

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**Aplicación de la simulación Monte Carlo para el control de ampliaciones de plazo y adicionales en obras públicas con base en un análisis de las obras ejecutadas en el distrito de San Isidro, periodo 2012-2017**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Avila Chumpisuca, Jorge Eduardo

**ASESOR**

Mag. Ing. Bravo Salomon, Luis Humberto

Lima, Agosto del 2019

## RESUMEN

La presente tesis tiene como finalidad la investigación del estado actual de las obras públicas ejecutadas por la municipalidad de San Isidro, enfocándose principalmente en el cumplimiento de los objetivos en términos de tiempo y costo, e identificar los riesgos asociados a las ampliaciones de plazo y adicionales, para posteriormente desarrollar una metodología mediante la aplicación de la simulación Monte Carlo, que se efectuará en cuatro obras ejecutadas por otra municipalidad, la de Miraflores. Esto es motivado por la existencia, en la actualidad, de obras públicas que no son planificadas correctamente, ya que se evidencian proyectos que no se completan dentro del plazo de ejecución establecido, así como también no cumplen con el presupuesto contractual. Así mismo, se aplicará la simulación Monte Carlo en obras públicas para analizar la probabilidad de éxito del proyecto y para reducir el impacto que los riesgos puedan tener en el plazo de ejecución y presupuesto contractual. En primera instancia, estos problemas conllevan a que el contratista a cargo de la ejecución de la obra solicite ampliaciones de plazo y adicionales a la entidad pública, desviando esfuerzos y recursos que deberían ser utilizados para el surgimiento de nuevos proyectos y, por lo tanto, no maximizando la eficiencia en la administración de los fondos públicos.

## DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por su apoyo  
incondicional en la culminación de esta  
memoria, y por brindarme su amor a lo largo de  
toda mi vida.

Jorge Eduardo Avila Chumpisuca



## ÍNDICE

	Pág.
<b>Capítulo 1: Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivos Generales.....	2
1.3.1 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Metodología de investigación .....	3
<b>Capítulo 2: Planificación de proyectos públicos .....</b>	<b>5</b>
2.1 Sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones .....	5
2.1.1 Programación multianual de inversiones .....	9
2.1.2 Formulación y evaluación.....	10
2.1.3 Ejecución.....	11
2.1.4 Funcionamiento .....	12
2.2 ¿Qué es la planificación de un proyecto?.....	12
2.3 Gestión del cronograma del proyecto.....	13
2.3.1 Planificar la gestión del cronograma .....	14
2.3.2 Definir las actividades .....	15
2.3.3 Secuenciar las actividades.....	15
2.3.4 Estimar la duración de las actividades .....	17
2.3.5 Desarrollar el cronograma.....	18
2.3.6 Controlar el cronograma .....	19

2.4 Gestión del costo del proyecto .....	20
2.4.1 Planificar la gestión de costos .....	21
2.4.2 Estimar los costos .....	22
2.4.3 Determinar el presupuesto .....	23
2.4.4 Controlar los costos .....	24
2.5 Ley de Contrataciones del Estado .....	25
2.5.1 Historia .....	25
2.5.2 Importancia de la Ley .....	27
2.5.3 Procedimientos de selección .....	29
<b>Capítulo 3: Riesgos en proyectos de construcción .....</b>	<b>31</b>
3.1 ¿Qué es el riesgo en un proyecto de construcción? .....	31
3.2 Gestión de riesgos en proyectos de construcción .....	37
3.2.1 Planificación de la gestión de riesgos en proyectos de construcción .....	38
3.2.2 Identificación de riesgos en proyectos de construcción .....	41
3.2.3 Análisis cualitativo de riesgos en proyectos de construcción .....	44
3.2.4 Análisis cuantitativo de riesgos en proyectos de construcción .....	45
3.2.5 Plan de respuestas al riesgo en proyectos de construcción .....	46
3.2.6 Monitoreo y control de la gestión de riesgos del proyecto .....	47
3.3 Método Monte Carlo .....	48
3.3.1 Historia .....	48
3.3.2 Descripción del método .....	49
3.3.3 Distribución de probabilidad .....	50
3.3.4 Ventajas y desventajas .....	51

<b>Capítulo 4: Estado actual de las obras públicas en San Isidro .....</b>	<b>53</b>
4.1 Funciones de los gobiernos regionales y locales .....	53
4.2 Información sobre ampliaciones de plazo y adicionales en obras públicas .....	54
4.2.1 Ampliaciones de plazo en la municipalidad de San Isidro .....	56
4.2.2 Adicionales en la municipalidad de San Isidro .....	66
<b>Capítulo 5: Aplicación de la simulación Monte Carlo en el cronograma .....</b>	<b>75</b>
5.1 Consideraciones para la aplicación .....	75
5.2 Aplicación de la simulación Monte Carlo .....	75
5.3 Resultados de la simulación.....	81
<b>Capítulo 6: Aplicación de la simulación Monte Carlo en el presupuesto.....</b>	<b>87</b>
6.1 Consideraciones para la aplicación .....	87
6.2 Aplicación de la simulación Monte Carlo .....	87
6.3 Resultados de la simulación.....	92
<b>Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>98</b>
7.1 Conclusiones .....	98
7.2 Recomendaciones.....	99
<b>Bibliografía .....</b>	<b>100</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Presupuesto del sector público para el año fiscal 2018 .....	5
Tabla 2 Presupuesto del sector público para el año fiscal 2019 .....	5
Tabla 3 Topes de procedimientos selección para el año fiscal 2019 .....	30
Tabla 4 Riesgos claves que influyen en los objetivos de un proyecto de construcción .....	34
Tabla 5 Información de ampliaciones de plazo en la municipalidad de San Isidro .....	57
Tabla 6 Información de adicionales en la municipalidad de San Isidro .....	67
Tabla 7 Obras de la municipalidad de Miraflores para aplicación en plazo de ejecución .....	76
Tabla 8 Variaciones en actividades críticas de obra N°01 .....	76
Tabla 9 Variaciones en actividades críticas de obra N°02 .....	77
Tabla 10 Variaciones en actividades críticas de obra N°03 .....	77
Tabla 11 Variaciones en actividades críticas de obra N°04 .....	78
Tabla 12 Probabilidades de plazos de ejecución en obra N°01 .....	82
Tabla 13 Probabilidades de plazos de ejecución en obra N°02 .....	83
Tabla 14 Probabilidades de plazos de ejecución en obra N°03 .....	84
Tabla 15 Probabilidades de plazos de ejecución en obra N°04 .....	85
Tabla 16 Obras de la municipalidad de Miraflores para aplicación en presupuesto .....	87
Tabla 17 Variaciones en costos de la obra N°01 .....	88
Tabla 18 Variaciones en costos de la obra N°02 .....	89
Tabla 19 Variaciones en costos de la obra N°03 .....	90
Tabla 20 Variaciones en costos de la obra N°04 .....	91
Tabla 21 Probabilidades de presupuestos totales en obra N°01 .....	93
Tabla 22 Probabilidades de presupuestos totales en obra N°02 .....	94
Tabla 23 Probabilidades de presupuestos totales en obra N°03 .....	95
Tabla 24 Probabilidades de presupuestos totales en obra N°04 .....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 La planificación de un proyecto y su sistema de control .....	13
Figura 2 Relaciones de precedencia .....	16
Figura 3 Ejemplo de cronograma de un proyecto .....	18
Figura 4 Incidencia de impactos relacionados con el cliente .....	35
Figura 5 Incidencia de impactos relacionados con los proyectistas .....	35
Figura 6 Incidencia de impactos relacionados con los contratistas .....	35
Figura 7 Incidencia de impactos relacionados con los subcontratistas y proveedores .....	36
Figura 8 Incidencia de impactos relacionados con las agencias gubernamentales .....	36
Figura 9 Incidencia de impactos por problemas exteriores .....	36
Figura 10 Asignación de distribución triangular en actividades críticas de obra N°01 .....	78
Figura 11 Asignación de distribución triangular en actividades críticas de obra N°02 .....	79
Figura 12 Asignación de distribución triangular en actividades críticas de obra N°03 .....	79
Figura 13 Asignación de distribución triangular en actividades críticas de obra N°04 .....	80
Figura 14 Simulación Monte Carlo para plazo de ejecución en obra N°01 .....	80
Figura 15 Curva acumulada de plazo de ejecución de obra N°01 .....	81
Figura 16 Curva acumulada de plazo de ejecución de obra N°02 .....	82
Figura 17 Curva acumulada de plazo de ejecución de obra N°03 .....	83
Figura 18 Curva acumulada de plazo de ejecución de obra N°04 .....	84
Figura 19 Asignación de distribución triangular en costos de obra N°01 .....	91
Figura 20 Simulación Monte Carlo para presupuesto total de obra N°01 .....	92
Figura 21 Curva acumulada de presupuesto total de obra N°01 .....	93
Figura 22 Curva acumulada de presupuesto total de obra N°02 .....	94
Figura 23 Curva acumulada de presupuesto total de obra N°03 .....	95
Figura 24 Curva acumulada de presupuesto total de obra N°04 .....	96

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En la evaluación realizada a los proyectos de infraestructura que la municipalidad provincial de Piura contrató entre los años 2000 y 2004 se logró identificar que en la modalidad de ejecución por administración directa (ejecutada por la misma entidad) y por contrata (ejecutada por un contratista), un 80% y 78%, aproximadamente, de obras presentaron ampliaciones de plazo, respectivamente. Por otro lado, los adicionales en obras contratadas por administración ocurrieron en un 59% y por contrata en un 79% aproximadamente. Se logró determinar que la generación de sobrecostos se debe principalmente a problemas de tipo técnico en la concepción del proyecto y se generan ampliaciones de plazo cuando los profesionales no realizan una buena estimación de los plazos de ejecución (Cáceres, 2005).

Existen proyectos que no son exitosos debido a que no se cumplen con las cuatro líneas base: alcance, tiempo, costo y calidad. Es importante la definición de lo que va a abarcar el proyecto, el tiempo que tomará su ejecución, el presupuesto y la identificación de los estándares de calidad que se deben cumplir para obtener un producto de gran valor, medido en base a la calidad del servicio que brinda (Gómez Sánchez, 2015).

Este problema no solo tiene ocurrencia en el Perú, sino también alrededor de todo el mundo. Por ejemplo, en Arabia Saudita, gran parte del presupuesto general del gobierno es destinado a proyectos de infraestructura en aeropuertos y terminales. Sin embargo, estos proyectos son entregados con un exceso en los plazos y costos finales que por lo general son consecuencias del mal manejo de los riesgos. La metodología que se utilizó, en la investigación realizada, fue entrevistar a los expertos involucrados, incluyendo clientes, contratistas y consultores, para de esa forma identificar los riesgos generalmente presentados en los proyectos de aviación. El resultado obtenido fue la existencia de cinco riesgos mencionados al menos dos veces entre cada grupo de involucrados: inadecuado alcance, retraso en los pagos, cambios en

el diseño, problemas burocráticos y cambios en la demanda del cliente (Baghdadi & Kishk, 2015).

La gestión de riesgos en un proyecto tiene como objetivo disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto (PMI, 2017). El método de simulación Monte Carlo ha sido usado en diferentes campos. Se utilizó, por ejemplo, para evaluar las incertidumbres en la inversión de una nueva planta de energía que reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> en Reino Unido (Di Lorenzo, Pilidis, Witton & Probert, 2012). En el área de la gestión de proyectos, la simulación Monte Carlo puede cuantificar los efectos del riesgo y la incertidumbre en los cronogramas y presupuestos (Kwak & Ingall, 2007).

## **1.2 Justificación**

Actualmente en el Perú, las ampliaciones de plazo y adicionales forman parte de un problema generalizado en muchas construcciones ya que no se han invertido mayores esfuerzos en analizar cuidadosamente los riesgos presentes en el cronograma y presupuesto. Al presentarse este problema, el Estado es el principal afectado, ya que destinará cantidades de dinero que no han sido planificadas previamente, reduciendo así el presupuesto para otros proyectos.

La aplicación de métodos mundialmente conocidos que faciliten la incorporación del riesgo en la etapa de planificación de proyectos va a permitir identificar, cuantificar y controlar los posibles inconvenientes que puedan ocurrir durante la fase de construcción de una obra y desarrollar adecuadas respuestas para minimizar los efectos de los impactos negativos generados.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivos generales**

El objetivo general de la presente investigación es mostrar un planteamiento para reducir la ocurrencia de ampliaciones de plazo y adicionales en obras contratadas por el Estado mediante la cuantificación del riesgo, con base en un análisis de obras ejecutadas en el

distrito de San Isidro, a través de la aplicación de la simulación Monte Carlo en los cronogramas y presupuestos de obras ejecutadas en Miraflores.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Informar sobre el ámbito bajo el cual se desarrollan las inversiones públicas en el Perú, el ciclo del nuevo sistema Invierte.pe y la ley de contrataciones del Estado.
- Mostrar los pasos a seguir para desarrollar una adecuada gestión del tiempo, costos y riesgos, durante la planificación de una obra pública.
- Analizar las obras ejecutadas por la municipalidad de San Isidro e identificar los principales riesgos causantes de ampliaciones de plazo y adicionales.
- Desarrollar una metodología que permita la cuantificación de los riesgos mediante la aplicación de la simulación Monte Carlo, con base en el análisis desarrollado a las obras de la municipalidad de San Isidro, de una forma sencilla en los cronogramas y presupuestos de distintas obras públicas.

### **1.4 Metodología de investigación**

La metodología de trabajo que se seguirá en esta memoria es la siguiente:

En primer lugar, se necesita recopilar e investigar bibliografía respecto al tema. Por ello, se ha dispuesto incluir los capítulos 2 y 3 que permitan definir conceptos y tener un conocimiento previo a la aplicación del método. El segundo capítulo contiene el marco teórico de la planificación de proyectos públicos en el Perú, se describen las leyes que forman parte del proceso de ejecución de proyectos de infraestructura, así como dos de las diez áreas de conocimiento de la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK, por sus siglas en inglés): la gestión del cronograma del proyecto y gestión de los costos del proyecto.

En el tercer capítulo se puntualizará la definición e inclusión del riesgo presente en todo proyecto, el enfoque será a los proyectos de construcción y para ello se utilizará, como fuente, la extensión de la construcción de la guía del PMBOK, así mismo, en el tercer capítulo se mencionará y explicará la utilidad del método de simulación Monte Carlo para ser usado como técnica en la cuantificación de los riesgos presentes en la elaboración del cronograma y presupuesto de las obras públicas.

El cuarto capítulo contiene la información del estado actual de las obras públicas ejecutadas por la municipalidad de San Isidro, mostrando porcentajes sobre la ocurrencia de ampliaciones de plazo y adicionales de los proyectos ejecutados entre los años 2012 y 2017, así como los principales riesgos causantes de los mencionados problemas.

El quinto capítulo abarca la aplicación de la simulación Monte Carlo en el cronograma de cuatro obras públicas ejecutadas por la municipalidad de Miraflores, con base en la investigación realizada a la municipalidad de San Isidro.

El sexto capítulo abarca la aplicación de la simulación Monte Carlo en el presupuesto de cuatro obras públicas ejecutadas por la municipalidad de Miraflores, con base en la investigación realizada a la municipalidad de San Isidro.

Finalmente, el séptimo capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones sobre los resultados obtenidos y los beneficios que brinda este método para mejorar la estimación de plazos y costos en obras públicas.

## CAPÍTULO 2: PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS PÚBLICOS

### 2.1 Sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones

Actualmente el Perú dispone, cada año fiscal, de un presupuesto para gastos en el sector público, aprobado por el presidente de la república y el congreso. A manera de ejemplo, se puede hacer una comparación entre el presupuesto anual del año 2018 y 2019:

Tabla 1

*Presupuesto del sector público para el año fiscal 2018.*

AÑO FISCAL 2018	
GOBIERNO CENTRAL	SOLES
<b>Correspondiente al Gobierno Nacional</b>	<b>115,381,884,467.00</b>
Gastos corrientes	71,393,914,213.00
Gastos de capital	32,108,028,917.00
Servicio de la deuda	11,879,941,337.00
INSTANCIAS DESCENTRALIZADAS	NUEVOS SOLES
<b>Correspondiente a los Gobiernos Regionales</b>	<b>25,751,070,978.00</b>
Gastos corrientes	21,200,299,724.00
Gastos de capital	4,287,273,805.00
Servicio de la deuda	263,497,449.00
<b>Correspondiente a los Gobiernos Locales</b>	<b>16,025,792,206.00</b>
Gastos corrientes	10,641,317,798.00
Gastos de capital	5,095,347,350.00
Servicio de la deuda	289,127,058.00
<b>TOTAL S/.</b>	<b>157,158,747,651.00</b>

*Nota.* Tomado del artículo 1, Ley N° 30693 de presupuesto del sector público para el año fiscal 2018.

Tabla 2

*Presupuesto del sector público para el año fiscal 2019.*

AÑO FISCAL 2019	
GOBIERNO CENTRAL	SOLES
<b>Correspondiente al Gobierno Nacional</b>	<b>118,290,269,765.00</b>
Gastos corrientes	74,703,405,177.00
Gastos de capital	28,298,081,531.00
Servicio de la deuda	15,288,783,057.00
INSTANCIAS DESCENTRALIZADAS	NUEVOS SOLES
<b>Correspondiente a los Gobiernos Regionales</b>	<b>29,853,286,298.00</b>
Gastos corrientes	22,620,949,526.00
Gastos de capital	6,926,485,944.00
Servicio de la deuda	305,850,828.00
<b>Correspondiente a los Gobiernos Locales</b>	<b>19,930,851,181.00</b>
Gastos corrientes	11,286,922,387.00
Gastos de capital	8,289,344,021.00
Servicio de la deuda	354,584,773.00
<b>TOTAL S/.</b>	<b>168,074,407,244.00</b>

*Nota.* Tomado del artículo 1, Ley N° 30879 de presupuesto del sector público para el año fiscal 2019.

A través de estas cifras, es válido concluir que se cuenta con más recursos públicos (6.95% más con respecto al presupuesto para el año 2018) para impulsar y desarrollar proyectos en los tres niveles de gobierno. Es por esto que se necesita tener un mejor manejo de las

variantes que definen al proyecto y conocer todos los procesos que permitirán cumplir con el objetivo planteado.

Cuando una entidad pública desea realizar una inversión en cualquier tipo de proyecto, se debe seguir una serie de fases que establece el nuevo sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones (Invierte.pe), el cual es un sistema administrativo creado bajo el decreto legislativo N°1252, publicado el 01 de diciembre de 2016 y puesto en vigencia desde el 24 de febrero de 2017, un día después de publicado su reglamento. La promulgación de este nuevo sistema deroga la ley N° 27293 del sistema nacional de inversión pública (SNIP) y sus modificaciones posteriores. Cabe resaltar que la última modificación del decreto legislativo N° 1252 se produjo mediante decreto legislativo N°1432 el 16 de septiembre de 2018 y el reglamento actual vigente se publicó mediante decreto supremo N° 284-2018-EF el 09 de diciembre de 2018.

La necesidad de la creación de este nuevo sistema se debe a que anteriormente los proyectos de inversión pública (sin distinción alguna) culminaban luego de pasar por un proceso largo y no eficaz (pre-inversión, inversión, post-inversión). Por ejemplo, la primera fase del SNIP era la pre-inversión donde se evaluaban muchos aspectos relacionados al proyecto, así como la elaboración de perfiles y estudios de pre-factibilidad y factibilidad que pueden durar años. A diferencia de Invierte.pe que establece procesos más simples dependiendo de la magnitud de la inversión a realizar, así como la diferenciación de proyectos que pueden ser considerados recurrentes y así estandarizarlos para reducir el tiempo de formulación y evaluación. Cabe resaltar que este nuevo sistema permite una autonomía plena a los gobiernos regionales y locales para emprender proyectos que se encuentren dentro de sus zonas territoriales competentes.

Es importante mencionar que en este nuevo sistema existe una marcada diferenciación entre los llamados proyectos de inversión pública (PIP) y las inversiones de optimización, ampliación marginal, reposición y rehabilitación (IOARR), con respecto a otros gastos de capital que desempeñan un rol secundario en la satisfacción de las necesidades de la población, estos son descritos en el decreto supremo N°284-2018-EF:

- PIP: son aquellos cuyo objetivo es la creación, ampliación, mejoramiento y recuperación de la capacidad de producción de bienes y servicios que el Estado brinda. Por ejemplo, la construcción y equipamiento de un hospital o posta médica contribuirá al cierre de brechas<sup>1</sup> y se acercará al cumplimiento de objetivos estratégicos sectoriales o territoriales.
- Inversiones de optimización: para este tipo de inversiones se aplica la optimización de la oferta existente, específicamente acciones que hagan uso de una inversión menor (con respecto al activo existente) para mejorar la eficiencia de operación en el uso de un bien o producción de un servicio público que no opera en su plena capacidad. Por ejemplo, el equipamiento de módulos de atención al cliente en una municipalidad y en un espacio ya existente, para mejorar la eficiencia en la atención al público.
- Inversiones de ampliación marginal: se presentan cuatro casos para este tipo de inversiones:
  - a) Inversión de ampliación marginal del servicio: abarca a los proyectos estandarizados cuya inversión no origine una ampliación de la capacidad de producción del servicio mayor al 20%. Un ejemplo es aplicable en el sector educación como la ampliación de la capacidad de alumnos de una institución educativa.

---

<sup>1</sup> Es la diferencia entre la demanda del acceso a servicios públicos o infraestructura y su oferta.

- b) Inversión de ampliación marginal de la obra civil: cuando se incrementa el activo no financiero de una entidad, pero no se modifica la capacidad de producción de servicios de una unidad productora<sup>2</sup> (UP). Por ejemplo, la construcción de barandas de seguridad en un parque contribuye a aumentar el valor del patrimonio perteneciente a la zona territorial, así como el cierre de la brecha respectiva (seguridad).
- c) Inversión de ampliación marginal para la adquisición de terrenos: este tipo de inversión se debe realizar, recomendablemente, cuando se quiere adquirir un terreno siempre y cuando esté asociado a un futuro proyecto de inversión registrado en la cartera de inversiones del PMI.
- d) Inversión de ampliación marginal por liberación de interferencias: son las inversiones que involucren una eliminación o reubicación de redes de servicios públicos como por ejemplo agua, desagüe, electricidad, etc. Esto se origina para facilitar un futuro proyecto de inversión que se encuentra en la etapa de formulación y evaluación.
- Inversiones de reposición: se aplica para cualquier activo que ha cumplido con su vida útil y se le reemplaza por otros que cumplan la misma función de producción de bienes o servicios públicos siempre y cuando no aumenten su capacidad. Por ejemplo, la reposición de vehículos patrulleros que se encuentran en pésimas condiciones para el resguardo de zonas territoriales.
  - Inversiones de rehabilitación: inversión que se aplica para cualquier activo que forma parte de una unidad productora (UP) siempre y cuando tenga como propósito devolverlo a su estado original y no altere su uso ni la capacidad de producción de la

---

<sup>2</sup> Es la agrupación de infraestructura, equipos, personal, capacidades de gestión, entre otros que, relacionados entre sí, tienen la capacidad de proveer bienes y/o servicios públicos.

UP a la que pertenece. Por ejemplo, la rehabilitación de veredas que se encuentran con rajaduras en un parque.

- Otros gastos de capital: Se les nombra así a las inversiones menores que cumplen un rol secundario y no contribuyen al cierre de brechas enmarcadas estratégicamente por los sectores, gobiernos regionales y locales. Por ejemplo, la compra de lapiceros o útiles de limpieza para una municipalidad siguen otros procedimientos y no forman parte del sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones (Invierte.pe).

Como conclusión, la principal diferencia entre los proyectos de inversión y las IOARR es que los primeros se enfocan en la totalidad de una unidad productora, modificando su capacidad de producción de servicios públicos. Mientras que, por otro lado, las IOARR se centran en un activo perteneciente a la unidad productora y generalmente no modifica la capacidad de producción de esta, a excepción de las inversiones de optimización y de ampliación marginal de servicios. Los otros gastos que no contribuyen al cierre de brechas pueden denominarse como gastos de capital.

