabajadores que participen en el proyecto, que se cumplan sus derechos y	Externo	Medio	Medio	Alto	Cierre del proyecto por no contar con visto bueno para operar por parte de la	Mantener informado

		obrero patronal		deberes como personas activas de la CCSS					seguridad social, además por incumplimiento en cuotas obrero-patronales	
<b>Ministerio de Trabajo</b>	Cumplir con los objetivos para lo cual fue creado, (seguridad laboral)	Velar por el cumplimiento que dicta el ministerio, que será el pago y trato justo a todos los y las colaboradores del proyecto	Incumplimiento en pagos, pagos no acordados con salarios mínimos	Velar por los intereses de todos los trabajadores que participen en el proyecto, que se respeten todas las normas del ministerio	Externo	Medio	Medio	Alto	Cierre del proyecto por mal manejo en pagos de trabajadores, procesos administrativos o judiciales	Mantener informado
<b>INS</b>	Cumplir con los objetivos para lo cual fue creado, (seguridad laboral, velar por atención a	Velar que el pago en las pólizas por parte de la empresa ejecutora sea el correcto, así como	Mal manejo en la descripción de labores, horarios, y valor de la hora del trabajador	Apoyo técnico	Externo	Medio	Medio	Alto	Multas por mal manejo de planillas, declaraciones erróneas.	Mantener informado

	pacientes de accidentes laborarles)	el monto de las pólizas								
<b>Clientes potenciales</b>	Los interesados en construir una PTAR ya sea en sus empresas o bien en sus casas, residenciales o comunidades.	Recolección de aguas negras	Escases de agua limpia y saneamiento	Infraestructura a Dinero	Externo	Alto	Alto	Alto	No cumplir en el presupuesto, en los tiempos o con las expectativas iniciales.	Gestionar atentamente
<b>Ingenieros (civiles, electromecánicos)</b>	Cumplir con los requerimientos técnicos del proyecto	Cumplir que los requisitos técnicos de una PTAR se cumplan para la planificación y ejecución del proyecto.	Falta de conocimiento o mala prácticas.	Apoyo técnico y logístico.	Interno	Alto	Alto	Alto	Problemas de juicio, valores, o requerimientos.	Gestionar atentamente

<b>Gerente de proyectos</b>	Cumplir con los objetivos del proyecto para que este cumpla en alcance, costo, tiempo y calidad.	Gestionar la administración de proyectos de una PTAR.	Falta de conocimiento o mala planificación o ejecución por parte del gerente de proyectos.	Apoyo logístico y administrativo.	Interno	Alto	Alto	Alto	Problemas de comunicación con los involucrados.	Gestionar atentamente
-----------------------------	--	---	--	-----------------------------------	---------	------	------	------	---	-----------------------

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

**Anexo # 3: Registro de riesgos detallado**

**Tabla N° 18: Registro e identificación de riesgos detallado para una PTAR**

ID	Amenaza/oportunidad	Descripción del riesgo	Causa raíz	Involucrados	Nivel de probabilidad	Responsable	Plan de respuesta
1	Amenaza	Suelo no apto para ejecución del proyecto.	Estudio de suelo.	Empresa de estudios geotécnicos, o Ingenieros Civiles.	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Se debe analizar un posible cambio de lugar. El cambio de suelo será analizado tanto en costo como en tiempo, para determinar si se continúa o no con el proyecto.
2	Amenaza	Mal manejo en el tema de importaciones, atrasos en la entrega.	Venta y colocación de sus productos.	Proveedores equipo eléctrico y mecánico.	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Seguimiento continuo vía correos electrónicos, sobre la fabricación, envío e importación de los equipos por utilizar con las fábricas y casa matriz de los productos.