El ciclo que propone el nuevo sistema Invierte.pe consta de una programación multianual de inversiones (PMI), formulación y evaluación, ejecución y funcionamiento, que están descritos en el reglamento (decreto supremo N° 284-2018-EF) del decreto legislativo N° 1252 que crea el sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones:

### **2.1.1 Programación multianual de inversiones**

La programación multianual se debe realizar para una extensión de 3 años calculados desde el año siguiente al cual se hace la programación. Primero, el sector<sup>3</sup> define los indicadores de

---

<sup>3</sup> Para efecto del sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones, existen 30 sectores que se encuentran bajo responsabilidad de un ministerio u organismo constitucionalmente autónomo.

las brechas de infraestructura y/o acceso a servicios. Las oficinas de programación multianual de inversiones (OPMI) de cada sector, gobierno regional (GR) y gobierno local (GL) elabora el diagnóstico de la situación de las brechas de infraestructura y/o acceso a servicios públicos, así como los objetivos a ser alcanzados por el sector correspondiente y reglas de preferencia de las inversiones a ser subvencionadas por el gobierno nacional, para luego elaborar sus carteras de inversiones del programa multianual de inversiones (PMI). Una vez establecido el PMI de cada sector, GR y GL, la dirección general de programación multianual de inversiones (DGPMI) remite todos los PMI hacia la dirección general de presupuesto público del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) para obtener la información de programación presupuestaria anual de las inversiones efectuadas por los sectores, GR y GL. Finalmente, la DGPMI elabora el programa multianual de programación del estado (PMIE) en base a los PMI presentados y lo publica en el portal institucional del MEF.

### **2.1.2 Formulación y evaluación**

En esta fase se inicia la gestación de la ficha técnica o el estudio de pre inversión respectivo del proyecto dispuesto en el PMI correspondiente. Las fichas técnicas tienen que incluir los siguientes puntos, como mínimo:

- Definición del problema y objetivos.
- Cálculo de su contribución al cierre de brechas.
- Justificación del dimensionamiento del proyecto de inversión
- Las líneas de corte y/o los criterios de formulación y evaluación respectivos.
- Información específica sobre el cumplimiento de requerimientos institucionales y/o legales para su ejecución y funcionamiento.
- Análisis de la sostenibilidad del proyecto de inversión.

Cada sector del gobierno nacional puede proponer la estandarización de proyectos, así como sus fichas técnicas respectivas. Para proyectos cuyo monto de inversión sea menor o igual a

750 UIT<sup>4</sup>, con el fin de realizar un análisis técnico y económico, solo es suficiente una ficha técnica simplificada aprobada por el sector correspondiente. Por otro lado, si el proyecto es estandarizable con un monto de inversión menor o igual a 15 000 UIT, se elabora una ficha técnica estándar aprobado por el sector correspondiente. Para otros proyectos que no estén contemplados en lo descrito anteriormente, se elabora una ficha técnica o estudio a nivel de perfil.

Para el registro de las IOARR en el banco de inversiones, se diferencian a aquellas cuyo monto de inversión sobrepasan los 75 UIT. Si es menor o igual se registran de forma simplificada en el formato N°02 de la directiva para la formulación y evaluación y se llena solo la sección “A” y “E”, mientras que si sobrepasan los 75 UIT se llenan desde la sección “A” hasta la “D” (registro completo).

Es importante mencionar que el encargado de la elaboración de la ficha técnica o estudio de pre-inversión respectivo es la unidad formuladora (UF) correspondiente del sector, GR o GL, así como el registro de la inversión en el banco de inversiones. Esta fase termina con la evaluación y manifestación de viabilidad de la UF.

### **2.1.3 Ejecución**

Esta fase comprende dos etapas: la elaboración del expediente o documento equivalente para los proyectos de inversión o IOARR, así como la ejecución física de la inversión correspondiente. El expediente debe estar dimensionado respecto a lo establecido en la ficha técnica registrada o estudio de pre inversión respectivo. Una vez evaluado el expediente, la UF procede con su aprobación y la información resultante es registrada por la unidad ejecutora de inversiones (UEI) en el banco de inversiones. Si existiese una modificación en el proyecto, ésta debe ser inscrita en el banco de inversiones previamente a su ejecución y no

---

<sup>4</sup> La unidad impositiva tributaria (UIT) para el año fiscal 2019 tiene un valor de S/. 4,200.

debe alterar la concepción técnica y dimensionamiento comprendidos en la ficha técnica o estudio de pre inversión, así como no debe alterar los plazos establecidos para otros proyectos de inversiones.

Una vez finalizada la ejecución física y financiera de la inversión, la UEI procede a entregar los activos generados a la entidad titular responsable de ellos o a la responsable del funcionamiento de los servicios generados. Por último, se efectúa la liquidación y la UEI registra el cierre de la inversión en el banco de inversiones.

#### **2.1.4 Funcionamiento**

Finalmente, en la fase de funcionamiento se operan y mantienen los activos generados por la ejecución del proyecto de inversión o IOARR. El responsable de realizar estas funciones es la entidad titular de los activos. Cada año la entidad debe hacer reportes sobre sus estados y remitirlo a la OPMI del Sector competente, GR o GL.

#### **2.2 ¿Qué es la planificación de un proyecto?**

Un proyecto se define como un esfuerzo eventual que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. El proyecto tiene un comienzo y un fin definido. Existen varias formas de cerrar un proyecto, como, por ejemplo, cuando se cumplen con los objetivos trazados al inicio del mismo o cuando estos no puedan ser cumplidos y también cuando el cliente o dueño desea terminarlo. Entre los ejemplos de proyectos podemos incluir a los que desarrollan un nuevo producto, servicio o resultado, la realización de un trabajo de investigación, la construcción de un edificio, la puesta en marcha, mejoramiento o fortalecimiento de los procesos de negocios existentes, etc. (PMI, 2017).

Planificar un proyecto es una forma de establecer los objetivos de la empresa, y comprende el establecimiento de las políticas, los procedimientos y programas necesarios para su

realización. Uno de los objetivos de la planificación de proyectos es definir por completo las secuencias de acciones para completar el trabajo, y así, las actividades puedan ser fácilmente identificables por cada participante del proyecto. Esto permitirá que dichas actividades sean a su vez monitoreadas (Kerzner, 2009). La figura 1 muestra cómo se debe planificar un proyecto para que sea adecuadamente monitoreado y controlado:

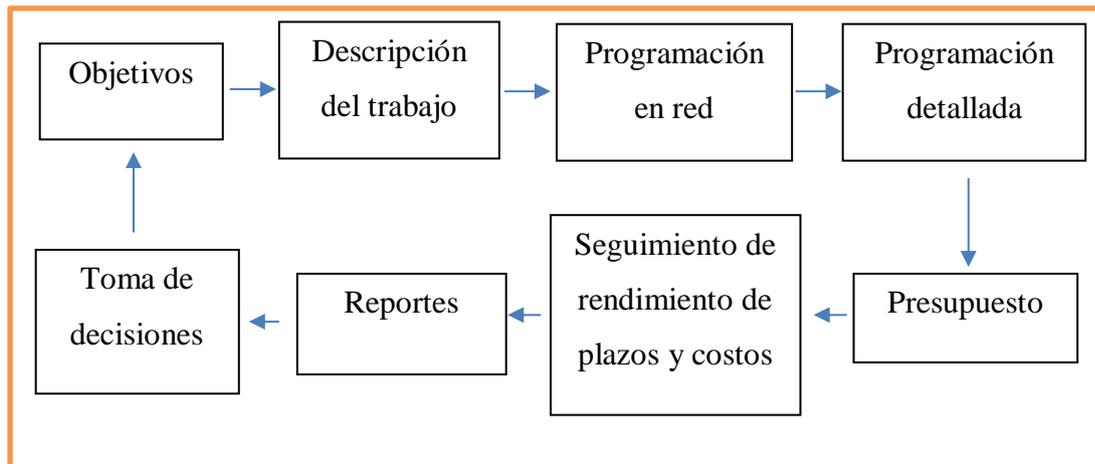


Figura 1. La planificación de un proyecto y su sistema de control.

Tomado y adaptado de “*Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*”, por Kerzner, 2009.

Antes de poner en marcha la ejecución de un proyecto, primero se debe conocer el contexto bajo el cual se desarrolla, sus características, y definir si es factible poder cumplir con los objetivos trazados en alcance, tiempo, costo y calidad. Por lo tanto, se deberá primero enfocar en su planificación.

### 2.3 Gestión del cronograma del proyecto

Según la guía del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), que brinda los fundamentos para la dirección de proyectos desarrollado por el Project Management Institute, la gestión del cronograma del proyecto incorpora 6 procesos, descritos a continuación, y que se relacionan entre sí. (PMI, 2017).

### 2.3.1 Planificar la gestión del cronograma

Proceso mediante el cual se constituyen las políticas, procedimientos y documentos para poder planificar la gestión del cronograma (planificación, desarrollo, gestión, ejecución y control). Esta planificación se puede realizar en cualquier fase del proyecto. Una adecuada planificación de la gestión del cronograma hace uso de diversas herramientas de la organización encargada del proyecto, como por ejemplo softwares, bases de datos, plantillas estandarizadas, archivo de lecciones aprendidas, guías de adaptación para el proyecto, entre otros.

El resultado final será el plan de gestión del cronograma que, a su vez, permitirá delinear la información necesaria sobre cómo llevar a cabo el cronograma. Entre lo establecido en el plan, se especifican:

- La metodología y técnica de programación a utilizar.
- Periodos preestablecidos para procesar las características esenciales del proyecto y evitar el deslizamiento del alcance.
- Nivel de exactitud en las estimaciones de duración de actividades.
- Unidades de medidas de los recursos a utilizar.
- La estructura de desglose del trabajo<sup>5</sup> (EDT).
- La forma de registrar el avance del proyecto durante su ciclo de vida.
- Los límites de variación permitidos en las duraciones de las actividades. Generalmente se expresan en porcentajes.
- Normas para la evaluación del desempeño del cronograma.
- Los formatos de informes, así como la reiteración en su presentación, relativos al cronograma.

---

<sup>5</sup> La estructura de desglose del trabajo es una forma descomponer un proyecto en varios niveles, fases, paquetes de trabajo, etc. De esa forma se podrá controlar cada entregable según el desarrollo del proyecto.

### **2.3.2 Definir las actividades**

En este proceso se establecen las actividades que permitirán cumplir con un entregable o paquete de trabajo que se encuentran de manera explícita en los niveles de la estructura de desglose del trabajo (EDT). Para el cumplimiento de este proceso se necesita, de primera mano, el plan de gestión de cronograma (descrito en el 2.3.1), también es necesario una lista de actividades estándar que han sido ejecutadas en un proyecto previo y se pueden utilizar en el actual, un equipo de trabajo humano que posee la experiencia necesaria para poder definir adecuadamente, y en detalle, las acciones a ejecutar para cumplir con los distintos paquetes de trabajo y/o entregables del proyecto.

Como producto de este proceso, se conseguirá la lista definitiva de actividades del cronograma. Esto no significa que la lista permanecerá sin modificaciones durante el ciclo de vida del proyecto. A medida que el proyecto se desarrolla, es posible identificar actividades que no se hayan tomado en cuenta, por lo tanto, se debe actualizar la lista, siempre y cuando no incurra en posibles modificaciones del alcance a futuro y se puedan cumplir las líneas bases del proyecto.

### **2.3.3 Secuenciar las actividades**

Este proceso se basa en la identificación de las interrelaciones entre cada actividad del cronograma, para de esta forma establecer una secuencia real de las tareas asociadas. La lista se obtiene del punto 2.3.2. Para realizar este proceso se utiliza el método de relaciones de precedencia, representado por la figura 2:

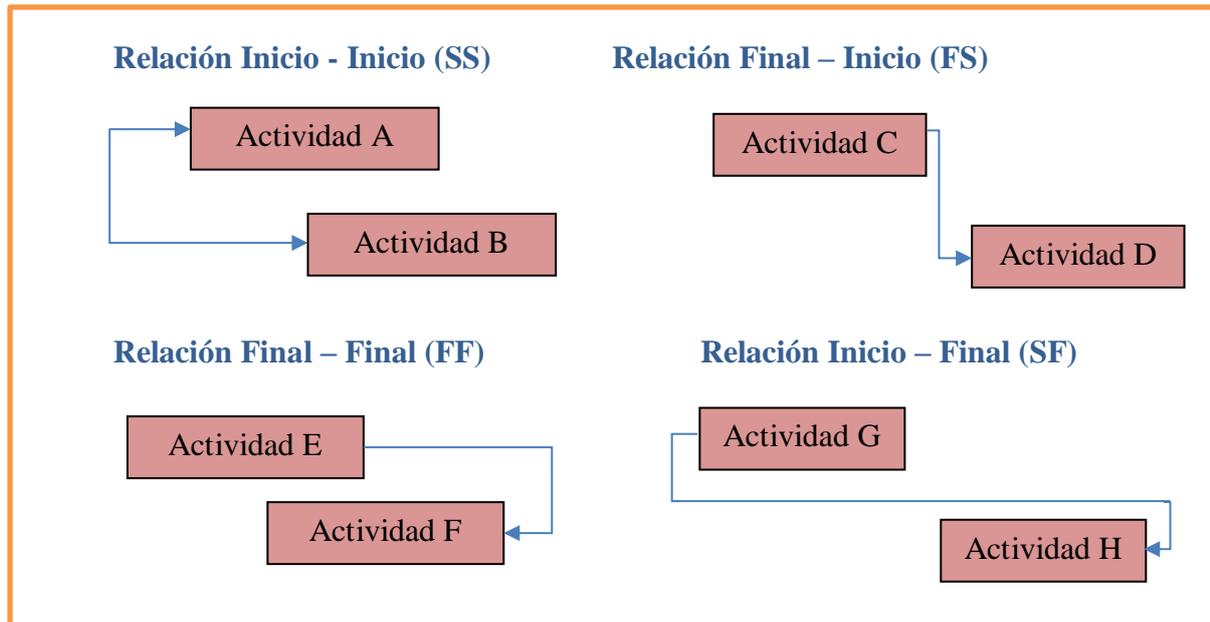


Figura 2. Relaciones de precedencia.

Tomado y adaptado de “Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos”, por PMI, 2017.

Una actividad predecesora es aquella que es necesaria realizar para que se pueda desarrollar la siguiente (sucesora) en un cronograma. La relación de precedencia final - inicio es la más usada en los proyectos y, según la figura 2, indica que la actividad D puede iniciar inmediatamente terminada la actividad C. También se muestra que la actividad A posee una relación inicio - inicio con un desfase, determinado por el tiempo que debe pasar desde su inicio para que pueda iniciar la actividad B. Por otro lado, la relación final - final se usa para establecer que la actividad F no puede concluir hasta que haya finalizado primero la actividad E. Finalmente, la relación inicio - final es la menos usada en los cronogramas y establece que la actividad H no puede finalizar mientras la actividad G no haya comenzado.

Una vez definidas las relaciones entre cada actividad de la lista de actividades, se obtiene, como resultado de este proceso, un diagrama de red del cronograma del proyecto que puede ser presentado de forma manual o con la utilización de un software.

### 2.3.4 Estimar la duración de las actividades

Se evalúa la cantidad de tiempo que tomará terminar una actividad con los recursos estimados. El equipo a cargo de la planificación del proyecto es responsable de la valoración, y debe formar parte de profesionales familiarizados con los tipos de trabajos necesarios para cada actividad. A medida que se conocen datos más detallados y precisos sobre los trabajos, la exactitud de la estimación se incrementa.

Para poder realizar una apropiada estimación de la duración de las actividades se deben contar, en su mejor panorama, con documentos como la lista de actividades, registro de supuestos (riesgos), registro de lecciones aprendidas, lista de hitos, responsabilidades del equipo del proyecto, estructura de desglose de trabajo, entre otros.

Existen diferentes tipos de estimaciones que se pueden utilizar en un proyecto para poder definir la duración de ciertas actividades: estimación análoga, paramétrica, basada en tres valores y ascendente.

- Estimación análoga: esta técnica promueve el uso de datos históricos de una actividad de un proyecto similar por lo que al momento de estimar las duraciones de actividades se utilizan datos reales como base. La estimación análoga se utiliza generalmente cuando no se tiene mucha información sobre el proyecto o es muy complejo, es más rápido de utilizar que otras técnicas, pero carece de exactitud.
- Estimación paramétrica: en esta técnica se usan algoritmos o fórmulas para calcular cuantitativamente la duración de las actividades que forman parte del cronograma de un proyecto. Por ejemplo, para calcular el tiempo que se toma en levantar un muro de albañilería se puede utilizar la cantidad de trabajo a efectuar por el número de horas que toma por unidad de trabajo, es decir, si se necesitan levantar 700 m<sup>2</sup> de muro y se sabe por dato histórico que a un operario de construcción le toma una hora realizar 7

m<sup>2</sup>, entonces demorará 100 horas para completar el trabajo. Este tipo de estimación es una de las más exactas.

- Estimación basada en tres valores: incorpora no solo un valor para estimar la duración, sino tres valores que definen un rango dentro del cual puede variar la estimación de la duración de una actividad. El valor más probable, optimista y pesimista. Para calcular la duración esperada, generalmente se utiliza la fórmula de la distribución triangular.
- Estimación ascendente: cuando no se puede estimar la duración total de un proyecto, normalmente se desglosan los paquetes de trabajo a un mayor nivel de detalle con la finalidad de, una vez estimadas todas las actividades, sumar dichas duraciones y calcular el tiempo total del proyecto.

### 2.3.5 Desarrollar el cronograma

El desarrollo del cronograma es el producto de la integración de los puntos descritos anteriormente como datos de entrada, para crear un prototipo de programación del proyecto. Este modelo generará fechas planificadas de inicio y fin para cada actividad del proyecto (ver figura 3). Actualmente, los programas más usados para desarrollar el cronograma son el Microsoft Project y Primavera.

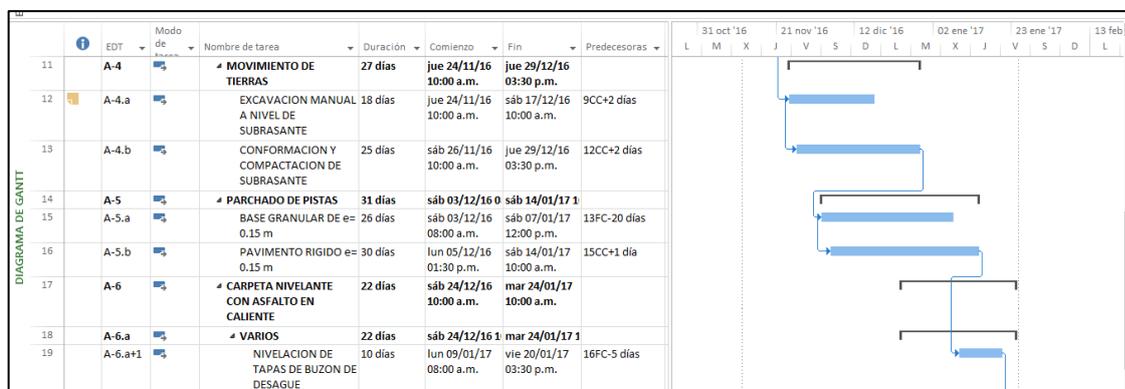


Figura 3. Ejemplo de cronograma de un proyecto.

Tomado de curso de capacitación planeamiento de proyectos con MsProject, InfoPuc, 2015.

Cabe resaltar que una vez definido el cronograma, es indispensable que el personal asignado revise cada una de sus actividades y determine que no existen incompatibilidades en cuanto a la asignación de recursos y las duraciones no comprometan a las actividades de otros proyectos. Así mismo, se debe volver a analizar si las relaciones de precedencia establecidos no entran en conflicto.

Existen muchas herramientas y técnicas que se utilizan mundialmente para desarrollar un cronograma. El método de la ruta crítica es el más familiarizado por los expertos en cuestión encargados de planificar el tiempo de marcha de un proyecto. Este método se utiliza para determinar la mínima duración del proyecto e identifica a las partidas, relacionadas lógicamente entre sí, que constituyen el plazo más largo y por ende el tiempo de ejecución del proyecto. Generalmente, estas actividades que forman parte de la ruta crítica no tienen holgura para poder retrasar su inicio o fin, por lo tanto, es sumamente importante que se desarrollen planes de respaldo y así prevenir amenazas potenciales que pongan en riesgo el plazo del proyecto.

Otra técnica utilizada para desarrollar un cronograma es mediante el análisis de datos. Esta técnica analiza escenarios “¿qué pasa si...?” en donde los involucrados evalúan posibles circunstancias que puedan afectar tanto positiva como negativamente los objetivos del proyecto. Otra forma de analizar datos es mediante simulación, que se utiliza para modelar los efectos de los riesgos identificados en el proyecto, así como su posible impacto una vez que se concreten. La técnica más utilizada para estas simulaciones es el análisis Monte Carlo.

### **2.3.6 Controlar el cronograma**

Consiste en realizar el seguimiento al plan establecido, y detectar el cumplimiento, o no, de las actividades para poder gestionar las medidas correctivas que conllevará a evitar el

desviamiento de la línea base del cronograma y minimizar su riesgo de ocurrencia. Entre las funciones que abarca este proceso se tienen las siguientes:

- Diagnosticar el estado actual del cronograma del proyecto.
- Intervenir en los factores que generan cambios en el cronograma.
- Replantear las reservas del cronograma necesarias.
- Definir si hay algún cambio en el cronograma.
- Administrar los cambios reales conforme suceden.

Una de las formas mundialmente conocidas para controlar o monitorear el cronograma es mediante el análisis del valor ganado. Esta técnica se enfoca en la medida del desempeño del cronograma, entre las cuales se analizan la variación del cronograma y el índice de desempeño del cronograma. Como resultado de esta técnica se conoce la desviación de la línea base original del cronograma.

Al finalizar este proceso, y de ocurrir algún cambio en la línea base del cronograma, se hacen un conjunto de revisiones en los documentos del proyecto, como por ejemplo en el registro de supuestos, base de las estimaciones, registro de lecciones aprendidas, cronograma del proyecto, calendario de recursos y registro de riesgos. Esto se debe a que se debe mantener actualizada la información del proyecto y, sea cual fuera la etapa en la que se encuentre, un cambio en la línea base del cronograma puede afectar directa o indirectamente otras áreas de gestión del proyecto.

## **2.4 Gestión del costo del proyecto**

Según la guía del PMBOK (PMI, 2017), la gestión de costos implica planificar la gestión de costos, estimar los costos, determinar el presupuesto y controlar los costos para cumplir con

el presupuesto aprobado o asignado en un proyecto. Estos cuatro procesos se relacionan entre sí y se detallan a continuación:

#### **2.4.1 Planificar la gestión de costos**

Proceso mediante el cual se establecen las políticas, procedimientos y documentos para poder planificar la gestión de los costos. En otras palabras, en este proceso se indica el “cómo” realizar una adecuada gestión de costos.

Para poder realizar este proceso de forma correcta, se necesitan los documentos del plan de gestión del cronograma y plan de gestión de riesgos, ya que dichas áreas de conocimiento pueden afectar la estimación de los costos y consecuentemente el presupuesto. Así mismo, es importante recopilar información comercial como por ejemplo ratios de costos de recursos que se encuentran publicados en bases de datos comerciales y proporcionan costos estándar para materiales, equipos y mano de obra.

Como resultado de este proceso, se obtiene un documento que informa las premisas bajo las cuales se deben llevar a cabo los procesos posteriores de estimación, determinación del presupuesto y control de costos:

- Unidades de medida: para cada recurso se define la unidad que se utilizara para su respectiva medición (medidas de tiempo y cantidades)
- Nivel de precisión: se establece el grado de redondeo que se aplicarán a las estimaciones de costos.
- Nivel de exactitud: se determina el rango aceptado al momento de estimar los costos.
- Enlaces con los procedimientos de la organización: tomar en cuenta el EDT del proyecto, para de esa forma permitir que haya coherencia en las estimaciones, presupuesto y control de los costos.

- Umbrales de control: utilizado para monitorear el cumplimiento de los costos. Se establece el límite dentro del cual puede desviarse una estimación sin afectar la línea base del plan.
- Reglas para la medición del desempeño: se utiliza la gestión del valor ganado (EVM, por sus siglas en inglés) en ciertos puntos definidos, así como las técnicas y fórmulas a usarse.
- Formato de los informes: se define las formas en cómo serán presentados los diferentes informes de costos.
- Detalles adicionales: descripción de la fuente de financiamiento, métodos para incluir las variaciones en los tipos de cambios, entre otros.

#### **2.4.2 Estimar los costos**

Este proceso permite realizar una aproximación al costo general de cada actividad del proyecto, que incluye a su vez al personal, materiales, equipamiento, servicios o instalaciones. Es una de las funciones principales del director del proyecto y se debe ir ajustando su precisión a medida que el proyecto se desarrolla, ya que los costos varían con el tiempo. Para realizar esta estimación es necesario contar con formatos establecidos o plantillas, en donde se plasmará la información que puede ser obtenida a base del juicio de los profesionales a cargo, data de proyectos anteriores, proyectos similares, revistas especialistas en precios unitarios, cotizaciones, registro de lecciones aprendidas, cronograma del proyecto, registro de riesgos, tasas de cambio, condiciones de mercado, entre otros.

Lo descrito anteriormente se usa como apoyo para tener un mejor panorama y mejor criterio al realizar la estimación. Sin embargo, existen técnicas que permiten realizar una estimación más precisa. Se describirán las más usadas:

- Estimación análoga: emplea valores de un proyecto anterior con similitud en cuanto a alcance, costo, plazo y calidad. Esta comparación sirve como base para realizar las estimaciones de costos de los trabajos.
- Estimación paramétrica: utiliza valores históricos relevantes, apoyándose principalmente en la estadística y de esa forma, estimar el costo del trabajo del proyecto. Por ejemplo, el costo del acero por metro cuadrado de área construida usado en un edificio multifamiliar.
- Estimación por tres valores: incorpora la incertidumbre y el riesgo ya que utiliza tres valores para establecer un rango dentro del cual puede variar el costo de cierta actividad. El valor más probable, optimista y pesimista. El costo esperado se calcula mediante fórmulas en función de la distribución de probabilidad asumida. Para estimar el costo, las distribuciones más utilizadas son la triangular y beta.
- Análisis de datos: se pueden analizar las alternativas para llevar a cabo un paquete de trabajo (decidir fabricar algo o comprarlo). Así mismo, en la estimación de costos, se pueden incluir las reservas para contingencias ya que existen “conocidos – desconocidos” que a menudo son susceptibles a afectar el presupuesto. De esta forma, se cubrirá la cantidad desconocida de re-trabajo que pueda ocurrir conforme el proyecto se desarrolla. Estas reservas para contingencias se pueden calcular como un porcentaje del costo estimado, monto fijo o mediante métodos cuantitativos.

Finalmente, se obtienen las estimaciones de costos de todos los recursos asociados al proyecto y, conforme se lleva a cabo el proceso, existirán actualizaciones de documentos como por ejemplo el registro de supuestos, lecciones aprendidas y riesgos.

### **2.4.3 Determinar el presupuesto**

En este proceso, una vez estimados los costos de cada actividad, se procede a sumar cada uno con el fin de determinar el costo global del proyecto y poder monitorear y controlar su

desempeño. Para que el proceso sea más propenso al éxito, se debe utilizar documentos como la base de las estimaciones, estimaciones de costos, cronograma del proyecto, registro de riesgos, caso de negocio y plan de gestión de beneficios. De acuerdo a la complejidad del proyecto, los documentos de entrada a utilizar tendrán diferente nivel de detalle.

Así como en procesos previos, una de las técnicas más usadas para determinar el presupuesto es mediante el juicio de expertos ya que estarán capacitados con la información de la industria actualizada, experiencia con proyectos anteriores similares, principios financieros, entre otros requisitos que se solicite de acuerdo al tipo de proyecto. Otra técnica usada es el análisis de reserva, que establece reservas de gestión para el proyecto, es decir, cantidades específicas para cubrir el trabajo no pronosticado dentro del alcance del proyecto. Esta reserva no forma parte de la línea base de costos, pero sí del presupuesto y solo se agrega a la línea base cuando se utilice. Por último, el análisis de la información histórica puede asistir a desarrollar modelos de costos fácilmente cuantificables (el costo de la cimentación por metro cuadrado) siempre y cuando la información histórica sea exacta, los parámetros utilizados pueden ser calculados de manera sencilla y los modelos pueden utilizarse tanto para proyectos simple como complejos.

Como resultado de este proceso, se obtiene la línea base de costos, que es la suma de los presupuestos aprobados de cada actividad del proyecto y se utiliza para comparar los costos reales conforme el proyecto se ejecuta. La línea de base de costos está directamente ligada con el cronograma del proyecto y proporciona una visión en determinadas fases mediante la medición del desempeño.

#### **2.4.4 Controlar los costos**

Este proceso permite monitorear el uso de los recursos económicos a lo largo del tiempo de ejecución del proyecto. Reside en comparar los costos reales con los costos presupuestados y,

de encontrarse grandes diferencias, tomar las medidas subsanables necesarias para que no exista una considerable desviación en la línea base de costos del proyecto. Entre los principales objetivos de este proceso, se incluye:

- Monitorear los factores que originan cambios en la línea base de costos.
- De solicitarse un incremento de costo, hacer cumplir el control integrado de cambios.
- Gestionar los cambios reales.
- Monitorear el desempeño del costo y prevenir cualquier variación.
- Monitorear el cumplimiento del trabajo en concordancia con los gastos incurridos.
- Informar a los involucrados sobre los cambios aprobados.
- Realizar acciones para que la desviación de los costos reales se encuentre dentro del límite aceptado.

## **2.5 Ley de Contrataciones del Estado**

### **2.5.1 Historia**

Previamente a la década de los ochenta, el sistema jurídico se caracterizaba por una notable dispersión en las normas y leyes bajo las cuales se regían las contrataciones administrativas, así mismo, no existía una disposición legal general aplicable a todos los organismos del sector público. En el artículo 143° de la constitución política de 1979, se obliga al Estado a la contratación de obras, suministros y adquisición o enajenación de bienes mediante licitación pública. Por otro lado, se realizará por concurso público la contratación de servicios y proyectos cuya importancia y monto señalaba la ley de presupuesto en ese año. Este evento constitucional se utilizó como punto de inicio para la creación de distintas normas como el reglamento único de licitaciones y contratos de obras públicas (RUCOLP), el reglamento único de adquisiciones (RUA) y la ley N° 23554 para la contratación de actividades de consultoría y su reglamento general, conocido como REGAC (Tirado, 2013).

Si bien es cierto, con el cambio de la constitución política en 1993 se estableció que las entidades estatales se encontraban obligadas a seguir los lineamientos de las leyes establecidas hasta ese momento con la finalidad de garantizar un mejor uso de los fondos públicos y una libre concurrencia de los postores, fue el 27 de julio de 1997 cuando se promulga la ley N° 26850 de contrataciones y adquisiciones del estado, la cual integró en un solo texto, las directivas y regímenes bajo la cual se seguirán todos los procesos de contrataciones administrativas incluidas las empresas del estado, para la adquisición de bienes y servicios y contratación de obras. Unos de los aportes más significantes de la ley N° 26850 fue la creación del consejo superior de contrataciones y adquisiciones (CONSUCODE) como organismo rector, así como la implementación del arbitraje como un mecanismo de solución de controversias entre los postores y entidades estatales (Tirado, 2013).

El 04 de junio de 2008 se publica en el diario oficial el peruano el decreto legislativo N° 1017 que aprueba la ley de contrataciones del Estado y, a su vez, crea el organismo supervisor de las contrataciones del estado (OSCE), anteriormente CONSUCODE. Este decreto derogó la ley N° 26850 y todas sus modificaciones vigentes.

El 11 de julio de 2014 es publicada la nueva Ley N° 30225, ley de contrataciones del Estado, el cual entró en vigencia el 09 de enero de 2016, 30 días después de la publicación de su reglamento.

El primer cambio de la ley N° 30225 ha ocurrido mediante la publicación del decreto legislativo N° 1341 en el diario oficial el peruano, así como la modificación de su reglamento mediante el decreto supremo N° 056-2017-EF, ambos vigentes desde el 03 de abril de 2017.

El último cambio en la ley N° 30225 ocurrió mediante el decreto legislativo N° 1444 publicado en el diario oficial el peruano, así como la publicación de su reglamento mediante decreto supremo N° 344-2018-EF, ambos vigentes desde el 30 de enero del 2019.

### 2.5.2 Importancia de la Ley

El sistema bajo el cual, actualmente, se realizan los contratos en el Perú ha evolucionado sustancialmente, ya que se le considera como uno de los más completos que existen en Latinoamérica (Córdova, 2014). Por lo tanto, es sumamente importante detallar los principales aspectos de la Ley que encaminará una adecuada gestión de los fondos públicos y satisfará las necesidades de la población.

El objetivo de la ley de contrataciones del Estado es fijar los preceptos orientados a maximizar el valor del dinero de los ciudadanos mediante la contratación de bienes, servicios y obras que realicen las entidades del sector público, de tal manera que estas se efectúen de forma pertinente y bajo los mejores requisitos de precio y calidad. Estas normas o preceptos se rigen bajo los siguientes principios que se enuncian en el artículo 2 de la Ley N°30225, Ley de Contrataciones del Estado:

a) Libertad de concurrencia

Las entidades fomentan el libre acceso y participación de proveedores en los procesos de contratación que realicen, prohibiendo la adopción de prácticas que condicionen o perjudiquen la libre concurrencia de proveedores.

b) Igualdad de trato

Se encuentra prohibida la existencia de privilegios o ventajas en la presentación de las ofertas de distintos proveedores, representando el trato de exclusión manifiesto o clandestino.

c) Transparencia

Durante las etapas de contratación, los postores tendrán acceso a una información clara y acorde con el fin de que sea comprendido y garantizar una igualdad de trato, objetividad y neutralidad.

d) Publicidad

El proceso de contratación debe ser difundido y así fomentar la libre competencia y competencia efectiva.

e) Competencia

Todos los procesos de contratación deben fomentar la participación de diversos postores sin limitarlos en sus propuestas. De esa forma, se puede recibir la propuesta más beneficiosa para satisfacer el interés público.

f) Eficacia y eficiencia

Cada Entidad debe asegurarse que, mediante el proceso de contratación, se cumplan sus fines, metas y objetivos, sin la necesidad de incluir formalidades que no son indispensables y permitiendo desarrollarse bajo los mismos requisitos de calidad y el mejor uso de los recursos públicos.

g) Vigencia tecnológica

Los bienes, servicios y obras que se contraten, deben congregar las características de calidad y modernidad tecnológica para cumplir adecuadamente con la finalidad pública para los que son solicitados. Deben poder adecuarse, integrarse y repotenciarse, de ser el caso, con los futuros avances tecnológicos.

h) Sostenibilidad ambiental y social

En la planificación de un proceso de contratación se deben incorporar medidas que permitan colaborar a la protección medioambiental, social y desarrollo humano.

i) Equidad

Los servicios y derechos de los involucrados deben guardar una prudente relación de equivalencia y proporcionalidad.

## j) Integridad

La honestidad y veracidad de los involucrados en cualquier etapa del proceso de contratación deben formar parte de la conducta de todos para evitar prácticas incorrectas.

### **2.5.3 Procedimientos de selección**

El artículo 21 de la Ley de Contrataciones del Estado establece siete procedimientos de selección: licitación pública, concurso público, adjudicación simplificada, subasta inversa electrónica, selección de consultores individuales, comparación de precios y contratación directa. Estos procedimientos deben cumplir con todos los principios que rigen las contrataciones:

- La licitación pública se convoca para la contratación de bienes y obras mientras que el concurso público solo se requiere para la contratación de servicios y consultorías. En los dos casos los valores estimados o referenciales de las contrataciones se encuentran dentro los márgenes de la Ley de Presupuesto para el año fiscal en curso. (Artículo 22, Ley N° 30225)
- La adjudicación simplificada se aplica a la contratación de bienes y servicios, excluyéndose los servicios prestados por consultores individuales, así como ejecuciones de obras. (Artículo 23, Ley N° 30225)
- La selección de consultores individuales, como su mismo nombre lo indica, se utiliza para contratar personas naturales, siempre y cuando no se necesite equipos de personal ni soporte profesional adicional (Artículo 24, Ley N° 30225).
- La comparación de precios se puede utilizar para la contratación de bienes y servicios de disponibilidad inmediata. No es permitido contratar bajo comparación de precios a las consultorías ni seguir especificaciones de fabricación o prestación adoptadas por el contratante (Artículo 25, Ley N° 30225).

- La subasta inversa electrónica se emplea para la contratación de bienes y servicios comunes que cuenten con ficha técnica y se localicen en el Listado de Bienes y Servicios Comunes (Artículo 26, Ley N° 30225). Finalmente, en las contrataciones directas, se puede contratar a un único proveedor, siempre y cuando se sigan los supuestos mencionados en el artículo 27 de la ley N° 30225.

Como se puede apreciar, para la ejecución de obras públicas se pueden seguir tres procedimientos de selección: licitación pública, adjudicación simplificada y contrataciones directas. La Ley de Presupuesto del sector público para el año fiscal 2019, establece los montos para la determinación de los procedimientos de selección en su artículo N°17, resumido en la siguiente tabla:

Tabla 3

*Topes de procedimientos selección para el año fiscal 2019.*

PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN	BIENES	SERVICIOS	OBRAS
Licitación Pública	Mayor o igual a S/.400,000		Mayor o igual a S/.1'800,000
Concurso Público		Mayor igual a S/.400,000	
Adjudicación Simplificada	Menor a S/. 400,000	Menor a S/.400,000	Menor a S/.1'800,000
Selección de Consultores Individuales		Menor o igual a S/.40,000	
Comparación de precios	Menor o igual a S/.63,000 y mayor a S/.33,600	Menor o igual a S/.63,000 y mayor a S/.33,600	
Subasta inversa electrónica	Mayor a S/.33,600	Mayor a S/.33,600	
Contratación directa	Mayor a S/.33,600	Mayor a S/.33,600	Mayor a S/.33,600

*Nota.* Tomado de Ley N° 30879 de presupuesto del sector público para el año fiscal 2019, Ley N° 30225 Ley de Contrataciones del Estado y Decreto Supremo N°344-2018-EF, Reglamento de la Ley N°30225, Ley de Contrataciones del Estado.

## CAPÍTULO 3: RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

### 3.1 ¿Qué es el riesgo en un proyecto de construcción?

Según lo establecido por el Project Management Institute (2016) en su extensión de la construcción de la guía del PMBOK, un proyecto de construcción tiene una importancia y significado complejo ya que, a diferencia de productos creados bajo una modalidad de producción en masa, involucra la entrega de productos únicos como, por ejemplo:

- Instalaciones para fábricas o ensamblaje de máquinas en general.
- Instalaciones públicas, como presas, carreteras, puentes, sistemas de alcantarillado y agua potable, aeropuertos, vías férreas, zonas de entretenimiento, museos y parques.
- Instalaciones para servicios, como centros médicos, campus para colegios y universidades, puertos, estaciones de tren.
- Edificios de gran altura, desarrollo urbano, unidades residenciales, infraestructura para las comunidades como pistas y veredas.
- Infraestructura específica para brindar servicios básicos como agua, electricidad, combustible y telecomunicaciones.
- Megaproyectos para eventos extraordinarios como la creación de estadios, villas deportivas, plantas de energía, bases militares.

Cada proyecto de construcción posee diferentes y únicas características que lo identifican, entre las cuales podemos mencionar: periodo largo, procesos complicados, mal entorno de trabajo, importancia de la inversión y formas de organización de la empresa. Sin embargo, estas características no parecen ser un problema o dificultad al momento de iniciar el proyecto. A medida que el proyecto toma forma, se debe evaluar y analizar el mismo para determinar cuáles son las complejidades que puede presentar y los impactos en los involucrados. De esta manera, se reducirá al mínimo las posibles ambigüedades que se

pueden generar en los distintos objetivos del proyecto tal y como alcance, tiempo, calidad, seguridad y costo.

El riesgo en un proyecto puede ser definido como el evento o condición aleatoria que, de concretarse, tiene un efecto positivo o negativo en al menos uno de los objetivos del proyecto como el tiempo, costo, alcance o calidad (Wang & Huang, 2009). Por lo tanto, en un proyecto siempre existirán riesgos que deben ser debidamente gestionados en todo su ciclo de vida. Un efecto positivo de un riesgo se puede catalogar como una oportunidad y se debe aprovechar al máximo, mientras que un efecto negativo es considerado como una amenaza e involucra técnicas y herramientas para reducir o eliminar su impacto.

El ciclo de vida de un proyecto de construcción es normalmente dividido, según señalan Zou, Zhang & Wang (2007), en distintas etapas, incluyendo la factibilidad, diseño, construcción y etapas operacionales. Teniendo en cuenta dichas etapas, es indispensable contar con una técnica efectiva para el manejo de riesgos y ser capaces de asociar e identificar cada riesgo en cada etapa del proyecto. De esta forma, se logrará su culminación de manera exitosa.

Estudios de diversos autores se han desarrollado con la finalidad de identificar los riesgos presentes en los proyectos de construcción. Aibinu, A. A. & Odeyinka, H. A. (2006) investigaron las causas de los retrasos en los proyectos de construcción en Nigeria donde se hallaron diez principales factores entre los cuarenta y cuatro identificados: dificultades de financiamiento del contratista, problemas con el flujo de dinero del cliente, planos de arquitectura incompletos, planos de estructuras incompletos, movilización lenta de subcontratistas, problemas en mantenimiento de equipos, retraso en entrega de materiales, problemas con el cronograma, inflación del costo y problemas financieros de los subcontratistas. En conclusión, los autores apuntaron a una pobre y deficiente gestión de

riesgos como la causa principal de los retrasos y a las acciones e inacciones de los involucrados en los proyectos de construcción en Nigeria.

Enfocándose en los riesgos que causan un impacto negativo en los objetivos del proyecto, Zou et al. (2007) realizó una investigación de la industria de la construcción de China para identificar los riesgos claves presentes en sus proyectos. Cabe resaltar que el estudio consistió en reunir información mediante cuestionarios a los representantes de las empresas constructoras en China, los cuales tuvieron que distinguir los riesgos, de un total de ochenta y cinco (85) identificados previamente en la encuesta, que se presentaron en sus proyectos. Como resultado se distinguieron veinticinco (25) riesgos asociados a los proyectos de construcción, y sus respectivas influencias en los objetivos del proyecto. El resumen de la investigación realizada se presenta en la tabla 4:

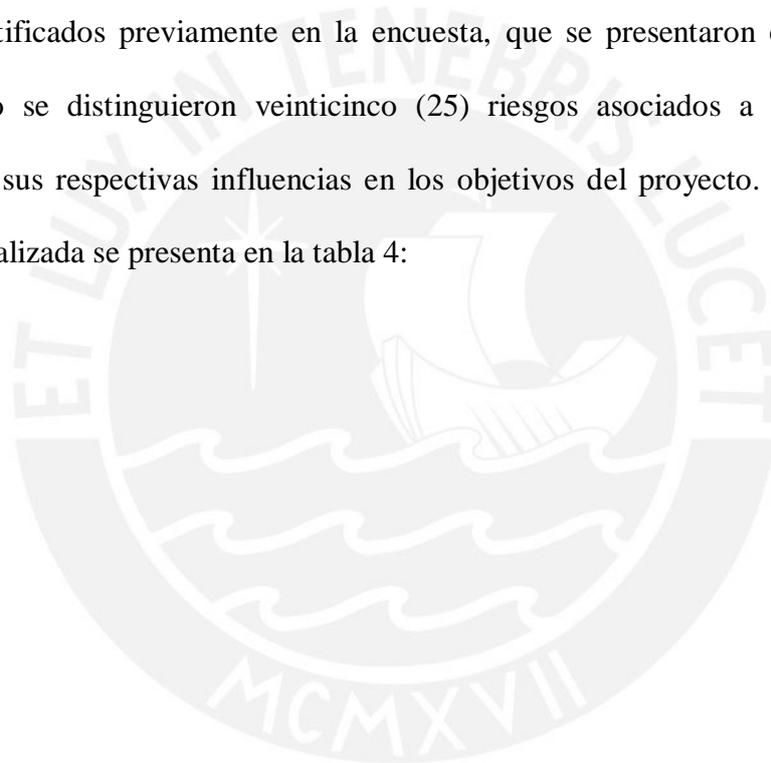


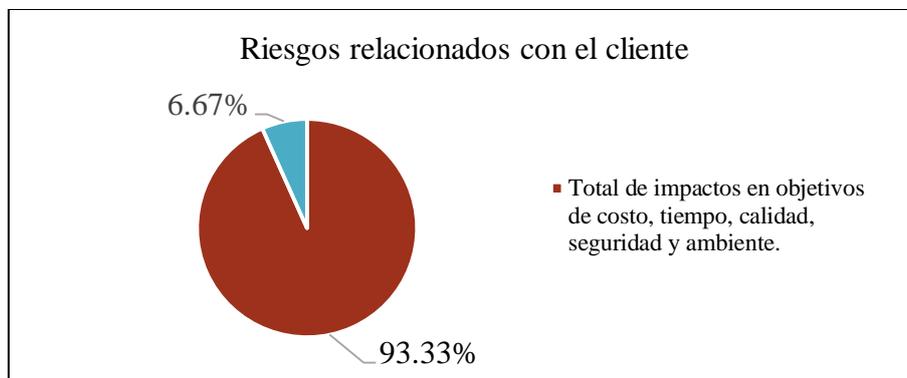
Tabla 4

*Riesgos claves que influyen en los objetivos de un proyecto de construcción.*

Categoría del riesgo	Los 25 riesgos identificados	Con impacto significativo en				
		Costo	Tiempo	Calidad	Seguridad	Ambiente
Riesgos relacionados con el cliente	Ajustado cronograma Problemas de financiación Variaciones hechas por el cliente	x x x	x x x	x x x	x x	x x x
Riesgos relacionados con los proyectistas	Variaciones en el diseño Inadecuada programación del cronograma Inadecuada información del lugar Incompleta o inexacta estimación del costo	x x x x	x x	x x		
Riesgos relacionados con los contratistas	Pobre habilidad de gestión del contratista Dificultades para el reembolso del contratista Poca competencia del trabajador Falta de disponibilidad de profesionales y directivos Falta de importancia en comprar seguros para la maquinaria Falta de importancia en comprar seguros de salud para empleados Medidas de seguridad inadecuadas y operaciones inseguras Falta de disponibilidad de servicios públicos en el lugar Poca disponibilidad de mano de obra calificada Enjuiciamientos debido a la eliminación ilegal de residuos Grave contaminación del aire debido a las actividades Grave contaminación acústica provocada por la construcción Contaminación del agua causada por la construcción	x x	x x	x x x x x x x x	x x x x x	x x x x x x x x
Riesgos relacionados con los subcontratistas y proveedores	Escasa competencia de gestión de los subcontratistas Incompetencia de proveedores para entregar materiales a tiempo		x	x		
Riesgos relacionados con las agencias gubernamentales	Burocracia del gobierno Excesivos procedimientos para aprobaciones del gobierno	x x	x			x
Problemas exteriores	Inflación del precio de los materiales de construcción	x	x			

*Nota.* Tomado de “*Understanding the key risks in construction projects in China*”, por Zou, Zhang & Wang, 2007.