3	Amenaza	Mal manejo en las planillas.	Tener ingresos por su participación laboral.	CCSS. Ministerio de Trabajo. Mano de obra (operarios-albañiles-eléctricos-fontaneros).	Medio	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Uso correcto de programas para el manejo adecuado de planillas, dispositivos electrónicos para marcar horas de entrada y salida de los trabajadores.
4	Amenaza	Personas no capacitadas.	Tener ingresos por su participación laboral.	Mano de obra (operarios-albañiles-eléctricos-fontaneros).	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Uso correcto al reclutar personal mediante pruebas prácticas laborales, al igual que verificar sus experiencias laborales anteriores.
5	Amenaza	Personas con actitudes conflictivas.	Manejo de personal.	Mano de obra (operarios-albañiles-eléctricos-fontaneros).	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Verificación de motivos de salida en otras empresas.
6	Amenaza	Personas con vicios o consumo de drogas.	Manejo de personal.	Mano de obra (operarios-albañiles-eléctricos-fontaneros).	Muy Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Análisis toxicológico antes y durante la ejecución de la obra.

7	Amenaza	Mala o reducida calidad.	Venta y colocación de sus productos.	Proveedores de materiales.	Alto	Gerente de PROYECTOS/INGENIERO RESPONSABLE DEL PROYECTO.	Control estricto tanto en certificaciones del producto, como en pruebas de laboratorio cuando sean necesarias; pruebas de resistencia mecánica, por ejemplo. También se debe usar personal capacitado para vigilar el estado actual de materiales, si son aptos para su uso, así como su vigencia.
8	Amenaza	No contar con los permisos de funcionamiento o municipales para operar	Permisos potables de funcionamiento Permisos municipales	AyA Municipalidad de la localidad	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Solicitar los permisos con anticipación y estructurar la documentación, tomando en cuenta el tiempo de aprobación que llevan estos

							dentro de la entidad gubernamental.
9	Amenaza	Mal manejo de infraestructura en el proyecto	Infraestructura	Ingenieros gerente de proyectos proveedores	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Manejo adecuado de los materiales o productos utilizados en una PTAR, maximizando la utilización de estos recursos para evitar un mal manejo durante la ejecución del proyecto.
10	Amenaza	Mal uso de los materiales del proyecto	Venta y colocación de sus productos.	Ingenieros gerente de proyectos proveedores	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Manejo adecuado de los materiales o productos utilizados en una PTAR maximizando la utilización de estos recursos, para evitar un mal manejo durante la ejecución del proyecto.



11	Amenaza	No contar con los permisos del ministerio de salud	“Permitología”	Ministerio de Salud	Muy Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Solicitar los permisos con anticipación y estructurar la documentación, tomando en cuenta el tiempo de aprobación que llevan estos dentro de la entidad gubernamental.
12	Amenaza	Pago o atraso en pólizas y seguros de vida	Pólizas o seguro de vida/laboral	INS	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Tener identificados los tiempos y montos para los pagos de las pólizas y seguros de vida o de seguridad laboral, para que estos estén al día y no incurrir en atrasos, multas o un cese del proyecto.
13	Oportunidad	Buen uso de los materiales en las obras	Venta y colocación de sus productos.	Ingenieros, mano de obra, gerente de proyectos, proveedores	alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Maximizar los recursos, ojalá, ahorrando durante la ejecución del proyecto. Esto

							ayudará a ahorrar en costos y tiempo.
14	Oportunidad	Cuidar el medio ambiente	Ambiental	Ingenieros. Mano de obra. Gerente de proyectos. Proveedores.	Alto	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	El cuidado del medio ambiente mediante la implementación oportuna de una PTAR evitará contaminación de las aguas, generará ahorro hídrico y, desde luego, mejora en la salud.
15	Oportunidad	Reusó del agua para riego	Ambiental	AyA. SENARA. Ingenieros. Mano de obra. Gerente de proyectos. Proveedores.	Medio	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	El reuso del agua procesada por una PTAR para riego es exactamente lo que busca este tipo de proyectos, en términos de desarrollo sostenible, ya que maximiza el recurso

							hídrico, ahorra y, a su misma vez, cuida el ambiente.
16	Oportunidad	Certificaciones ambientales	Ambiental	Empresas. Ingenieros. Mano de obra. Gerente de proyectos. Proveedores.	Bajo	Gerente de proyectos/ingeniero responsable del proyecto.	Las certificaciones ambientales, tales como Bandera Azul u otras a nivel ambiental, se pueden obtener por parte de las empresas, al procesar estas mismas sus aguas negras o residuales por medio de una PTAR.