Estos resultados pueden ser representados por gráficos que muestren el porcentaje de ocurrencia de los impactos en los objetivos respecto a la categoría del riesgo:



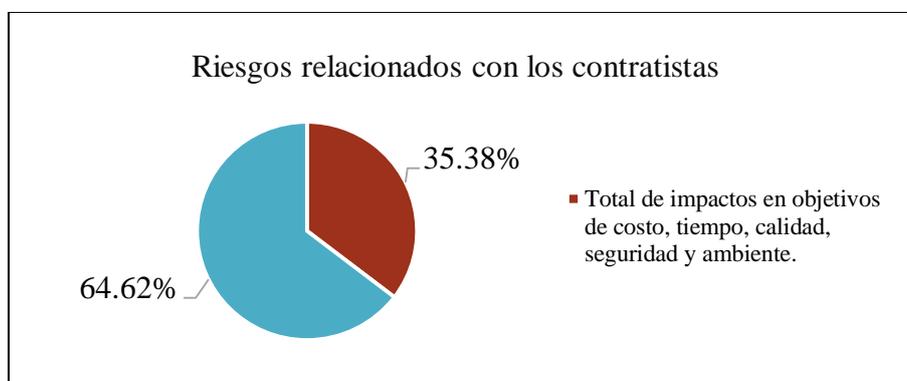
*Figura 4.* Incidencia de impactos relacionados con el cliente.

Elaboración propia.



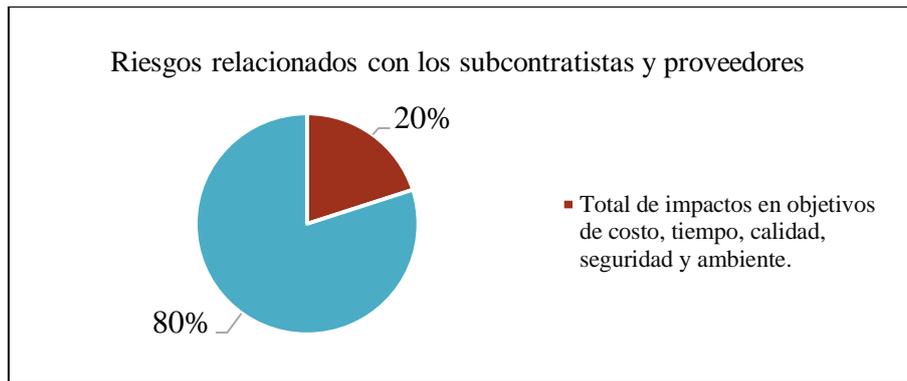
*Figura 5.* Incidencia de impactos relacionados con los proyectistas.

Elaboración propia.



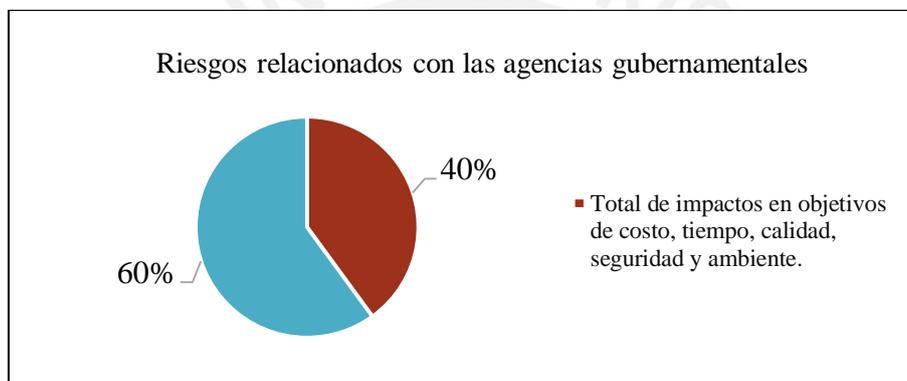
*Figura 6.* Incidencia de impactos relacionados con los contratistas.

Elaboración propia.



*Figura 7.* Incidencia de impactos relacionados con los subcontratistas y proveedores.

Elaboración propia



*Figura 8.* Incidencia de impactos relacionados con las agencias gubernamentales.

Elaboración propia



*Figura 9.* Incidencia de impactos por problemas exteriores.

Elaboración propia

Como se puede observar, existen trece (13) riesgos que están involucrados directamente con los contratistas, lo cual representa un cincuenta y dos por ciento (52%) del total de riesgos identificados. Esto demuestra que en la ejecución de un proyecto es donde se presentan los mayores problemas que dan cabida a la presencia de un mayor número de riesgos.

También se puede precisar que en la tabla 4 no se describen los posibles impactos de los riesgos en el alcance del proyecto. A criterio del autor de esta memoria se pueden agregar más datos, como por ejemplo el impacto en el alcance por todos los riesgos mencionados asociados con el cliente. Con respecto al proyectista, el riesgo que más efecto tiene en el alcance es el de variaciones en el diseño. En la categoría relacionada con los contratistas, el riesgo más importante es la pobre habilidad de gestión del contratista. Por último, de las categorías restantes, la escasa competencia de gestión de los subcontratistas, burocracia del gobierno e inflación del precio de los materiales de construcción son los que tienen más impacto en el alcance en una obra.

En conclusión, si se reúnen esfuerzos para poder identificar, analizar, evaluar y monitorear los riesgos en cada proyecto, se encaminará a lograr con los objetivos en términos de costo, alcance, tiempo, calidad, seguridad y sostenibilidad ambiental. Esto sólo se puede lograr si los participantes del proyecto, como clientes, proyectistas y entidades nacionales trabajan de forma cooperativa desde el estudio de factibilidad y logran incorporar los riesgos desde la fase inicial del proyecto, para que se vean reflejados en el expediente técnico.

### **3.2 Gestión de riesgos en proyectos de construcción**

La gestión de riesgos es un sistema que ayuda a identificar y cuantificar todos los riesgos a los que está expuesta la empresa o proyecto y que una decisión consciente pueda ser tomada para gestionarlos (PMI, 2016). Sin embargo, este sistema no solo se debe desarrollar en una etapa del proyecto, sino debe ser continuamente desarrollado a lo largo del ciclo de vida del

proyecto, ya que se pueden presentar circunstancias que contribuyan a disminuir la probabilidad de ocurrencia de ciertos riesgos o, visto desde una perspectiva negativa, se puede aumentar dicha probabilidad, incrementando así las oportunidades o amenazas, respectivamente. Otro beneficio de la gestión de riesgos es incrementar el nivel de control del proyecto y solucionar los problemas eficientemente (Ropel & Gajewska, 2011).

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, parte de la gestión de un proyecto involucra la gestión de costos y cronograma del mismo, pero también involucra la gestión del alcance, calidad, integración, recursos humanos, comunicaciones, adquisiciones e interesados. La gestión de riesgos requiere como datos de entrada lo que se obtiene como datos de salidas de esos procesos. Por ejemplo, el EDT, el cronograma, lista de recursos, etc. son importantes para una efectiva gestión de riesgos del proyecto (PMI, 2009).

Según la extensión de la construcción de la guía del PMBOK desarrollado por el PMI (2016), la gestión del riesgo en un proyecto incluye la planificación de la gestión de riesgos, identificación de riesgos, análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos, planificación de la respuesta al riesgo, y monitoreo y control de la gestión de riesgos del proyecto.

### **3.2.1 Planificación de la gestión de riesgos en proyectos de construcción**

Una adecuada planificación previa a cualquier proceso conlleva al mejoramiento de la probabilidad de éxito del mismo. De esta forma, la planificación de la gestión de riesgos provee los recursos suficientes y el tiempo para cumplir con las actividades encomendadas, así como el establecimiento de una base sobre la cual se evaluarán los riesgos y la definición del nivel permitido de exposición del riesgo al proyecto. Existen herramientas, técnicas y documentos adicionales que permitirán una adecuada planificación, los cuales se mencionarán a continuación:

### **A) Documentos de licitación y contrato**

Un proyecto inicia cuando el cliente ofrece sus requerimientos a terceros para que pueda hacer realidad su necesidad. Para la fase de construcción, generalmente, el contratista ha pasado por la etapa de licitación y ha recibido documentos que pueden ser útiles para implementar el plan de gestión de riesgos del proyecto. Además, el contrato firmado también es un documento muy útil ya que expresa el alcance y las normas bajo las cuales se ejecutará el proyecto de construcción.

### **B) Métodos organizacionales**

En todo proyecto de construcción existen riesgos individuales que se originan por cada actividad planificada en el cronograma, y riesgos generales del proyecto que lo pueden afectar de forma global, así como a los involucrados. Cada método empleado por la organización varía dependiendo del tipo de proyecto, su dificultad y el acuerdo contractual. Estos métodos incluyen a los procesos de gestión de riesgos individuales y la forma en que sus resultados serán enlazados con la gestión del riesgo general del proyecto. Por ejemplo, pueden existir métodos que vinculen la gestión de riesgos en seguridad y ambiente con el plan de riesgo del proyecto de los subcontratistas y a su vez incluirlos en parte del plan de gestión de riesgo general del proyecto.

### **C) Presupuestar**

Para realizar una adecuada gestión de riesgos, se debe establecer un presupuesto basado en la asignación de recursos, ya sean humanos, de maquinaria, consultores externos, subcontratistas, herramientas de trabajo. La línea base del costo debe contener los fondos estimados necesarios y los protocolos deben establecer las situaciones bajo las cuales es necesario utilizar las contingencias y reservas, así como los correctos pasos a seguir para su uso.

#### **D) Calificación e interpretación**

En la guía del PMBOK se recomienda el uso de hojas estratégicas de calificación de riesgos como una herramienta que provee un alto nivel de evaluación de la exposición de riesgo general del proyecto. Existen otras áreas de gestión en donde se pueden utilizar estándares locales, guías y leyes para implementar métodos de calificación e interpretación de los riesgos.

#### **E) Acuerdos colaborativos de proyectos de construcción**

Últimamente, la colaboración y el trabajo con otras empresas de distintas capacidades es una tendencia en crecimiento en la construcción. En la gestión de riesgos, un trabajo en conjunto desarrolla un mejor entendimiento en lo que respecta a los riesgos, ya sean propios y de terceros. Una herramienta muy eficaz es la de utilizar registros compartidos de riesgos que permitan compartirlos, evaluarlos y analizarlos para implementar el plan de respuesta. Todos los involucrados claves deben tener acceso a estos registros compartidos ya que es un factor clave para minimizar el impacto de los riesgos.

#### **F) Asociaciones público – privadas**

Los establecimientos de estas asociaciones se originan debido a proyectos que son necesarios para cerrar una brecha en cierta región y generalmente involucra un alto costo y tiempo para su diseño, ejecución, operación y mantenimiento. La ventaja de este tipo de contrato es que los riesgos pueden ser transferidos a la organización que mejor puede administrarlos. La participación del sector privado ayuda a incorporar experiencia, equipos, conocimiento, recursos y tecnología en todas las fases del proyecto, mientras que el sector público es quien define los objetivos de interés público, políticas y controla el cumplimiento de los objetivos establecidos.

### **G) La gestión de riesgos en proyectos internacionales**

Cuando se desarrollan proyectos en otros países se debe tener mucha consideración en el ambiente bajo el cual se desarrolla ya que solo así se pueden identificar los riesgos involucrados. El análisis PESTLE (political, economic, social, technological, legal and environmental analysis) es una herramienta de marketing que facilita el seguimiento de un proyecto en un ambiente nuevo mediante la examinación de dichos factores que componen sus siglas. A manera de ejemplo, existen fuentes de riesgo adicionales en los proyectos internacionales:

- Procedimientos personalizados, trámites en aduana, restricción en importación y exportación.
- Prácticas religiosas y culturales que pueden afectar los trabajos.
- Zona horaria y días legales de trabajo.
- Prácticas sindicales locales.
- Clima local.
- Preocupaciones por la seguridad y protección.
- Presión del gobierno local por usar a los proveedores locales.
- Variaciones en el valor de la moneda.

#### **3.2.2 Identificación de riesgos en proyectos de construcción**

La identificación de riesgos es el siguiente proceso a seguir en la gestión de riesgos. Este proceso se debe realizar de forma iterativa durante todo el ciclo de vida del proyecto ya que existen riesgos que pueden cambiar o riesgos que pueden aparecer en cualquier fase. Una alternativa que mejora la planificación y la identificación de los riesgos es la de agruparlos en diversas categorías o según el evento desencadenante que asegura la presencia del riesgo, de esta forma se podrá tener una mejor administración en la aparición de riesgos de forma simultánea.

Los riesgos pueden ser clasificados de acuerdo a diferentes enfoques, como por ejemplo los siguientes:

- Dependiendo de la fuente, ya sea externa o interna a la organización.
- Dependiendo del tipo de proyecto, ya sea local o internacional o con asociaciones público – privadas.
- De acuerdo a los responsables de los riesgos.
- Agrupando paquetes de trabajo en la EDT.
- De acuerdo a la fase del proyecto.

Existen diversas técnicas y herramientas para identificar riesgos, entre las cuales se tienen:

#### **A) Plan de recursos**

Las estimaciones en la productividad de los recursos pueden considerarse como un factor clave para la identificación de los riesgos, ya que el tiempo, costo, calidad y alcance dependen de esos indicadores. Se debe controlar que las estimaciones asumidas desde el inicio no se desvíen del margen permisible porque puede afectar significativamente en el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Cada riesgo debido al rendimiento de los recursos debe ser categorizado de acuerdo a las fases del proyecto, por lo tanto, se tendrá 6 categorías de riesgos: riesgos en el diseño técnico, construcción, riesgos externos, organizacionales, en la gestión del proyecto y riesgos de negocio.

#### **B) Revisión de documentación**

En la revisión de documentación se pueden encontrar riesgos, es por ello que se considera a este proceso como iterativo. Dibujos de diseño, diagramas, especificaciones en el montaje de equipos, reportes geotécnicos, estudios de salud ocupacional y seguridad, estudios contra incendios, plan de gestión ambiental, plan de respuestas a emergencias, entre otros, son los documentos que deben ser cuidadosamente revisados ya que pueden agregar riesgo al proyecto.

### **C) Análisis de listas de control y suposiciones**

Las listas de control deben incluir ítems como el tipo de contrato, cláusulas no favorables, condiciones del clima y lugar de trabajo, factores laborales, conocimiento del cliente, etc. Por otro lado, las suposiciones creadas en la etapa de licitación deben ser revisadas continuamente para verificar la validez, precisión, consistencia e integridad.

### **D) Lecciones aprendidas por otras experiencias**

Se conoce que ningún proyecto es igual, pero en lo que respecta al riesgo, existen proyectos similares cuyos riesgos poseen las mismas causas raíces. Debido a esto, debe considerarse evaluar proyectos anteriores ya que se obtendrá información valiosa para una mejor identificación de riesgos, incluyendo métodos de solución y los recursos a utilizar.

### **E) Juicio de expertos locales**

Los expertos en la materia pueden proveer un conocimiento significativo sobre el entorno del proyecto. Una forma de obtener más conocimiento es mediante entrevistas a gestores de proyectos, profesionales en la industria y gerentes de construcción, de este modo se podrán identificar los riesgos locales con mayor facilidad.

### **F) Otras técnicas para la identificación de riesgos**

Existen otras técnicas que ayudan en la identificación de riesgos, tales como:

- Análisis del concepto de peligro: mientras se desarrolla el diseño y el estudio de factibilidad correspondiente, este tipo de análisis se enfoca en identificar los peligros potenciales en dichas fases. De esta manera, se podrá, minimizar los cambios a futuro del proyecto.
- Preliminary hazard analysis (PHA): el análisis preliminar del peligro identifica los eventos accidentales como por ejemplo ocasionado por una falta de capacitación en el personal a la hora de realizar actividades potencialmente peligrosas.

- **Revisión y control de la constructabilidad:** previo a la ejecución de la obra, se debe realizar un proceso formal para la revisión de la constructabilidad ya que así se identificarán los obstáculos antes que ocurran. Mayormente se utiliza el historial de problemas presentados en proyectos anteriores.
- **Estudio de análisis del valor:** provee un enfoque organizado para analizar el proyecto y reevaluar los costos ya definidos. Mediante esta reevaluación, solo se ejecutará lo necesario para cumplir con los objetivos del proyecto y no más.
- **Failure modes and effects analysis (FMEA):** los modos de falla y el análisis de efectos examina sistemáticamente como una determinada tarea ya programada puede fallar e identifica las consecuencias o efectos de dicha falla.

### **3.2.3 Análisis cualitativo de riesgos en proyectos de construcción**

El análisis cualitativo del riesgo es el proceso de evaluar la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo, así como su impacto si lograra ocurrir. Para realizar un análisis cualitativo confiable, los datos ingresados deben ser de alta calidad y proporcionados por profesionales con experiencia en proyectos similares y que han trabajado en el entorno actual del proyecto. Si los datos no son los mejores para realizar el análisis, es conveniente recopilar otros datos. La evaluación de la probabilidad de ocurrencia del riesgo y el impacto en los objetivos del proyecto puede concretarse mediante entrevistas o reuniones con los miembros del proyecto. Una de las formas más comunes para presentar los datos en un análisis cualitativo es mediante una matriz de probabilidad e impacto. Esta matriz es una tabla que vincula la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo identificado con su impacto sobre los objetivos del proyecto. Es posible tener varias matrices para riesgo y su efecto sobre cada objetivo. El análisis cualitativo del riesgo puede ser utilizado sin importar el tipo o tamaño del proyecto de construcción, donde un análisis cuantitativo no es viable debido al tiempo, costo o recursos involucrados.

### 3.2.4 Análisis cuantitativo de riesgos en proyectos de construcción

El análisis cuantitativo de riesgos se desarrolla como un análisis más profundo a diferencia del análisis cualitativo, ya que puede cuantificar numéricamente el efecto de los riesgos identificados y, así, el riesgo general del proyecto. Este análisis se usa, generalmente, en proyectos grandes y complejos para la toma de decisiones financieras, y como apoyo para la gestión del proyecto. Para lograr un análisis cuantitativo de calidad, es necesario conocer el tamaño del proyecto, el nivel de experiencia en gestión de riesgos del equipo del proyecto, la información y la data disponible para desarrollar adecuados modelos y los recursos asignados para las actividades de la gestión de riesgos.

El análisis cuantitativo utiliza técnicas como las simulaciones estocásticas y análisis de decisiones para determinar y confirmar las suposiciones adoptadas al inicio. Entre las técnicas utilizadas para cuantificar el impacto de los riesgos en el proyecto, se cuenta con las siguientes:

- **Análisis Monte Carlo:** el análisis Monte Carlo es una técnica de simulación estocástica en la que se ingresan datos de entradas sobre un ítem determinado, para luego, a través de un cierto número de iteraciones, reflejar la probabilidad de éxito de dicho ítem. Por ejemplo, si se desea realizar un análisis Monte Carlo para cuantificar el riesgo del costo, los datos de entradas son tomados como las estimaciones de costos que conforman el presupuesto. Si se desea analizar el riesgo en el plazo de ejecución, se utilizan las estimaciones de las duraciones de las actividades y también el diagrama de red del cronograma. La simulación Monte Carlo produce información valiosa al momento de desarrollar los análisis de contingencias y reservas del proyecto.
- **Análisis del árbol de fallas, modos de fallas y efectos (FMEA):** su principal objetivo es analizar los efectos que pueden causar elementos particulares sobre las fallas en los sistemas adoptados.

- Modos de falla, efectos y análisis de criticidad (FMECA): este análisis se extiende más allá del FMEA, mediante la inclusión del análisis de criticidad que es usado para reflejar mediante gráficos la probabilidad de los modos de falla versus la severidad de sus consecuencias.

### **3.2.5 Plan de respuestas al riesgo en proyectos de construcción**

En un proyecto de construcción existen muchos involucrados y grupos de trabajo que se enfocan en las distintas áreas que forman parte del proyecto. Debido a este complejo sistema organizativo, los riesgos no son los únicos que pueden causar un costo adicional, sino también la planificación de la respuesta a los riesgos, así como su implementación. El costo del riesgo y el costo de las respuestas a los riesgos deben ser debidamente calculados, monitoreados y controlados durante todo el ciclo de vida del proyecto. Se puede describir dos formas de adoptar un adecuado plan de respuesta al riesgo:

#### **A) Estrategias para riesgos derivados de amenazas y oportunidades**

Establecidos en la guía del PMBOK publicado por el PMI (2017) y en el Practice Standard for Project Risk Management desarrollado también por el PMI (2009), cuatro estrategias son utilizados como respuesta ante la presencia de riesgos: evitar, transferir, mitigar y aceptar.

- Evitar: esta estrategia es más efectiva durante las etapas iniciales del proyecto y durante el acuerdo contractual. Antes de firmar el contrato, se debe evitar la mayor exposición al riesgo, así como evitar perder las oportunidades que se presenten.
- Transferir: se enfoca en transferir el riesgo a otros grupos u organizaciones para su propia gestión. Una acción generalmente tomada por las empresas constructoras es la de contratar empresas aseguradoras.
- Mitigar: esta respuesta involucra acciones que deriven en una reducción de la probabilidad de ocurrencia del riesgo o del impacto negativo generado.

- Aceptar: esta estrategia de aceptación del riesgo implica el uso de recursos en términos de costo y tiempo cuando el riesgo ocurra, siempre y cuando estos recursos a utilizar sean mínimos comparados con los costos generados para evitar, transferir o mitigar el riesgo.

## **B) Seguros en proyectos de construcción**

En un proyecto de construcción, desde su etapa de licitación, existen muchas partes involucradas como, por ejemplo, el dueño o cliente, diseñador del proyecto, contratistas, consultores, entidades públicas, financistas, entre otros. El riesgo es percibido como una amenaza que puede causar grandes pérdidas para cada parte, por ello una opción muy utilizada por los involucrados es la de auto asegurarse, es decir, poseer un fondo de reservas con el fin de asumir muchos riesgos no previstos en la planificación. Otra opción es la de contratar a una compañía aseguradora, que a su vez se encarga de controlar el curso del proyecto y proponer medidas de prevención de riesgos. Las compañías aseguradoras son consideradas como una parte involucrada más en los proyectos de construcción y, de tomarse en consideración, deben ser incluidas en la gestión de costos del proyecto.

### **3.2.6 Monitoreo y control de la gestión de riesgos del proyecto**

La gestión del riesgo es un proceso muy cambiante a lo largo del proyecto. Cada proceso descrito anteriormente debe ser desempeñado de forma continua y con mayor cuidado para proyectos grandes. A manera que se desarrolla el proyecto, nuevos riesgos pueden aparecer o desaparecer, la probabilidad de ocurrencia de los riesgos y el impacto generado pueden disminuir o aumentar, nuevos factores desencadenantes de riesgos pueden emerger, etc. Por lo tanto, todos los documentos deben ser actualizados y revisados periódicamente. Se debe evaluar si las medidas tomadas para cada proceso han sido las correctas, en términos de efectividad.

La comunicación entre los miembros del proyecto y los responsables de los riesgos debe mantenerse fluida durante todas las fases. Todas estas acciones forman parte del monitoreo y control de la gestión del riesgo.

### **3.3 Método Monte Carlo**

#### **3.3.1 Historia**

El surgimiento del método Monte Carlo se remonta a 1945, durante la segunda guerra mundial, año en el cual el mundo presencié dos acontecimientos extraordinarios: por un lado, se detonó la primera bomba atómica de la historia en modo de prueba en Alamogordo, Nuevo México, mientras que por el otro, en los laboratorios de la Universidad de Pensilvania se trabajaba exhaustivamente en la construcción de la primera computadora electrónica de la historia denominada ENIAC (Metropolis, 1987).

La revisión de los resultados de la ENIAC se realizó en la primavera de 1946, y entre los asistentes se encontraba Stanislaw Ulam, quien se impresionó por la velocidad de la ENIAC en realizar diversos cálculos. Ulam estaba preocupado por el desuso de las técnicas de muestreos estadísticos debido a los largos y tediosos cálculos que se tenían que elaborar, pero debido al milagroso desarrollo de la ENIAC se propuso en resucitar las técnicas estadísticas y compartió esta idea con John von Neumann (Metropolis, 1987). De esta forma se inició el camino hacia el método Monte Carlo.

El nombre de Monte Carlo fue propuesto por Nicholas Metropolis debido a que este se percató que Ulam tenía un tío que siempre pedía dinero a sus familiares para ir a jugar al casino de Montecarlo (Metropolis, 1987). Así mismo, en un casino se generan muchas variables al azar como por ejemplo en el juego de la ruleta, y esto guarda una relación directa con el objetivo del método.

### 3.3.2 Descripción del método

El método de simulación Monte Carlo se encarga de investigar las permutaciones estocásticas de las incertidumbres que se producen en un proyecto (Rezaie, Amalnik, Gereie, Ostadi & Shakhseeniaee, 2007). Anteriormente, las iteraciones que se realizaban para dar con estas aproximaciones estadísticas, en cualquier área, con sus cálculos respectivos, eran muy numerosas y esto provocaba un grado de insatisfacción debido al tiempo que se necesitaba para obtener resultados. Sin embargo, la velocidad y potencia de un ordenador puede reducir altamente su grado de complejidad.

En el área de la gestión de riesgos, las incertidumbres están asociadas a la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y su impacto. Por lo tanto, el método permite predecir distintos escenarios y resultados como, por ejemplo, en un proyecto de construcción, el incremento del costo de un material y equipo, o el aumento del tiempo de cierta actividad que conllevaría a alterar el planeamiento inicial. Rezaie et al. (2007) afirma que el primer paso para desarrollar el método de simulación Monte Carlo es la elección de una función de distribución que represente adecuadamente dichas incertidumbres encontradas. Estas distribuciones se determinan teniendo en cuenta la opinión de expertos y en base a la experiencia en proyectos anteriores.

Cuando se planifica el tiempo de construcción de un proyecto, siempre existen valores que no pueden ser conocidos con certeza. Por lo tanto, el segundo paso es la estimación de acuerdo al valor más probable de cierta variable, pese a que la estimación pueda o no ser cien por ciento exacta. Otra técnica usada es la descrita por Cottrell (1999), donde para cada actividad se estiman los tiempos de duración optimistas, pesimistas y más probables. De esta forma se pueden conocer los límites de tiempo de ejecución, aun cuando, en ciertos proyectos, debido a su gran complejidad, este rango sea muy amplio. De igual manera, esta metodología se

puede utilizar en la planificación de los costos. Estas tres estimaciones de tiempos y costos, y la distribución de probabilidad, asignada previamente, son los inputs (entradas) que requiere el especialista para desarrollar el modelo de simulación Monte Carlo y, con la ayuda de distintos complementos de Microsoft Excel tales como @Risk, Crystall Ball, RiskAMP, etc., se reducirá el tiempo de cálculo sustancialmente.

### **3.3.3 Distribución de probabilidad**

Como se mencionó anteriormente, entre los datos de entrada que se utiliza para realizar la simulación, se necesita de las estimaciones de valores mínimos, máximos y más probables. El otro dato que se necesita asignar a nuestro modelo es una distribución de probabilidad que mejor represente el comportamiento de las variables a simular. Wang & Huang (2009) mencionan que generalmente las actividades, en una construcción, pueden formar parte de una distribución normal, triangular y beta. También es posible usar una distribución uniforme, pero generalmente el uso de la distribución triangular es preferido cuando la data presentada está hecha a base de juicios (Ganame & Chaudhari, 2015). De igual manera, Nemuth (2008) afirma que para una aplicación práctica y útil, se puede utilizar la distribución triangular en las estimaciones de los costos del proyecto.

En el campo de la estadística, la distribución de probabilidad de una variable aleatoria es una función que describe la probabilidad de que dicha variable adopte un valor luego de una serie de experimentos, dentro de un rango de valores preestablecidos. La elección de la distribución triangular, en el momento de ingresar los datos de entradas para realizar la simulación Monte Carlo, se debe principalmente a que en el área de la gestión de proyectos de construcción es muy complejo e inexacto el cálculo de otros datos que son necesarios para utilizar otras distribuciones de probabilidad. Por ejemplo, para utilizar la distribución normal

es necesario ingresar la desviación estándar y en el caso de la distribución beta se deben ingresar los valores de alfa y beta.

### **3.3.4 Ventajas y desventajas**

Existen muchas ventajas en el uso de la simulación Monte Carlo, entre las cuales se tiene:

- Al poder simularse en un ordenador, el trabajo que se requiere puede hacerse de forma rápida y sin involucrar muchos cálculos numéricos que lo transformarían en una tediosa labor.
- Su incursión en la gestión de proyectos logra ser una herramienta muy útil para poder cuantificar los riesgos.
- La simulación Monte Carlo ha sido exitosa en rubros diferentes a la gestión de proyectos, tales como en campos relacionados a investigaciones biológicas, ingeniería, geofísica, meteorología, aplicaciones computacionales, estudios de salud pública y finanzas (Kwak & Ingall, 2007).
- Ayuda al gestor a poder justificar, de ser elaborados apropiadamente, las reservas o planes de contingencia en el cronograma y presupuesto en base a los resultados obtenidos.
- Al ser una simulación de un sistema real, se pueden modificar los parámetros de entrada (inputs) e iterar cuantas veces se crea conveniente sin que se alteren los valores reales del proyecto. Esto permite obtener distintos resultados con diferentes niveles de confianza.
- Los resultados se muestran mediante gráficos estadísticos que ayudan a visualizar las distintas probabilidades que un proyecto alcance lo planificado, en términos de costo y tiempo.

Por otro lado, entre las desventajas tenemos:

- El uso de la simulación involucra conceptos estadísticos, lo cual hace que los gerentes de proyectos eviten su uso y prefieran otro tipo de herramientas.
- En cada simulación se generan números aleatorios, por lo tanto, cada resultado es único.
- Es necesario de una acertada estimación de los límites bajo el cual el programa aproximará el valor más probable. Por lo tanto, esto depende de la capacidad y experiencia del profesional responsable.



## **CAPÍTULO 4: ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS PÚBLICAS EN SAN ISIDRO**

### **4.1 Funciones de los gobiernos regionales y locales**

Los gobiernos regionales y locales, son los encargados de realizar las distintas funciones de acuerdo a la Ley N° 27783, Ley de bases de la descentralización, en donde se establecen dichas funciones y deben ser cumplidas para beneficio de la población perteneciente a la zona territorial delimitada.

Los gobiernos regionales son encargados de la administración superior de cada departamento, y una de las funciones que realizan es promover y ejecutar las inversiones públicas de ámbito regional en proyectos de infraestructura vial, energética, de comunicaciones y de servicios básicos, con estrategias de sostenibilidad, competitividad y oportunidades de inversión privada, para de esa forma poder obtener una rentabilidad y promover los beneficios para sus regiones (Artículo 35, Ley N° 27783).

Por otro lado, los gobiernos locales son conformados por las municipalidades provinciales y distritales, que poseen la administración de un territorio más limitado. Entre sus funciones exclusivas, les compete la planificación y fomentación del desarrollo urbano y rural de su circunscripción, así como ejecutar y supervisar las obras públicas de carácter local (Artículo 42, Ley N° 27783).

Existen diferentes tipos de obras que puede ejecutar una municipalidad, entre las cuales pueden ser obras de edificación, viales, puertos, saneamiento, electromecánicas, energéticas, telecomunicaciones, represas, irrigaciones, etc. Dependiendo del área y la zona, ya sea urbano o rural, que está a cargo cada municipalidad, se pueden fomentar distintos tipos de proyectos con el único fin de cumplir con las metas y objetivos de cada institución, priorizando el bienestar del ciudadano.

## 4.2 Información sobre ampliaciones de plazo y adicionales en obras públicas

En la actualidad, para que una municipalidad pueda ejecutar una obra pública puede realizarlo mediante administración directa, por impuestos, por contrata mediante la ley de contrataciones del Estado y su reglamento, y otras normativas. Si bien es cierto, la mayoría de las entidades cuentan con una subgerencia de obras públicas que a su vez es conformada por profesionales con conocimientos técnicos y teóricos, resulta casi imposible que ella pueda encargarse de la ejecución total o parcial de una obra. Es por ello la necesidad de contratar a empresas especialistas en el sector construcción y con experiencia en el tipo de obra requerida. Según el artículo 35 del decreto supremo N°344-2018-EF reglamento de la ley de contrataciones del Estado, la obra puede ser ejecutada bajo uno de los tres sistemas de contratación:

- Suma alzada: cuando las cantidades y magnitudes se encuentran definidas completamente en las especificaciones técnicas, planos, memoria descriptiva, etc. Bajo este sistema, el postor realiza una propuesta por un monto fijo y un plazo de ejecución. Por ejemplo, la construcción de un colegio puede contratarse bajo el sistema suma alzada siempre y cuando los materiales, insumos y personal se encuentran totalmente definidos.

- Precios unitarios: cuando no se conocen con exactitud las cantidades y magnitudes. En este sistema se valoriza en concordancia con la ejecución real; es decir, se tienen precios fijos de las partidas que se ejecutarán. Por ejemplo, una obra de saneamiento o la construcción de una carretera pueden ser contratadas bajo el sistema de precios unitarios.

- Sistema mixto: cuando algunos componentes de la obra se pueden conocer con exactitud y otros no, los conocidos se contratan bajo el sistema suma alzada y el resto bajo el sistema a precios unitarios. Por ejemplo, se desea construir un reservorio y sus redes de agua en una

localidad, el reservorio puede ser contratado bajo suma alzada, mientras que las redes bajo precios unitarios.

A pesar de los innumerables esfuerzos que se realizan por cumplir a cabalidad los términos contractuales de cada ejecución de obra, el ciudadano se percata que no todas las obras cumplen con lo planificado, ya sea en términos de costo o tiempo. Es de suponer, en primera instancia, que existe un porcentaje notorio de obras que no se terminan en el plazo de ejecución ni dentro del presupuesto inicial. Cuando una obra se retrasa se pueden contemplar dos situaciones: la penalidad por mora establecida en el contrato, que se calcula en base al monto del contrato vigente y los días de retraso; la otra situación es la solicitud de una o varias ampliaciones de plazo que son presentadas por el contratista ante la entidad. Para que la ampliación de plazo proceda, según el artículo 197 del reglamento de la ley de contrataciones, el hecho generador de atraso no debe resultar atribuible al contratista, la ampliación se originó debido a una prestación adicional o cuando se han encontrado mayores metrados y se requiera de un plazo mayor siempre y cuando la obra se contrate bajo un sistema a precios unitarios.

Con respecto al costo de la obra, se presentan dos casos con respecto a la solicitud de prestaciones adicionales, mencionadas en los artículos 205 y 206 del reglamento de la ley de contrataciones: si el monto adicional no supera el 15% del monto total del presupuesto, el titular de la entidad puede aceptar la solicitud del contratista siempre y cuando se cuente con la certificación del crédito presupuestario. Por otro lado, si el monto supera el 15% del monto del contrato no solo es necesario la aprobación del titular de la entidad, sino que además debe ser autorizado expresamente por la contraloría general de la república. Es importante mencionar que sea cual fuese el caso, para la aprobación de una prestación adicional, su ejecución debe ser indispensable para cumplir con los objetivos y finalidad del proyecto.

Una forma de demostrar el estado actual de los proyectos públicos en el Perú es analizando cómo se han desarrollado las obras en ciertas entidades públicas, desde el momento en el que se inició la ejecución de obra hasta el momento en que finalizó. Para conocer si ha habido o no ampliaciones de plazo y adicionales en una obra se recurre a su liquidación. Para conseguir esta información se ha debido solicitar a la entidad correspondiente aplicando la ley N° 27806, Ley de transparencia y acceso a la información pública, donde se estipula que cualquier ciudadano puede solicitar información de carácter público. Así mismo, en el caso de obras públicas, se pueden encontrar dichos documentos en el sitio web INFOBRAS, elaborado por la Contraloría General de la República del Perú. La municipalidad de San Isidro es la entidad seleccionada a investigar debido a la accesibilidad de su información.

#### **4.2.1 Ampliaciones de plazo en la municipalidad de San Isidro**

La tabla 5 muestra un total de sesenta (60) obras públicas ejecutadas por la municipalidad de San Isidro entre los años 2012 - 2017 y que actualmente se encuentran liquidadas por la entidad. Sin embargo, existen obras que actualmente ya han sido terminadas, pero no se ha efectuado la liquidación correspondiente, así como existen otras que se encuentran en ejecución. Esta información ha sido solicitada a la municipalidad de San Isidro y también ubicada en el sitio web de la contraloría general de la república que a su vez es el portal en donde se realiza el almacenamiento y seguimiento de cada obra pública. La información es de carácter público para uso y conocimiento del ciudadano.

De las sesenta (60) obras, se han identificado cuarenta y cinco (45) obras de edificaciones, siete (07) obras de irrigaciones, seis (06) obras electromecánicas y dos (02) obras de saneamiento. Las especialidades se estipulan en el artículo 15 del reglamento de la ley de contrataciones del estado.

Tabla 5

*Información de ampliaciones de plazo en la municipalidad de San Isidro.*

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Plazo de ejecución	Ampliación de plazo	Incidencia porcentual	Monto por ampliación de plazo	Inicio de Obra - Término contractual	Término real	Riesgos Involucrados
Mejoramiento de los parques Grecia y Bernales en el subsector 2-7 - Distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 729,799.51	60 días	Sí - 23 días	38.33%	S/4,229.04	11/01/2012 - 10/03/2012	03/04/2012	En virtud del trámite y adicional solicitado por mayores metrados
Mejoramiento de la calle Miguel de Echenique, en el subsector 1-4, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 210,942.26	60 días	Sí - 23 días	38.33%	S/1,203.98	12/01/2012 - 11/03/2012	03/04/2012	Como consecuencia del adicional aprobado por inclusión de nueva partida (reubicación de redes eléctricas subterráneas)
Mejoramiento del sistema de iluminación del eje vial Av. Los Conquistadores, calle Santa Luisa, calle Daniel Hernandez y calle Ollanta en el sector 03, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 909,346.54	90 días	No - 127 días de atraso	141.11%	No	18/01/2012 - 16/04/2012	21/08/2012	Atraso injustificado en los trabajos realizados por el contratista
Mejoramiento del sistema de riego de la Av. Arequipa cuadra 27 a la 37 distrito de San Isidro - Lima - Lima	Precios Unitarios	S/ 327,110.95	90 días	Sí - 49 días de atraso	54.44%	S/11,760.13	25/05/2012 - 22/08/2012	13/10/2012	Como consecuencia del adicional aprobado debido a deficiencias en el expediente técnico
Instalación del sistema de canalización entubado de la Av. Alvarez Calderón del distrito de San Isidro - Lima	Precios Unitarios	S/ 650,109.46	74 días	No - 18 días de atraso	24.32%	No	04/08/2012 - 16/10/2012	03/11/2012	Atraso injustificado en los trabajos realizados por el contratista
Mejoramiento de la Avenida Aurelio Miro Quesada y Avenida Alberto del Campo cuadra 1 y 2, distrito de San Isidro - Lima -Lima	Precios Unitarios	S/ 2,262,634.55	120 días	No	0.00%	No	06/08/2012 - 03/12/2012	03/12/2012	Ninguno
Mejoramiento Urbano Vial de la calle Las Camelias, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 2,057,534.52	120 días	Sí - 45 días	37.50%	S/15,268.53	15/08/2012 - 12/12/2012	26/01/2013	No se especifica en liquidación
Mejoramiento y remodelación urbanística de la Av. Guardia Civil, Av. José Gálvez Barrenechea y Ovalo Quiñones - Segunda Etapa - Sector 5, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 2,174,977.58	60 días	Sí - 93 días	155.00%	S/51,173.27	09/10/2012 - 07/12/2012	10/03/2013	Como consecuencia del adicional aprobado debido a deficiencias en el expediente técnico

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Plazo de ejecución	Ampliación de plazo	Incidencia porcentual	Monto por ampliación de plazo	Inicio de Obra - Término contractual	Término real	Riesgos Involucrados
Elaboración de expediente técnico y ejecución de la obra: mejoramiento del sistema de riego tecnificado del bosque El Olivar, sector 3-3, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/ 3,208,887.33	120 días	Sí - 65 días	54.17%	S/85,406.28	09/01/2013-08/07/2013	08/07/2013	Inclusión de nuevas partidas debido a un expediente técnico deficiente
Mejoramiento del parque Grojillas y Milanos y plazuela del derecho en el subsector 5-2, del distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 107,740.49	30 días	No	0.00%	No	12/01/2013-10/02/2013	10/02/2013	Ninguno
Mejoramiento de la calle Barcelona e intersecciones aledañas en el subsector 1-1, del distrito de San Isidro, Lima	Precios Unitarios	S/ 711,976.71	75 días	Sí - 25 días	33.33%	S/8,632.89	17/01/2013-01/04/2013	26/04/2013	No se ubican resoluciones gerenciales
Puesta en valor de la casa Marina Nuñez del Prado de Falcon en el subsector 3-3, distrito de San Isidro - Lima - Lima	Suma Alzada	S/ 1,132,938.00	180 días	Sí - 41 días	22.78%	No	01/05/2013-27/10/2013	07/12/2013	No se especifica en liquidación
Mejoramiento del sistema de riego del parque Teniente Enrique Palacios, sector 5 subsector 5-4 del distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 355,474.52	90 días	No	0.00%	No	11/06/2013-08/09/2013	08/09/2013	Ninguno
Mejoramiento del sistema de riego del parque Guatemala, sector 1 subsector 1-5, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 251,043.68	60 días	No	0.00%	No	11/06/2013-09/08/2013	09/08/2013	Ninguno
Mejoramiento del sistema de riego del parque Belén, sector 2, subsector 2-6, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 275,009.31	60 días	No	0.00%	No	15/06/2013-13/08/2013	13/08/2013	Ninguno
Mejoramiento de la calle atenas en el subsector 1-4, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/ 233,944.80	45 días	No - 7 días de atraso	15.56%	No	24/12/2013-06/02/2014	13/02/2014	Atraso injustificado en los trabajos realizados por el contratista
Mejoramiento de la iluminación del parque Dignidad, en el subsector 5-3, distrito de San Isidro - Lima	Suma Alzada	S/ 293,701.82	45 días	No - 4 días de atraso	8.89%	No	26/12/2013-08/02/2013	12/02/2013	Atraso injustificado en los trabajos realizados por el contratista
Mejoramiento de la iluminación de la Av. Cádiz, sector 1, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/ 387,998.20	60 días	No	0.00%	No	04/01/2014-04/03/2014	04/03/2014	Ninguno

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Plazo de ejecución	Ampliación de plazo	Incidencia porcentual	Monto por ampliación de plazo	Inicio de Obra - Término contractual	Término real	Riesgos Involucrados
Mejoramiento urbano vial de la Ca. Prolongación Arenales, Pje. Amador Reyna, Ca. Casimiro Espejo, Ca. Hermilio Hernández (Cuadra 2), Ca. Pallardelle (Cuadra 2) y el Parque Santa Rosa en el subsector 3-3, Distrito de San Isidro - Lima - Lima	Suma Alzada	S/ 2,613,078.34	90 días	Sí - 72 días	80.00%	No	21/03/2014 - 18/06/2014	29/08/2014	-La Entidad introdujo mejoras no sustanciales al proyecto como la reubicación de la cisterna del riego tecnificado y elementos viales -Como consecuencia del proceso de aprobación del adicional - Como consecuencia del adicional aprobado
Mejoramiento Urbano Vial de las Calles transversales a la calle La Republica y la Av. Camino Real, en los subsectores 3-2 y 3-3, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/ 2,177,831.06	90 días	Sí - 123 días	136.67%	No	25/03/2014 - 22/05/2014	23/10/2014	-La Entidad introdujo mejoras no sustanciales al proyecto como La construcción de martillos y camellones y bermas de concreto -Oposición de los vecinos a las obras de asfalto de tres calles transversales del proyecto -Como consecuencia de la espera de la aprobación del adicional
Mejoramiento de la infraestructura urbana en la intersección de la Av. Del Parque Sur con la calle Dr. Ricardo J. Angulo Ramírez de la urbanización Corpac, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 126,200.00	30 días	Sí - 18 días	60.00%	No	12/08/2014 - 10/09/2014	28/09/2014	Demora en la absolución de consultas por parte del proyectista
Mejoramiento de la infraestructura urbana de los pasajes peatonales y núcleos de estacionamiento en el sector 5, distrito de San Isidro, primera etapa: pasajes 3,4 y 5 Urb. Corpac	Precios Unitarios	S/ 160,600.00	90 días	No - 76 días de atraso	84.44%	No	13/10/2014 - 10/01/2015	27/03/2015	Atraso injustificado en los trabajos realizados por el contratista
Mejoramiento de la iluminación en el parque combate de abtao, Urb. Jardín, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 752,239.56	90 días	Sí - 59 días	65.56%	No	29/10/2014 - 26/01/2015	26/03/2015	No se ubican resoluciones gerenciales

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Plazo de ejecución	Ampliación de plazo	Incidencia porcentual	Monto por ampliación de plazo	Inicio de Obra - Término contractual	Término real	Riesgos Involucrados
Mejoramiento de la accesibilidad y ampliación del módulo de serenazgo en el puente quífonos en la urbanización Corpac, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 103,734.35	45 días	Sí - 15 días y 10 días de atraso	55.55%	No	29/10/2014 - 12/12/2014	06/01/2015	Atraso de 10 días injustificado en los trabajos realizados por el contratista. No se ubica resolución de la ampliación de plazo
Mejoramiento de la iluminación en el paseo de los Poetas, tramo Av. Del parque norte - Av. Canaval y Moreyra, Urb. El Palomar, distrito de San Isidro -Lima -Lima	Precios Unitarios	S/ 770,366.04	90 días	Sí - 59 días	65.56%	No	30/10/2014 - 28/01/2015	27/03/2015	No se especifica en liquidación
Mejoramiento de la Av. Emilio Cavenecia y Av. Felipe Pardo y Aliaga, sector 3 del distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 936,577.38	90 días	No	0.00%	No	10/11/2014 - 07/02/2015	07/02/2015	Ninguno
Mejoramiento Urbano Vial de la Av. Alberto del Campo, entre la Av. Gral Salaverry y la Av. Juan de Aliaga, subsectores 1-3 y 2-1, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 1,686,768.56	120 días	No	0.00%	No	24/11/2014 - 23/03/2015	23/03/2015	Ninguno
Mejoramiento de la berma central entre la cuadra 7 y 8 de la Av. Del Parque Norte, distrito de San Isidro -Lima -Lima	Precios Unitarios	S/ 281,890.21	90 días	No	0.00%	No	17/12/2014 - 16/03/2015	16/03/2015	Ninguno
Mejoramiento de la berma central cuadra 1 y 2 de la Av. Pablo Carriquirry, Urb. El Palomar, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/ 437,098.92	60 días	Sí - 28 días	46.66%	No	23/12/2014 - 20/02/2015	20/03/2015	Problemas en los plazos de fabricación, exportación y desaduanado de luminarias Tipo Isla Led con soporte
Mejoramiento del parque de la Urb. Malibu en el sector 4-3, distrito de San Isidro, Lima- Lima	Precios Unitarios	S/ 808,912.67	120 días	No	0.00%	No	31/12/2014 - 29/04/2015	29/04/2015	Ninguno
Mejoramiento de la berma central de la Av. El Rosario subsector 1-6, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/ 560,749.73	75 días	Sí - 30 días	40.00%	No	10/02/2015 - 25/04/2015	25/05/2015	No se especifica en liquidación
Mejoramiento de las actividades recreativas en el parque Juan Pablo II de la Urb. Corpac, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 202,016.50	60 días	No	0.00%	No	24/04/2015 - 22/06/2015	22/06/2015	Ninguno