Fuente: Elaboración propia para esta investigación, 2017.

## **Anexo # 4: Cuestionario de riesgos para expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales**



### **Cuestionario de riesgos para expertos en plantas de tratamiento de aguas residuales**

Se está realizando una memoria anual denominada “**IMPLEMENTAR UN MODELO DE RIESGO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO ELECTROMECAÁNICA EN CUALQUIER PARTE DE COSTA RICA, EN EL TERCER TRIMESTRE DEL 2017, SEGÚN LAS MEJORES PRÁCTICAS Y ESTÁNDARES EXPUESTOS EN EL CAPÍTULO DE RIESGOS DE LA GUÍA PMBOK® DEL PMI**”, como requisito de graduación. Para tal efecto, se le solicita su ayuda para responder las siguientes preguntas de forma confidencial. De antemano, ¡muchas gracias por su colaboración!

#### **Evaluación de riesgos sobre implementación de un modelo de gestión de riesgos para una planta de tratamiento de aguas residuales**

Link de la encuesta en Survey Monkey: <https://es.surveymonkey.com/r/Y8MYKD2>

1. Tomando en cuenta una escala de impacto de riesgos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), ¿cómo definiría el siguiente riesgo: “suelo no apto para ejecución de proyecto”, sabiendo que es parte del estudio de suelo que hacen las empresas de estudios geotécnicos o ingenieros civiles?

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

2. Tomando en cuenta una escala de impacto de riesgos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), ¿cómo definiría el siguiente riesgo: “mal manejo en el tema de importaciones habiendo atrasos en las entregas de materiales”, sabiendo de antemano que la venta y colocación de producto en el proyecto requiere de un proveedor de equipo eléctrico y mecánico?

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

3. Tomando en cuenta una escala de impacto de riesgos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), ¿cómo definiría el siguiente riesgo: “mal manejo en las planillas del personal del proyecto en este caso una planta de tratamiento de aguas residuales”, sabiendo de antemano que se necesita tener los ingresos suficientes para la participación laboral y asegurar la mano de obra requerida, tales como: operarios, albañiles, eléctricos, fontaneros?

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

4. Tomando en cuenta una escala de impacto de riesgos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), ¿cómo definiría el siguiente riesgo: “personal mal o poco capacitado”, sabiendo de antemano que se necesita tener los conocimientos

necesarios para que la mano de obra pueda realizar un trabajo adecuado en el proyecto?

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

5. Tomando en cuenta una escala de impacto de riesgos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), ¿cómo definiría el siguiente riesgo: “personas con actitudes conflictivas”, sabiendo de antemano que evitar personal conflictivo es importante para que el proyecto cumpla con sus entregables?

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

6. Tomando en cuenta una escala de impacto de riesgos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), ¿cómo definiría el siguiente riesgo: “personas con vicios o problemas de consumo de drogas”, lo cual puede impactar en el rendimiento de sus labores?

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

7. Tomando en cuenta una escala de impacto de riesgos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), ¿cómo definiría el siguiente riesgo: “proveedores de mala o reducida calidad”, sabiendo de antemano que la venta y colocación de producto en el proyecto requiere de un proveedor de equipo eléctrico y mecánico?

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

8. ¿Qué otros riesgos internos/externos considera usted importantes de considerar en la implementación y ejecución de un proyecto como una planta de tratamiento de aguas residuales?

---

---

---

---

9. ¿Qué tipo de oportunidades o riesgos positivos tiene un proyecto como una planta de tratamiento de aguas residuales? Comente.

---

---

---

---