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Plazo de ejecución	Ampliación de plazo	Incidencia porcentual	Monto por ampliación de plazo	Inicio de Obra - Término contractual	Término real	Riesgos Involucrados
Mejoramiento de la calle y Parque Miguel Dammert Muelle, Subsector 1-5, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/ 700,168.44	60 días	Sí - 40 días	66.66%	No	26/05/2015 - 24/07/2015	02/09/2015	Como consecuencia del adicional aprobado
Mejoramiento urbano vial de la Calle Guillermo Marconi en el sector 1, subsector 1-1, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 871,772.71	60 días	No	0.00%	No	26/05/2015 - 24/07/2015	24/07/2015	Ninguno
Mejoramiento de riego tecnificado de los parques Talamantes y Alberto Hurtado, Distrito de San Isidro - Lima - Lima	Precios Unitarios	S/ 709,390.07	60 días	No	0.00%	No	20/06/2015 - 18/08/2015	18/08/2015	Ninguno
Mejoramiento urbano vial de la calle Percy Gibson Moller en la urbanización San Isidro, distrito de San Isidro - Lima -Lima	Precios Unitarios	S/ 296,214.29	60 días	Sí - 60 días	100.00%	No	17/08/2015 - 15/10/2015	14/12/2015	Demora en la instalación de las unidades de alumbrado ya que son importados y fueron entregados a destiempo por el proveedor
Mejoramiento de la accesibilidad urbana en los subsectores 2-2, 2-5, distrito de San Isidro - Lima - Lima	Precios Unitarios	S/ 723,497.44	60 días	No	0.00%	No	11/11/2015 - 09/01/2016	09/01/2016	Ninguno
Mejoramiento de los espacios recreativos en el sector 02, distrito de San Isidro -Lima - Lima	Precios Unitarios	S/ 453,048.86	30 días	Sí - 102 días	340.00%	S/85,161.73	03/12/2015 - 01/01/2016	12/04/2016	Paralización parcial y atrasos debido al requerimiento de la entidad de elaborar un expediente técnico para el adicional contemplado
Mejoramiento de los servicios de la oficina de matrimonios de la secretaría general, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/ 186,939.78	30 días	No - 5 días de atraso	16.66%	No	05/12/2015 - 03/01/2016	08/01/2016	Atraso injustificado en los trabajos realizados por el contratista
Mejoramiento de la infraestructura urbana de la calle 31, entre las calles 24 y 25 de la urbanización Corpac. Distrito de San Isidro - Lima -Lima	Precios Unitarios	S/ 806,708.76	90 días	Sí - 63 días	70.00%	S/28,869.41	12/12/2015 - 10/03/2016	12/05/2016	Paralización parcial y atrasos debido al requerimiento de la entidad de elaborar un expediente técnico para el adicional contemplado

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Plazo de ejecución	Ampliación de plazo	Incidencia porcentual	Monto por ampliación de plazo	Inicio de Obra - Término contractual	Término real	Riesgos Involucrados
Mejoramiento paisajista del parque José de Acosta, subsector 2-1, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/ 1,046,749.57	90 días	Sí - 15 días	16.66%	No	17/12/2015 - 15/03/2016	30/03/2016	Demora en la instalación de las unidades de alumbrado ya que son importados y fueron entregados a destiempo por el proveedor
Mejoramiento e implementación de espacios para canes en los parques Alfonso Ugarte, José Luis Bustamante y Rivero, y Talamantes de Baeza Fray Melchor -Distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/ 22,241.10	30 días	No	0.00%	No	21/01/2016 - 19/02/2016	19/02/2016	Ninguno
Instalación y acondicionamiento de juegos infantiles en los principales parques del sector 1, 2, 4 y 5, distrito de San Isidro -Lima -Lima	Precios Unitarios	S/ 492,895.85	30 días	No	0.00%	No	09/02/2016 - 09/03/2016	09/03/2016	Ninguno
Creación implementación del centro de encuentro vecinal - casa del vecino del sector 05, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/ 218,349.81	45 días	Sí - 53 días	117.78%	No	23/02/2016 - 07/04/2016	30/05/2016	No se especifica en liquidación
Mejoramiento urbano vial de la calle Los Libertadores, entre la calle Choquehuanca y la Av. Felipe Pardo y Aliaga, en el sector 3-2, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/ 4,469,458.75	180 días	Sí - 53 días	29.44%	S/86,234.49	25/04/2016 - 21/10/2016	13/12/2016	No se especifica en liquidación
Mejoramiento urbano de la Av. Paseo Parodi en el subsector 4-1, distrito de San Isidro - Lima	Precios Unitarios	S/ 2,757,781.22	120 días	Sí - 15 días	12.50%	S/19,830.86	19/05/2016 - 15/09/2016	30/09/2016	Trabajos de renovación de tuberías de desagüe ejecutados por la empresa SEDAPAL
Mejoramiento de los servicios de la gerencia de administración tributaria de la municipalidad distrital de San Isidro - Lima	Suma Alzada	S/ 2,160,145.14	90 días	Sí - 60 días	66.67%	S/76,907.44	01/09/2016 - 29/11/2016	28/01/2017	- Demora en el pronunciamiento de la entidad para la aprobación del adicional N° 01 y N° 02 - Debido a la ejecución del adicional N° 02
Mejoramiento del sistema de riego tecnificado de los parques Mariscal Gamarra y General La Fuente del distrito de San Isidro -Lima	Suma Alzada	S/ 707,704.83	60 días	No	0.00%	No	28/10/2016 - 26/12/2016	26/12/2016	Ninguno

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Plazo de ejecución	Ampliación de plazo	Incidencia porcentual	Monto por ampliación de plazo	Inicio de Obra - Término contractual	Término real	Riesgos Involucrados
Mejoramiento urbano de la calle Burgos en el sector 1, distrito de San Isidro - Lima	Precios Unitarios	S/ 1,256,859.11	120 días	Sí - 15 días	12.50%	No	26/01/2017 - 25/05/2017	09/06/2017	Debido a la demora en la absolución de consultas, afectando un tramo de la ruta crítica
Mejoramiento de la planta de tratamiento del distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/ 802,104.00	105 días	Sí - 78 días	74.29%	S/21,555.10	01/02/2017 - 16/05/2017	02/08/2017	- Debido a que la empresa municipal administradora del peaje de Lima ocupaba con materiales de obra parte del terreno de la obra - Debido a la espera de la aprobación del expediente técnico de la prestación adicional de obra N° 01 - Debido a la ejecución del adicional N° 01
Mejoramiento urbano - vial de las calles Amador Merino Reyna, Deán Valdivia, Coronel Andrés Reyes y Chinchón en el subsector 4-2 distrito de San Isidro - Lima - Lima - Primera Etapa	Precios Unitarios	S/ 1,379,355.85	60 días	Sí - 4 días y 5 días de atraso	15.00%	No	15/02/2017 - 15/04/2017	24/04/2017	Trabajos de SEDAPAL de profundización de tuberías
Mejoramiento de la iluminación de la avenida Coronel Portillo, subsector 2-2 y 2-3, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/ 622,012.68	120 días	No	0.00%	No	03/03/2017 - 30/06/2017	30/06/2017	Ninguno
Mejoramiento del servicio de recreación y esparcimiento en el parque del trabajador municipal, distrito de San Isidro - Lima	Suma Alzada	S/ 105,278.42	30 días	Sí - 23 días	76.67%	No	24/03/2017 - 22/04/2017	15/05/2017	No se especifica en liquidación ni se ubican resoluciones gerenciales
Mejoramiento del servicio de recreación y esparcimiento en el parque Talamantes de Baeza Fray Melchor, distrito de San Isidro - Lima - Lima - Segunda Etapa	Precios Unitarios	S/ 244,370.09	45 días	Sí - 4 días	8.89%	No	12/07/2017 - 25/08/2017	29/08/2017	Debido a la intervención en obra de un tercero, aprobación por parte de la entidad para que un proveedor instale los juegos infantiles
Mejoramiento del servicio de recreación y esparcimiento en el parque Talamantes de Baeza Fray Melchor, distrito de San Isidro - Lima - Lima - Tercera Etapa - Instalaciones eléctricas	Precios Unitarios	S/ 674,166.46	135 días	Sí - 7 días	5.19%	No	12/07/2017 - 23/11/2017	30/11/2017	Debido a la demora en la fabricación e importación de los artefactos lumínicos

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Plazo de ejecución	Ampliación de plazo	Incidencia porcentual	Monto por ampliación de plazo	Inicio de Obra - Término contractual	Término real	Riesgos Involucrados
Mejoramiento de los servicios del centro de encuentro vecinal Los Halcones en el sector 4-4, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/ 1,754,276.07	90 días	Sí - 97 días	107.78%	No	08/09/2017 - 06/12/2017	10/03/2018	No se especifica en liquidación ni se ubican resoluciones gerenciales
Mejoramiento del servicio de iluminación en la calle Burgos, distrito de San Isidro, Lima - Lima	Precios Unitarios	S/ 512,291.40	120 días	Sí - 76 días	63.33%	No	21/09/2017 - 18/01/2018	05/04/2018	Debido a la demora en la fabricación e importación de los artefactos lumínicos
Mejoramiento urbano - vial del entorno comprendido por las Av. Arequipa, Camino Real, Javier Prado Oeste y Paz Soldan en el fundo conde de San Isidro, distrito de San Isidro, Lima - Lima	Precios Unitarios	S/ 4,113,344.09	135 días	Sí - 50 días de ampliación y 57 días de suspensión del plazo	79.26%	S/55,033.84	01/10/2017 - 12/02/2018	30/05/2018	- El motivo de la ampliación de plazo no se especifica en liquidación - La suspensión del plazo se debe a la superposición de los trabajos de las concesionarias LUZ DEL SUR S.A. y CLARO S.A.C.
Mejoramiento urbano de los pasajes peatonales y núcleos de estacionamiento en el sector 5, distrito de San Isidro - Lima - Lima - Etapa 2	Precios Unitarios	S/ 2,470,759.67	150 días	Sí - 23 días	15.33%	No	18/10/2017 - 16/03/2018	08/04/2018	Debido a la demora en la absolución de consultas, afectando un tramo de la ruta crítica
Mejoramiento y ampliación de los servicios del centro de encuentro vecinal en el sector 1, distrito de San Isidro, Lima - Lima	Suma Alzada	S/ 1,419,977.97	180 días	Sí - 31 días	17.22%	No	22/11/2017 - 20/05/2018	20/06/2018	Debido a que el proveedor de ascensores tiene un plazo de fabricación, colocación y puesta en servicio que no puede ser reducido, por lo que se suspendió el plazo.

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 5, de un total de sesenta (60) obras ejecutadas por la municipalidad de San Isidro, existen cuarenta y dos (42) obras que han incurrido en retrasos, representando un 70%. Este porcentaje es preocupante ya que se puede considerar al distrito de San Isidro como uno que posee mayor población con un nivel socioeconómico A/B y, por lo tanto, no tendrían que existir tantos problemas en la ejecución de una obra pública. Los riesgos relacionados con las ampliaciones de plazo aprobadas y no aprobadas, con su frecuencia entre paréntesis, se resumen a continuación:

- Como consecuencia del adicional aprobado, por un expediente técnico deficiente. (13)
- Atrasos injustificados en los trabajos realizados por el contratista. (7)
- En virtud a la demora del trámite del adicional solicitado. (6)
- Problemas en los plazos de fabricación e instalación de proveedores. (6)
- Superposición de trabajos por terceros. (5)
- Demora en la absolución de consultas por parte del proyectista y la entidad. (3)
- Oposición de los vecinos. (1)

Como se puede apreciar, se han identificado siete (7) tipos de riesgos repartidos en las cuarenta y dos (42) obras que presentan retrasos de tiempo, sumando un total de 41 riesgos distribuidos en esas obras (no se pudieron ubicar algunas resoluciones de ampliaciones de plazo). El riesgo más recurrente se debe a deficiencias en el expediente técnico que producen, a su vez, uno o varios adicionales. Así mismo, se puede distinguir que cuando se presentan ampliaciones de plazo, la entidad debe pagar mayores gastos generales por los días ampliados salvo que la causa no sea atribuible a la entidad, en cuyo caso, el contratista renuncia a recibir mayores pagos. Existen dieciocho (18) obras que sobrepasan el millón de soles, de las cuales dieciséis (16) presentan retrasos; por lo tanto, se puede concluir que a medida que la obra sea más compleja existirán más riesgos que den lugar a retrasos. Tomando en cuenta solo a las

obras que presentaron retrasos en su ejecución, el promedio en la incidencia porcentual de retraso es del 61.19%, mientras que el promedio incluyendo a las obras que no incurrieron en retrasos es del 42.83%. A raíz de esta información es que se procederá a aplicar la simulación Monte Carlo: se parte desde la presunción que una obra puede tener y no tener retrasos, por lo tanto el valor utilizado para variar el plazo es del 42.83% como la situación más pesimista debido a los diversos riesgos que se puedan presentar en su ejecución.

#### **4.2.2 Adicionales en la municipalidad de San Isidro**

La tabla 6 muestra las mismas obras ejecutadas por la municipalidad de San Isidro, pero con la información en lo que respecta a los adicionales de obra y sus respectivos riesgos asociados. En este caso, se incluyeron los montos contratados, así como el monto liquidado una vez finalizada la ejecución de la obra.

Como se puede distinguir, la suma del monto contratado y el adicional no es igual al monto liquidado. Esto se debe a que en la liquidación de una obra se incluyen muchos factores por los cuales el monto se incrementa o disminuye, tales como el ajuste de precios de acuerdo a la fórmula polinómica establecida en el contrato, el metrado real ejecutado por el contratista en caso de obras a precios unitarios, mayores gastos generales en caso hubieran ampliaciones de plazo, deductivos de obra y penalidades aplicadas al contratista por no cumplir a cabalidad con los términos contractuales.

Tabla 6

*Información de adicionales en la municipalidad de San Isidro.*

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Adicional	Monto liquidado	Incidencia porcentual	Inicio de Obra - Término contractual	Riesgos Involucrados
Mejoramiento de los parques Grecia y Bernales en el subsector 2-7 - Distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/729,799.51	Sí - S/2,945.82	S/747,313.10	0.40%	11/01/2012 - 10/03/2012	Deficiencias en el expediente técnico debido a mayores metrados
Mejoramiento de la calle Miguel de Echenique, en el subsector 1-4, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/210,942.26	Sí - S/ 20,996.86	S/225,130.43	9.95%	12/01/2012 - 11/03/2012	Adicional de obra con deductivo vinculante debido a deficiencias en el expediente técnico
Mejoramiento del sistema de iluminación del eje vial Av. Los Conquistadores, calle Santa Luisa, calle Daniel Hernandez y calle Ollanta en el sector 03, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/909,346.54	No	S/865,591.89	0.00%	18/01/2012 - 16/04/2012	Ninguno
Mejoramiento del sistema de riego de la Av. Arequipa cuadra 27 a la 37 distrito de San Isidro - Lima - Lima	Precios Unitarios	S/327,110.95	Sí - S/. 24,268.50	S/363,080.51	7.42%	25/05/2012 - 22/08/2012	Adicional de obra con deductivo vinculante debido a deficiencias en el expediente técnico y vicios ocultos (02 adicionales)
Instalación del sistema de canalización entubado de la Av. Alvarez Calderón del distrito de San Isidro - Lima	Precios Unitarios	S/650,109.46	No	S/652,619.42	0.00%	04/08/2012 - 16/10/2012	Ninguno
Mejoramiento de la Avenida Aurelio Miro Quesada y Avenida Alberto del Campo cuadra 1 y 2, distrito de San Isidro - Lima -Lima	Precios Unitarios	S/2,262,634.55	No	S/2,049,673.01	0.00%	06/08/2012 - 03/12/2012	Ninguno
Mejoramiento Urbano Vial de la calle Las Camelias, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/2,057,534.52	No	S/2,029,572.98	0.00%	15/08/2012 - 12/12/2012	Ninguno
Mejoramiento y remodelación urbanística de la Av. Guardia Civil, Av. José Gálvez Barrenechea y Ovalo Quiñones - Segunda Etapa - Sector 5, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/2,174,977.58	Sí -S/ 38,840.72	S/2,141,557.58	1.79%	09/10/2012 - 07/12/2012	Debido a deficiencias en el expediente técnico y vicios ocultos
Ejecución de la obra: mejoramiento del sistema de riego tecnificado del bosque El Olivar, sector 3-3, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/3,085,468.58	Sí - S/ 57,519.29	S/3,223,845.07	1.86%	09/01/2013- 08/07/2013	Hechos fortuitos posteriores a la suscripción del contrato como inclusión de nuevas partidas

<b>Obra</b>	<b>Sistema de Contratación</b>	<b>Monto contratado</b>	<b>Adicional</b>	<b>Monto liquidado</b>	<b>Incidencia porcentual</b>	<b>Inicio de Obra - Término contractual</b>	<b>Riesgos Involucrados</b>
Mejoramiento del parque Grojillas y Milanos y plazuela del derecho en el subsector 5-2, del distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/107,740.49	No	S/. 107,086.72	0.00%	12/01/2013-10/02/2013	Ninguno
Mejoramiento de la calle Barcelona e intersecciones aledañas en el subsector 1-1, del distrito de San Isidro, Lima	Precios Unitarios	S/711,976.71	Sí - S/ 10,963.13	S/. 696,110.53	1.54%	17/01/2013-01/04/2013	Hechos fortuitos posteriores a la suscripción del contrato como inclusión de nuevas partidas
Puesta en valor de la casa Marina Nuñez del Prado de Falcon en el subsector 3-3, distrito de San Isidro - Lima - Lima	Suma Alzada	S/1,132,938.00	Sí -S/ 103,502.07	S/. 1'294,567.92	9.14%	01/05/2013-27/10/2013	Hechos fortuitos posteriores a la suscripción del contrato como inclusión de nuevas partidas (02 adicionales)
Mejoramiento del sistema de riego del parque Teniente Enrique Palacios, sector 5 subsector 5-4 del distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/355,474.52	No	S/. 370,442.42	0.00%	11/06/2013-08/09/2013	Ninguno
Mejoramiento del sistema de riego del parque Guatemala, sector 1 subsector 1-5, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/251,043.68	No	S/. 263,587.51	0.00%	11/06/2013-09/08/2013	Ninguno
Mejoramiento del sistema de riego del parque Belen, sector 2, subsector 2-6, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/275,009.31	No	S/. 286,120.36	0.00%	15/06/2013-13/08/2013	Ninguno
Mejoramiento de la calle atenas en el subsector 1-4, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/233,944.80	No	S/. 239,722.09	0.00%	24/12/2013-06/02/2014	Ninguno
Mejoramiento de la iluminación del parque Dignidad, en el subsector 5-3, distrito de San Isidro - Lima	Suma Alzada	S/293,701.82	No	S/. 308,902.77	0.00%	26/12/2013-08/02/2013	Ninguno
Mejoramiento de la iluminación de la Av. Cádiz, sector 1, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/387,998.20	No	S/. 405,216.22	0.00%	04/01/2014-04/03/2014	Ninguno

<b>Obra</b>	<b>Sistema de Contratación</b>	<b>Monto contratado</b>	<b>Adicional</b>	<b>Monto liquidado</b>	<b>Incidencia porcentual</b>	<b>Inicio de Obra - Término contractual</b>	<b>Riesgos Involucrados</b>
Mejoramiento urbano vial de la Ca. Prolongación Arenales, Pje. Amador Reyna, Ca. Casimiro Espejo, Ca. Hermilio Hernández (Cuadra 2), Ca. Pallardelle (Cuadra 2) y el Parque Santa Rosa en el subsector 3-3, Distrito de San Isidro - Lima - Lima	Suma Alzada	S/2,613,078.34	Sí - S/ 00.00 (Deductivo)	S/. 2'654,655.13	0.00%	21/03/2014 - 18/06/2014	Adición y reducción de partidas del presupuesto. Cambio de alcance.
Mejoramiento Urbano Vial de las Calles transversales a la calle La Republica y la Av. Camino Real, en los subsectores 3-2 y 3-3, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/2,177,831.06	Sí - S/ 00.00 (Deductivo)	S/. 2,191,448.46	0.00%	25/03/2014 - 22/05/2014	Adición y reducción de partidas del presupuesto. Cambio de alcance.
Mejoramiento de la infraestructura urbana en la intersección de la Av. Del Parque Sur con la calle Dr. Ricardo J. Angulo Ramírez de la urbanización Corpac, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/126,200.00	No	S/. 129,277.18	0.00%	12/08/2014 - 10/09/2014	Ninguno
Mejoramiento de la infraestructura urbana de los pasajes peatonales y núcleos de estacionamiento en el sector 5, distrito de San Isidro, primera etapa: pasajes 3,4 y 5 Urb. Corpac	Precios Unitarios	S/160,600.00	No	S/. 164,867.48	0.00%	13/10/2014 - 10/01/2015	Ninguno
Mejoramiento de la iluminación en el parque combate de abtao, Urb. Jardín, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/752,239.56	No	S/. 797,887.95	0.00%	29/10/2014 - 26/01/2015	Ninguno
Mejoramiento de la accesibilidad y ampliación del módulo de serenazgo en el puente quiñones en la urbanización Corpac, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/103,734.35	No	S/. 103,433.12	0.00%	29/10/2014 - 12/12/2014	Ninguno
Mejoramiento de la iluminación en el paseo de los Poetas, tramo Av. Del parque norte - Av. Canaval y Moreyra, Urb. El Palomar, distrito de San Isidro -Lima -Lima	Precios Unitarios	S/770,366.04	No	S/. 816,853.62	0.00%	30/10/2014 - 28/01/2015	Ninguno
Mejoramiento de la Av. Emilio Cavenecia y Av. Felipe Pardo y Aliaga, sector 3 del distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/936,577.38	No	S/. 960,798.99	0.00%	10/11/2014 - 07/02/2015	Ninguno

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Adicional	Monto liquidado	Incidencia porcentual	Inicio de Obra - Término contractual	Riesgos Involucrados
Mejoramiento Urbano Vial de la Av. Alberto del Campo, entre la Av. Gral Salaverry y la Av. Juan de Aliaga, subsectores 1-3 y 2-1, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/1,686,768.56	No	S/. 1,734,458.48	0.00%	24/11/2014 - 23/03/2015	Ninguno
Mejoramiento de la berma central entre la cuadra 7 y 8 de la Av. Del Parque Norte, distrito de San Isidro -Lima -Lima	Precios Unitarios	S/281,890.21	No	S/. 286,226.57	0.00%	17/12/2014 - 16/03/2015	Ninguno
Mejoramiento de la berma central cuadra 1 y 2 de la Av. Pablo Carriquiry, Urb. El Palomar, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/437,098.92	No	S/. 457,323.47	0.00%	23/12/2014 - 20/02/2015	Ninguno
Mejoramiento del parque de la Urb. Malibu en el sector 4-3, distrito de San Isidro, Lima-Lima	Precios Unitarios	S/808,912.67	No	S/. 809,705.68	0.00%	31/12/2014 - 29/04/2015	Ninguno
Mejoramiento de la berma central de la Av. El Rosario subsector 1-6, distrito de San Isidro - Lima-Lima	Precios Unitarios	S/560,749.73	No	S/. 553,025.14	0.00%	10/02/2015 - 25/04/2015	Ninguno
Mejoramiento de las actividades recreativas en el parque Juan Pablo II de la Urb. Corpac, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/202,016.50	No	S/. 211,214.52	0.00%	24/04/2015 - 22/06/2015	Ninguno
Mejoramiento de la calle y Parque Miguel Dammert Muelle, Subsector 1-5, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/700,168.44	Sí - S/ 6,857.40	S/. 707,959.09	0.98%	26/05/2015 - 24/07/2015	Modificación del ancho de la vía lado par del parque Miguel Dammert Muelle por requerimientos de los vecinos. Cambio de alcance.
Mejoramiento urbano vial de la Calle Guillermo Marconi en el sector 1, subsector 1-1, distrito de San Isidro	Precios Unitarios	S/871,772.71	No	S/. 871,603.97	0.00%	26/05/2015 - 24/07/2015	Ninguno
Mejoramiento de riego tecnificado de los parques Talamantes y Alberto Hurtado, Distrito de San Isidro - Lima - Lima	Precios Unitarios	S/709,390.07	No	S/. 738,262.34	0.00%	20/06/2015 - 18/08/2015	Ninguno
Mejoramiento urbano vial de la calle Percy Gibson Moller en la urbanización San Isidro, distrito de San Isidro - Lima -Lima	Precios Unitarios	S/296,214.29	No	S/. 306,684.86	0.00%	17/08/2015 - 15/10/2015	Ninguno

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Adicional	Monto liquidado	Incidencia porcentual	Inicio de Obra - Término contractual	Riesgos Involucrados
Mejoramiento de la accesibilidad urbana en los subsectores 2-2, 2-5, distrito de San Isidro - Lima - Lima	Precios Unitarios	S/723,497.44	No	S/. 734,265.35	0.00%	11/11/2015 - 09/01/2016	Ninguno
Mejoramiento de los espacios recreativos en el sector 02, distrito de San Isidro -Lima - Lima	Precios Unitarios	S/453,048.86	Sí - S/ 45,926.04	S/. 604,099.56	10.14%	03/12/2015 - 01/01/2016	Adicional de obra con deductivo vinculante: modificaciones del proyecto original por parte de la entidad debido a un cambio en el alcance
Mejoramiento de los servicios de la oficina de matrimonios de la secretaría general, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/186,939.78	No	S/. 193,269.26	0.00%	05/12/2015 - 03/01/2016	Ninguno
Mejoramiento de la infraestructura urbana de la calle 31, entre las calles 24 y 25 de la urbanización Corpac. Distrito de San Isidro - Lima -Lima	Precios Unitarios	S/806,708.76	Sí - S/ 14,870.38	S/. 881,511.93	1.84%	12/12/2015 - 10/03/2016	No se especifica en adicional de obra. Incluye deductivo, por lo que se considera un cambio en el alcance.
Mejoramiento paisajista del parque José de Acosta, subsector 2-1, distrito de San Isidro - Lima-Lima	Precios Unitarios	S/1,046,749.57	No	S/. 1,076,081.47	0.00%	17/12/2015 - 15/03/2016	Ninguno
Mejoramiento e implementación de espacios para canes en los parques Alfonso Ugarte, José Luis Bustamante y Rivero, y Talamantes de Baeza Fray Melchor -Distrito de San Isidro - Lima-Lima	Precios Unitarios	S/222,241.10	No	S/. 233,353.14	0.00%	21/01/2016 - 19/02/2016	Ninguno
Instalación y acondicionamiento de juegos infantiles en los principales parques del sector 1, 2, 4 y 5, distrito de San Isidro -Lima -Lima	Precios Unitarios	S/492,895.85	Sí - S/ 9,591.02	S/. 517,489.01	1.95%	09/02/2016 - 09/03/2016	Adicional de obra con deductivo vinculante: nuevo tipo de acabado en los pisos de las áreas de los juegos infantiles. Se considera como un cambio en el alcance.
Creación implementación del centro de encuentro vecinal - casa del vecino del sector 05, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/218,349.81	Sí - S/ 30,384.32	S/. 252,133.21	13.92%	23/02/2016 - 07/04/2016	Cambio en el alcance con la modificación de partidas del expediente técnico (01 adicional) y deficiencias en el expediente técnico (02 adicionales). Incluye deductivo vinculante.
Mejoramiento urbano vial de la calle Los Libertadores, entre la calle Choquehuanca y la Av. Felipe Pardo y Aliaga, en el sector 3-2, distrito de San Isidro -Lima-Lima	Precios Unitarios	S/4,469,458.75	Sí - (-S/ 115,755.58 deductivo)	S/. 4,289,383.79	-2.59%	25/04/2016 - 21/10/2016	- Necesidad de construir un muro de contención a lo largo de la cuadra 05 de la Av. Los Libertadores a fin de evitar el colapso de la estructura de pavimento (medida de emergencia). - Adición y reducción de partidas del presupuesto. Cambio de alcance.

Obra	Sistema de Contratación	Monto contratado	Adicional	Monto liquidado	Incidencia porcentual	Inicio de Obra - Término contractual	Riesgos Involucrados
Mejoramiento urbano de la Av. Paseo Parodi en el subsector 4-1, distrito de San Isidro – Lima.	Precios Unitarios	S/2,757,781.22	No	S/. 2,654,929.88	0.00%	19/05/2016 - 15/09/2016	Ninguno
Mejoramiento de los servicios de la gerencia de administración tributaria de la municipalidad distrital de San Isidro – Lima.	Suma Alzada	S/2,160,145.14	Sí - S/ 70,727.53	S/. 2,384,133.65	3.27%	01/09/2016 - 29/11/2016	Debido a deficiencias en el expediente técnico ( 02 adicionales)
Mejoramiento del sistema de riego tecnificado de los parques Mariscal Gamarra y General La Fuente del distrito de San Isidro –Lima.	Suma Alzada	S/707,704.83	No	S/. 723,715.41	0.00%	28/10/2016 - 26/12/2016	Ninguno
Mejoramiento urbano de la calle Burgos en el sector 1, distrito de San Isidro – Lima.	Precios Unitarios	S/1,256,859.11	Sí - S/. 57,603.98	S/. 1,296,160.98	4.58%	26/01/2017 - 25/05/2017	- Debido a un cambio en el diseño del proyecto. Incluye deductivo vinculante. - Debido a la existencia de mayores metrados en función de las modificaciones realizadas en el proceso constructivo. Expediente técnico deficiente.
Mejoramiento de la planta de tratamiento del distrito de San Isidro.	Suma Alzada	S/802,104.00	Sí – (-S/ 120.44 deductivo)	S/. 865,770.64	-0.02%	01/02/2017 - 16/05/2017	Adición y reducción de partidas del presupuesto. Cambio de alcance.
Mejoramiento urbano - vial de las calles Amador Merino Reyna, Deán Valdivia, Coronel Andrés Reyes y Chinchón en el subsector 4-2 distrito de San Isidro - Lima - Lima - Primera Etapa.	Precios Unitarios	S/1,379,355.85	No	S/. 1,382,497.34	0.00%	15/02/2017 - 15/04/2017	Ninguno
Mejoramiento de la iluminación de la avenida Coronel Portillo, subsector 2-2 y 2-3, distrito de San Isidro.	Precios Unitarios	S/622,012.68	No	S/. 604,461.20	0.00%	03/03/2017 - 30/06/2017	Ninguno
Mejoramiento del servicio de recreación y esparcimiento en el parque del trabajador municipal, distrito de San Isidro – Lima.	Suma Alzada	S/105,278.42	Sí - S/. 1741.21	S/. 105,882.77	1.65%	24/03/2017 - 22/04/2017	Debido a deficiencias en el expediente técnico. Incluye deductivo vinculante.
Mejoramiento del servicio de recreación y esparcimiento en el parque Talamantes de Baeza Fray Melchor, distrito de San Isidro - Lima - Lima - Segunda Etapa.	Precios Unitarios	S/244,370.09	No	S/. 244,732.83	0.00%	12/07/2017 - 25/08/2017	Ninguno

<b>Obra</b>	<b>Sistema de Contratación</b>	<b>Monto contratado</b>	<b>Adicional</b>	<b>Monto liquidado</b>	<b>Incidencia porcentual</b>	<b>Inicio de Obra - Término contractual</b>	<b>Riesgos Involucrados</b>
Mejoramiento del servicio de recreación y esparcimiento en el parque Talamantes de Baeza Fray Melchor, distrito de San Isidro - Lima - Lima - Tercera Etapa - Instalaciones eléctricas	Precios Unitarios	S/674,166.46	No	S/. 667,873.52	0.00%	12/07/2017 - 23/11/2017	Ninguno
Mejoramiento de los servicios del centro de encuentro vecinal Los Halcones en el sector 4-4, distrito de San Isidro	Suma Alzada	S/1,754,276.07	Sí- S/. 16,257.72	S/. 1,790,313.72	0.93%	08/09/2017 - 06/12/2017	Modificación de partidas realizados por la Entidad. Incluye deductivo vinculante.
Mejoramiento del servicio de iluminación en la calle Burgos, distrito de San Isidro, Lima - Lima	Precios Unitarios	S/512,291.40	No	S/. 545,661.60	0.00%	21/09/2017 - 18/01/2018	Ninguno
Mejoramiento urbano - vial del entorno comprendido por las Av. Arequipa, Camino Real, Javier Prado Oeste y Paz Soldan en el fundo conde de San Isidro, distrito de San Isidro, Lima - Lima	Precios Unitarios	S/4,113,344.09	Sí -S/. 4,417.53	S/. 4,146,444.89	0.11%	01/10/2017 - 12/02/2018	No se especifica en liquidación.
Mejoramiento urbano de los pasajes peatonales y núcleos de estacionamiento en el sector 5, distrito de San Isidro - Lima - Lima - Etapa 2	Precios Unitarios	S/2,470,759.67	Sí - S/. 119,270.22	S/. 2,661,941.11	4.83%	18/10/2017 - 16/03/2018	Discrepancia existente en una partida debido a deficiencias en el expediente técnico. Incluye deductivo vinculante.
Mejoramiento y ampliación de los servicios del centro de encuentro vecinal en el sector 1, distrito de San Isidro, Lima - Lima	Suma Alzada	S/1,419,977.97	No	S/. 1,446,674.55	0.00%	22/11/2017 - 20/05/2018	Ninguno

*Nota.* Elaboración propia.

De la tabla 6 se puede concluir que un total de veintidós (22) de las sesenta (60) obras han solicitado por lo menos 01 adicional, lo cual representa una recurrencia del 36.67% del total de obras. Del mismo modo, este porcentaje es preocupante ya que indica que aproximadamente dos de cada cinco obras, ejecutadas por un distrito considerado con mayor población de un nivel socioeconómico A/B, presentarían adicionales. Los riesgos asociados y causales de adicionales, con su frecuencia entre paréntesis, se mencionan a continuación:

- Deficiencias en el expediente técnico. (12)
- Modificación del alcance solicitado por la entidad. (11)
- Hechos fortuitos posteriores a la suscripción del contrato como inclusión de nuevas partidas. (4)
- Como medida de emergencia según el octavo párrafo del artículo 205 del reglamento de la ley de contrataciones del Estado. (1)

Existieron un total de cuatro (4) tipos de riesgos identificados distribuidos en las veintidós (22) obras, sumando un total veintiocho (28) riesgos distribuidos que originaron adicionales de obra. La deficiencia en el expediente técnico y modificaciones en el alcance por parte de la entidad son los riesgos más recurrentes y los que deben ser gestionados con mayor detenimiento al momento de planificar un proyecto de construcción público. El promedio en la incidencia porcentual entre todos los adicionales es del 4.24%; sin embargo, si se toma en cuenta también a las obras que no han presentado adicionales el promedio es del 1.32%. Por otra parte, el valor promedio entre los deductivos presentados es del -1.31% y si se toma en cuenta a las obras que no han presentado deductivos el promedio es del -0.06%. Los porcentajes de variación a tomar en cuenta para aplicar la simulación Monte Carlo son el 1.32% para el valor máximo y del -0.06% para el mínimo, ya que la obra a planificar puede o no tener adicionales así como deductivos, debido a los riesgos que ocurran durante su ejecución.

## CAPÍTULO 5: APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN MONTE CARLO EN EL CRONOGRAMA

### 5.1 Consideraciones para la aplicación

Para poder realizar la aplicación de la simulación Monte Carlo, y así tratar de reducir la recurrencia de ampliaciones de plazo en obras públicas, se utilizará el complemento @Risk para Excel que permitirá simular miles de escenarios bajo los cuales se ejecutarán las partidas del proyecto, según los datos de entrada ingresados. En vista de la investigación realizada en la municipalidad de San Isidro, es muy frecuente la ejecución de obras de edificaciones ya que representan el 75% de todas las obras ejecutadas entre los años 2012 y 2017, por lo tanto, se aplicará la simulación Monte Carlo en ese tipo de obras. Las cuatro obras seleccionadas han sido ejecutadas por la municipalidad de Miraflores. Las consideraciones en la aplicación son las siguientes:

- El plazo de ejecución, establecido por la entidad, es la duración más probable.
- Se considerará como la duración mínima u optimista igual a la duración más probable. Esto se debe a que en la investigación realizada no se han presentado casos en los que una obra haya terminado en menos tiempo de lo establecido.
- Se considerará como la duración máxima o pesimista al 142.83% de la duración más probable. Esto se debe a las conclusiones de la investigación realizada en San Isidro.
- Se realizarán diez mil iteraciones en cada simulación y se utilizará a la distribución triangular como la que defina el comportamiento de las variables que son las actividades pertenecientes a la ruta crítica del proyecto (Kong, Zhang, Li, Zheng & Guan, 2015).

### 5.2 Aplicación de la simulación Monte Carlo

En la siguiente tabla se muestran las cuatro obras de Miraflores a ser utilizadas para la aplicación de la simulación Monte Carlo:

Tabla 7

*Obras de la municipalidad de Miraflores para aplicación en plazo de ejecución.*

Obra	Sistema de Contratación	Especialidad	Monto contratado	Plazo de ejecución	Plazo de ejecución real	Incidencia porcentual
Rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial de la Av. Diezcanseco - segunda etapa, distrito de Miraflores - Lima - Lima	Suma alzada	Edificación	S/601,225.07	45 días	53 días	17.78%
Mejoramiento de los servicios de las bibliotecas municipales del distrito de Miraflores – Lima - Lima	Suma Alzada	Edificación	S/1,209,593.68	85 días	112 días	31.76%
Creación e implementación de almacenes soterrados para casos de emergencia, distrito de Miraflores	Suma Alzada	Edificación	S/2'722,056.41	120 días	163 días	35.83%
Rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial de las calles pertenecientes a la sub zona 5-A, distrito de Miraflores - Lima - Lima	Suma Alzada	Edificación	S/2'155,260.39	90 días	161 días	78.89%

*Nota.* Elaboración propia.

En primer lugar se calculan los valores mínimos y máximos (ver tablas 8, 9, 10 y 11) para cada actividad de la ruta crítica de las cuatro obras ejecutadas, con base en la investigación realizada a la municipalidad de San Isidro:

Tabla 8

*Variaciones en actividades críticas de obra N° 01.*

Rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial de la Av. Diez Canseco	Duración mínima (días)	Duración más probable (días)	Duración máxima (días)
Demolición de veredas E=4", incluye rampa peatonal y vehicular	5	5	7.14
Excavación para sardinel sumergido	9	9	12.85
Conformación y compactación de sub-rasante para veredas	6	6	8.57
Base granular E= 0.10m con plancha para vereda	9	9	12.85
Bloques de concreto color marrón ( 20cmx20cmx6cm)	9	9	12.85
Suministro e instalación de alcorques p/jardineras de 1.50mx1.50m y 2.00mx2.00m	4	4	5.71
Pintado de pavimentos para ciclo-vía	2	2	2.86
Pintado de pavimento para señalización	1	1	1.43
<b>Plazo de ejecución</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>64.27</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 9

*Variaciones en actividades críticas de obra N° 02.*

<b>Mejoramiento de los servicios de las bibliotecas municipales del distrito de Miraflores</b>	<b>Duración mínima (días)</b>	<b>Duración más probable (días)</b>	<b>Duración máxima (días)</b>
Obras provisionales, trabajos preliminares	15	15	21.42
Revoques y enlucidos	10	10	14.28
Tabiquería de drywall	15	15	21.42
Carpintería de madera	10	10	14.28
Contra-zócalos	5	5	7.14
Cerrajería	5	5	7.14
Vidrios, cristales y similares	20	20	28.57
Otros	5	5	7.14
<b>Plazo de ejecución</b>	<b>85</b>	<b>85</b>	<b>121.41</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 10

*Variaciones en actividades críticas de obra N° 03.*

<b>Creación e implementación de almacenes soterrados para casos de emergencia</b>	<b>Duración mínima (días)</b>	<b>Duración más probable (días)</b>	<b>Duración máxima (días)</b>
Remoción, traslado y reposición de redes de baja tensión	8	8	11.43
Traslado de árboles	5	5	7.14
Desmontaje de rejas metálicas	3	3	4.28
Excavación para cimientos hasta 1.00m terreno normal	25	25	35.71
Salida para tomacorriente bipolar doble a 0.40m/1.80m SNPT con toma puesta a tierra	12	12	17.14
Salida para iluminación central con PVC	12	12	17.14
Piso cerámico de 45cm x 45cm	16	16	22.85
Suministro e instalación de tótem de estructura metálica con planchas acrílicas	22	22	31.42
Pruebas de sistema eléctrico	17	17	24.28
<b>Plazo de ejecución</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>171.40</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 11

Variaciones en actividades críticas de obra N° 04.

Rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial de las calles pertenecientes a la sub zona 5-A	Duración mínima (días)	Duración más probable (días)	Duración máxima (días)
Demolición de veredas E= 0.10m con equipo	7	7	10.00
Demolición de pavimentos asfáltico E= 2"	6	6	8.57
Demolición de pavimento de concreto E=0.15m	10	10	14.28
Excavación a mano en terreno natural	12	12	17.14
Nivelación, riego y compactación de la subrasante	5	5	7.14
Nivelación, riego y compactación para recibir base de afirmado para veredas	8	8	11.43
Base E=0.10m para veredas	15	15	21.42
Veredas de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , E=0.10m	24	24	34.28
Limpieza final de terreno	3	3	4.28
<b>Plazo de ejecución</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>128.55</b>

Nota. Elaboración propia.

Una vez obtenidas las variaciones, el comportamiento de las actividades críticas se definen mediante la asignación de la distribución triangular (ver figuras 10, 11, 12 y 13), donde los parámetros de entrada son las duraciones mínima, más probable y máxima:

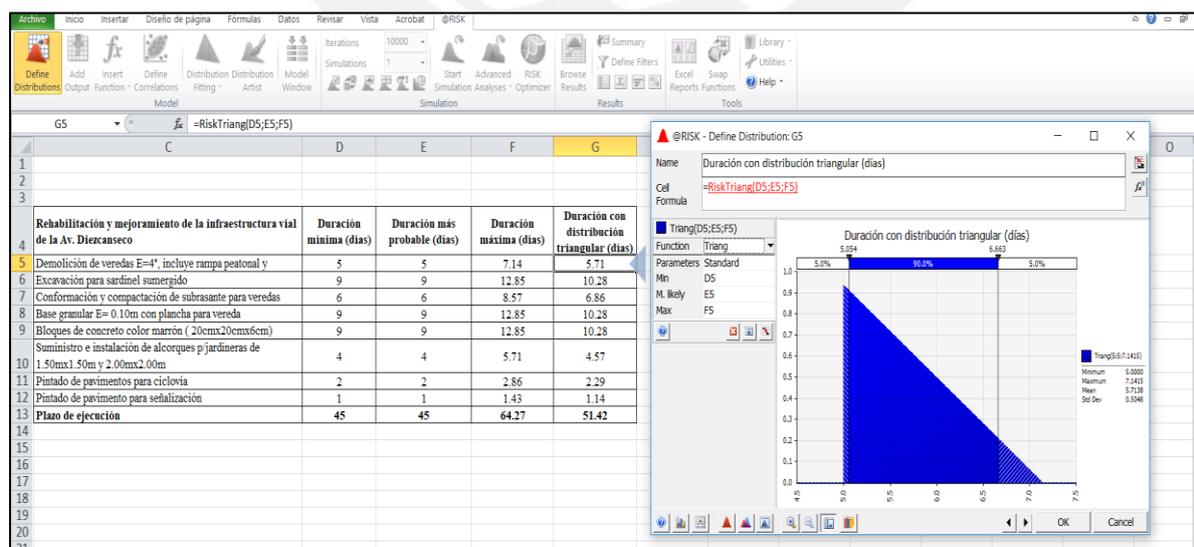


Figura 10. Asignación de distribución triangular en actividades críticas de obra N°01.

Elaboración propia.

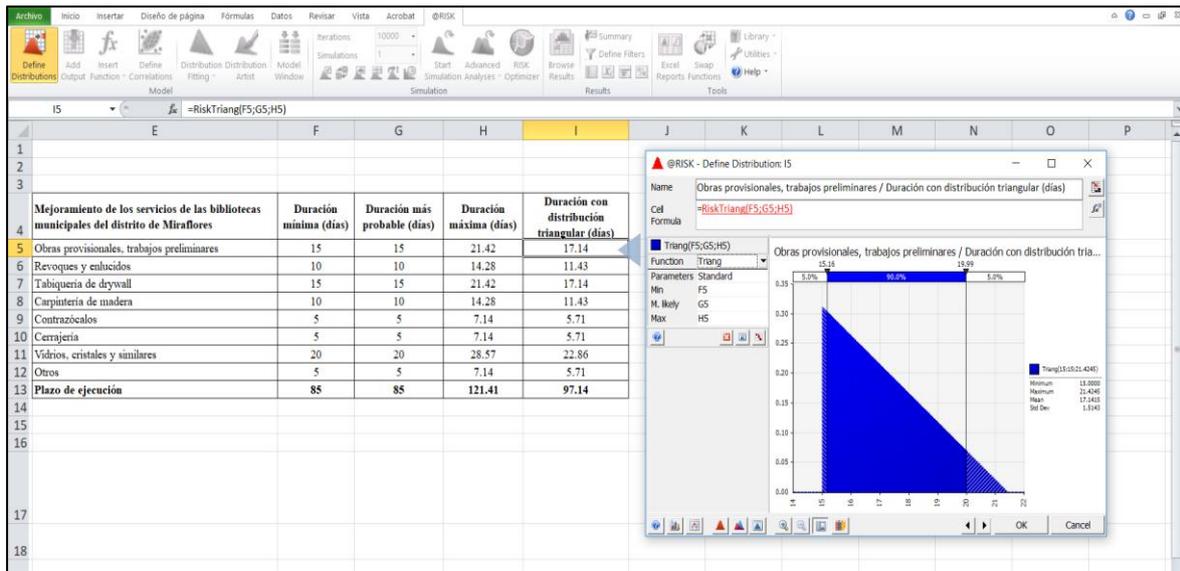


Figura 11. Asignación de distribución triangular en actividades críticas de obra N°02.

Elaboración propia.

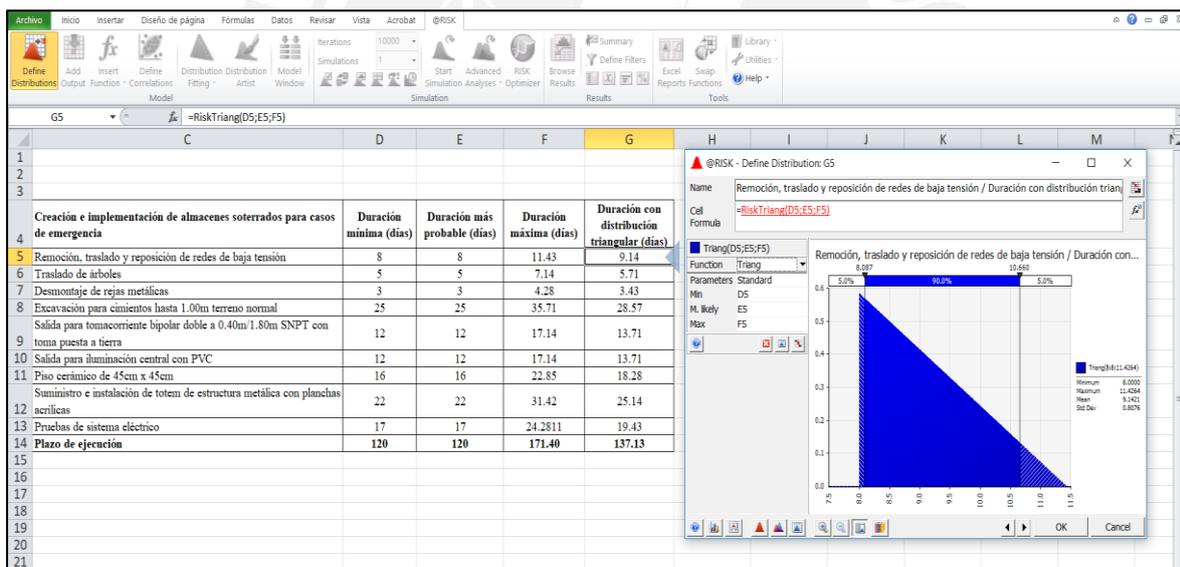


Figura 12. Asignación de distribución triangular en actividades críticas de obra N°03.

Elaboración propia.

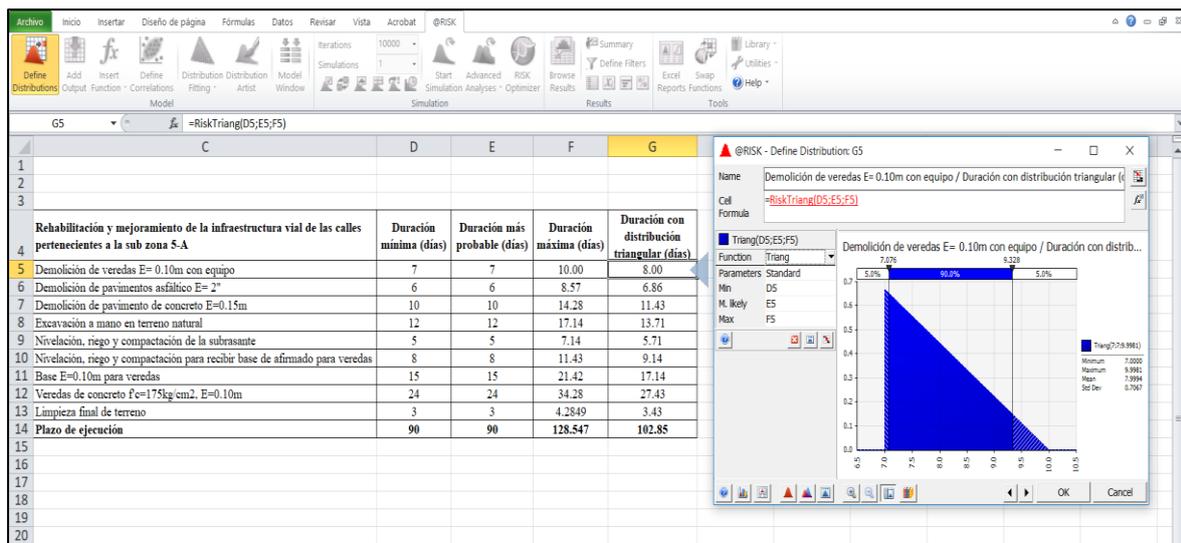


Figura 13. Asignación de distribución triangular en actividades críticas de obra N°04.

Elaboración propia.

Finalmente, el modelo a simular es la sumatoria de las duraciones de las actividades críticas definidas mediante la distribución triangular. Se iteran 10,000 veces para obtener los grados de confianza de cumplir con un determinado plazo de ejecución (ver figura 14).

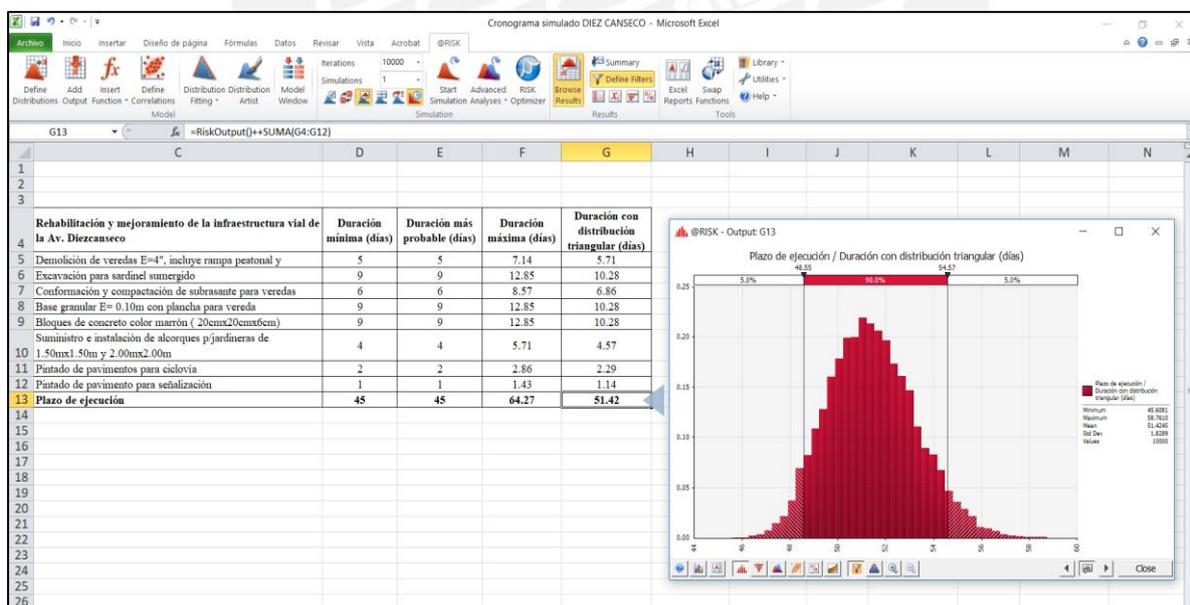


Figura 14. Simulación Monte Carlo para plazo de ejecución en obra N°01

Elaboración propia.

### 5.3 Resultados de la simulación

En las figuras 15, 16, 17 y 18 se muestran los gráficos de las curvas acumuladas como resultado de las iteraciones, donde el eje X representa el plazo de ejecución y en el eje Y la probabilidad de que dicho plazo de ejecución se cumpla (Kong et al., 2015); por ejemplo, en la figura 15 existe una probabilidad del 5% que la obra se ejecute en 48.55 días o menos. Adicionalmente, de cada figura se puede obtener una tabla con las probabilidades de ocurrencia de cada plazo de ejecución, y que se mostrará luego de cada figura:

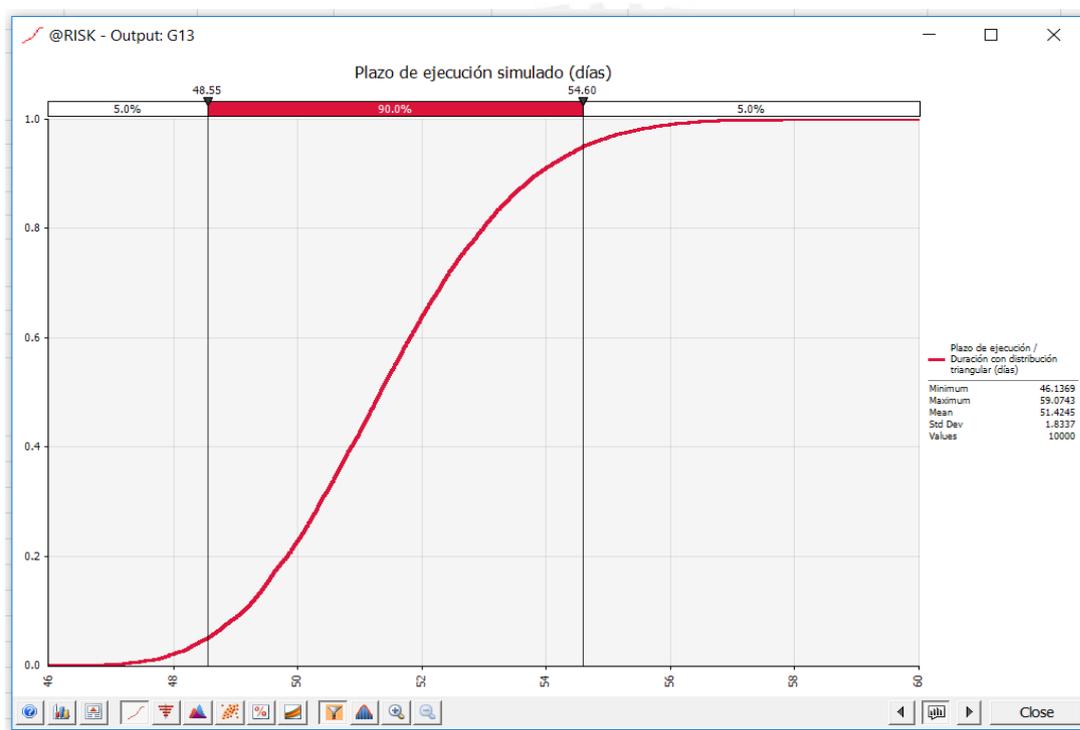


Figura 15. Curva acumulada de plazo de ejecución de obra N°01.

Elaboración propia.

Tabla 12

Probabilidades de plazos de ejecución en obra N°01.

Probabilidad	Plazo de ejecución (días)	Probabilidad	Plazo de ejecución (días)
1%	47.67	55%	51.57
5%	48.55	60%	51.81
10%	49.14	65%	52.06
15%	49.50	70%	52.34
20%	49.84	75%	52.63
25%	50.13	80%	52.98
30%	50.37	<b>80.20%</b>	<b>53.00</b>
35%	50.62	85%	53.37
40%	50.86	90%	53.87
45%	51.10	95%	54.60
50%	51.33	99%	55.97

Nota. Elaboración propia.

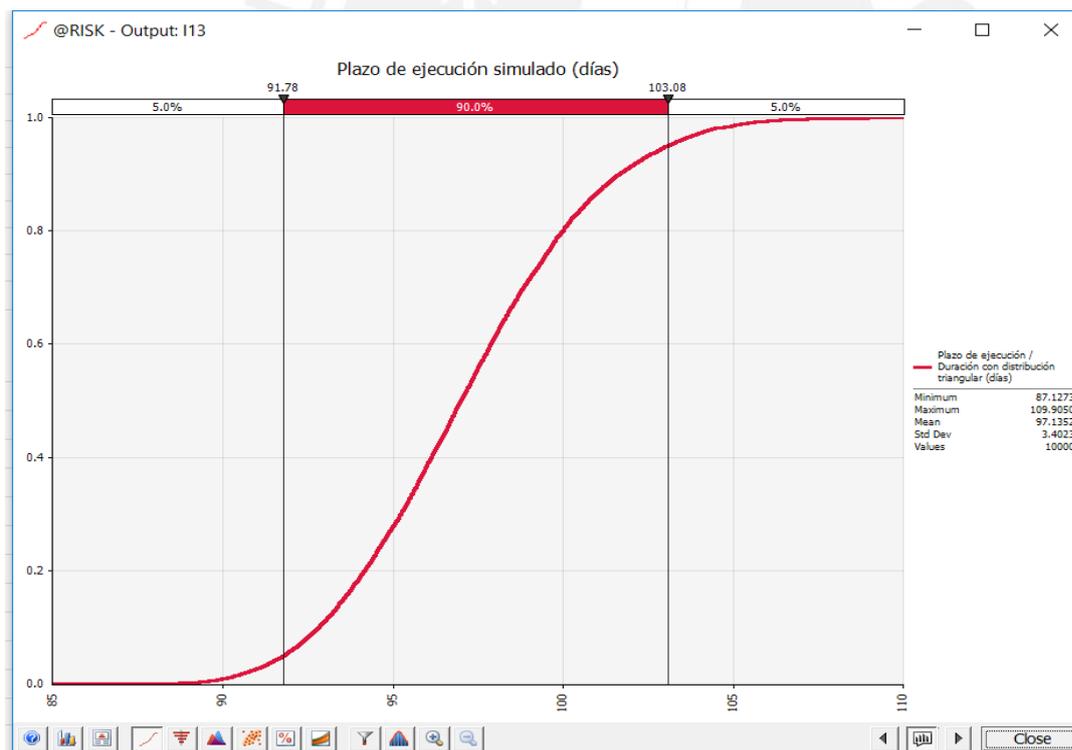


Figura 16. Curva acumulada de plazo de ejecución de obra N°02.

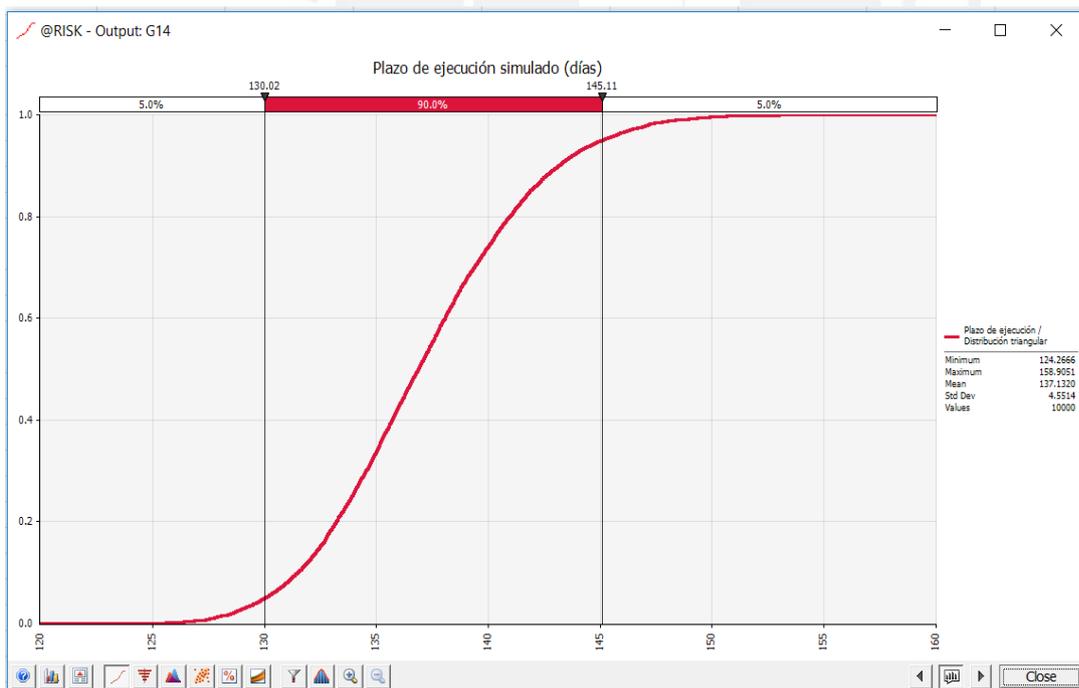
Elaboración propia.

Tabla 13

*Probabilidades de plazos de ejecución en obra N°02.*

Probabilidad	Plazos de ejecución (días)	Probabilidad	Plazos de ejecución (días)
1%	90.10	55%	97.43
5%	91.78	60%	97.87
10%	92.81	65%	98.33
15%	93.54	70%	98.84
20%	94.16	75%	99.41
25%	94.69	80%	99.99
30%	95.22	85%	100.70
35%	95.70	90%	101.65
40%	96.12	95%	103.08
45%	96.58	99%	105.34
50%	97.00		

*Nota.* Elaboración propia.



*Figura 17.* Curva acumulada de plazo de ejecución de obra N°03.

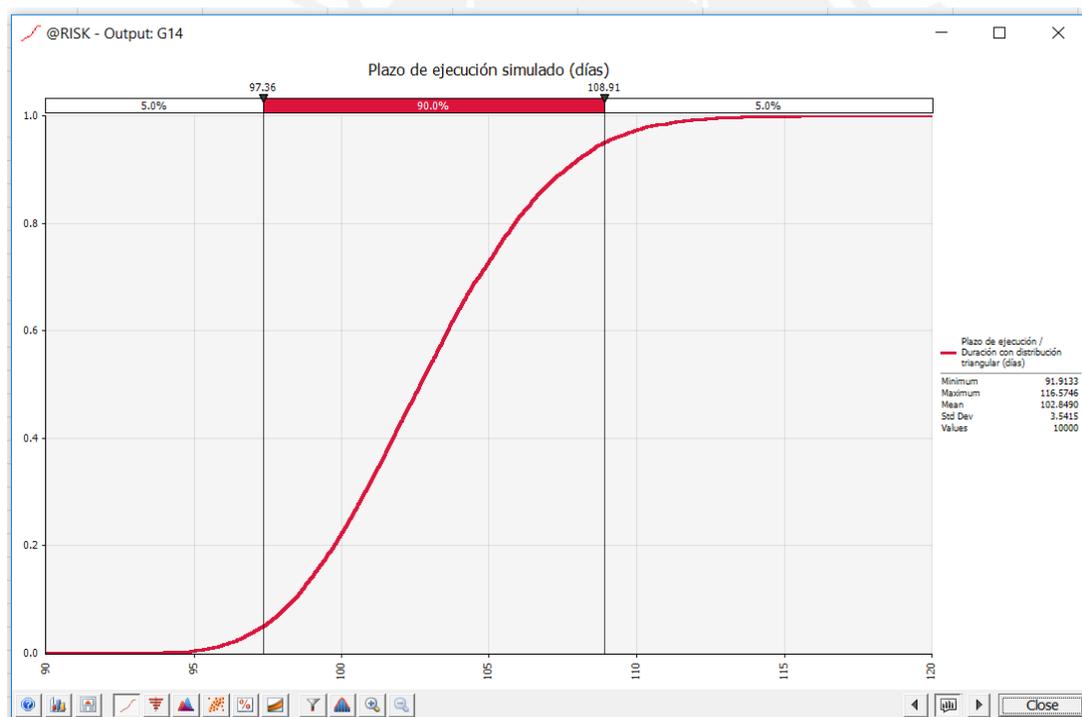
Elaboración propia.

Tabla 14

*Probabilidades de plazos de ejecución en obra N°03.*

Probabilidad	Plazos de ejecución (días)	Probabilidad	Plazos de ejecución (días)
1%	127.64	55%	137.48
5%	130.02	60%	138.07
10%	131.50	65%	138.66
15%	132.48	70%	139.38
20%	133.22	75%	140.16
25%	133.92	80%	140.97
30%	134.55	85%	141.88
35%	135.14	90%	143.14
40%	135.71	95%	145.11
45%	136.27	99%	148.44
50%	136.88		

*Nota.* Elaboración propia.



*Figura 18.* Curva acumulada de plazo de ejecución de obra N°04.

Elaboración propia.

Tabla 15

*Probabilidades de plazos de ejecución en obra N°04.*

Probabilidad	Plazos de ejecución (días)	Probabilidad	Plazos de ejecución (días)
1%	95.62	55%	103.14
5%	97.36	60%	103.60
10%	98.39	65%	104.09
15%	99.11	70%	104.65
20%	99.75	75%	105.24
25%	100.29	80%	105.86
30%	100.80	85%	106.61
35%	101.30	90%	107.59
40%	101.75	95%	108.91
45%	102.19	99%	111.49
50%	102.68		

*Nota.* Elaboración propia

Los resultados muestran claramente que es extremadamente poco probable (1%) que el proyecto se ejecute en el plazo propuesto en el expediente técnico, en todas las obras. Como se puede apreciar, en la simulación de la obra N°01 existe una probabilidad de 80.20% que la obra termine en los 45 días establecidos más los 8 días de ampliación de plazo. La obra N°02 se ha completado en 112 días, incluidos los 27 días de ampliación de plazo, sin embargo, como resultado de la simulación, existe una probabilidad del 99% que la obra se complete en 106 días. Las obras N°03 y N°04, al igual que la obra N°02, fueron ejecutadas con un plazo mayor comparado a los resultados de sus respectivas simulaciones a una probabilidad del 99%.

El motivo por el cual, en tres de las cuatro obras, el plazo extra no es el suficiente, se debe a que se asumió inicialmente que la variación máxima sería del 42.83% por la investigación a la municipalidad de San Isidro. A pesar que las variaciones en las obra N°02 y N°03 fueron de 31.76% y 35.83%, respectivamente, al definir a cada actividad crítica con la distribución triangular se aseguró que los valores aleatorios escogidos en cada iteración, estén más

concentrados cerca al valor más probable. Por lo tanto, para realizar este análisis en la planificación de cualquier obra, el profesional a cargo debe estar debidamente capacitado y poseer la experiencia necesaria para asociar los distintos riesgos que se puedan presentar en cada actividad, y así establecer las variaciones porcentuales más aproximadas según cada actividad programada en la ruta crítica. En conclusión, la variación de 42.83% asumida inicialmente no fue suficiente ya que los riesgos presentados generaron mucho mayor impacto y daño en el plazo de ejecución contractual en las obras 2, 3 y 4.

Se puede concluir que en el Perú, en lo que respecta a consultoría de proyectos y elaboración de expedientes, está demostrado que las obras públicas no se planifican correctamente y esto se ve reflejado en la gran ocurrencia de solicitudes de ampliaciones de plazo y retrasos por parte de una entidad del gobierno local como la municipalidad de San Isidro que no debería tener tantos problemas. Los consultores a cargo solo estiman las duraciones en base a juicios que muchas veces son erróneos ya que no existe un proyecto que sea igual a otro. Así mismo, no se debe dejar de lado la gran influencia que tiene el gobierno nacional y el factor político al momento de establecer los plazos de ejecución ya que existen casos en los que, los gobernadores y alcaldes, reducen el plazo de ejecución sin un respaldo técnico que los justifique.

## CAPÍTULO 6: APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN MONTE CARLO EN EL PRESUPUESTO

### 6.1 Consideraciones para la aplicación

Para aplicar la simulación Monte Carlo, al igual que en el cronograma, se utilizará el complemento @Risk para Excel. Las obras seleccionadas son las mismas presentadas en el capítulo 5. Se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- El valor más probable es el monto contractual suscrito con el contratista.
- El valor mínimo u optimista es el 99.94% del valor más probable, debido a la investigación realizada en la municipalidad de San Isidro.
- El valor máximo o pesimista es el 101.32% del valor más probable, debido a la investigación realizada en la municipalidad de San Isidro.
- Se realizarán diez mil iteraciones en cada simulación y se utilizará a la distribución triangular como la que defina el comportamiento de las variables de costos.

### 6.2 Aplicación de la simulación Monte Carlo

La tabla 16 muestra la información de las obras para aplicar la simulación Monte Carlo:

Tabla 16

*Obras de la municipalidad de Miraflores para aplicación en presupuesto.*

Obra	Sistema de Contratación	Especialidad	Monto contratado	Adicional	Incidencia porcentual	Monto con adicional
Rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial de la Av. Diezcansco - segunda etapa, distrito de Miraflores - Lima - Lima	Suma alzada	Edificación	S/601,225.07	No	0.00%	S/601,225.07
Mejoramiento de los servicios de las bibliotecas municipales del distrito de Miraflores - Lima - Lima	Suma alzada	Edificación	S/1,209,593.68	S/25,680.71	2.12%	S/1,235,274.39
Creación e implementación de almacenes soterrados para casos de emergencia, distrito de Miraflores	Suma Alzada	Edificación	S/2,722,056.41	S/261,030.38	9.59%	S/2,983,086.79
Rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial de las calles pertenecientes a la sub zona 5-A, distrito de Miraflores - Lima - Lima	Suma Alzada	Edificación	S/2,155,260.39	No	0.00%	S/2,115,260.39

*Nota.* Elaboración propia.

En primer lugar se calculan los valores mínimos y máximos (ver tablas 17, 18, 19 y 20) de las partidas a ejecutar, con base en la investigación realizada a la municipalidad de San Isidro:

Tabla 17

*Variaciones en costos de la obra N°01.*

<b>Obra: rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial de la av. Diez Canseco - segunda etapa</b>	<b>Valor mínimo S/.</b>	<b>Valor más probable S/.</b>	<b>Valor máximo S/.</b>
<b>Obras provisionales, trabajos preliminares, seguridad y salud</b>	<b>210,495.11</b>	<b>210,621.48</b>	<b>213,401.68</b>
Construcciones provisionales	9,307.73	9,313.32	9,436.26
Instalaciones provisionales	2,442.65	2,444.12	2,476.38
Trabajos preliminares	6,994.93	6,999.13	7,091.52
Movilización de maquinaria y herramientas	36,396.57	36,418.42	36,899.14
Trazos, niveles y replanteo	4,082.03	4,084.48	4,138.40
Elaboración, implementación y administración del plan de seguridad y salud en el trabajo	63,281.85	63,319.84	64,155.66
Recursos para respuestas ante emergencias en seguridad y salud durante el trabajo	11,857.54	11,864.66	12,021.27
Remociones y demoliciones	76,131.80	76,177.51	77,183.05
<b>PISTAS Y VEREDAS</b>	<b>390,369.23</b>	<b>390,603.59</b>	<b>395,759.56</b>
Movimientos de tierra	38,042.72	38,065.56	38,568.03
Sub-base y base	40,423.42	40,447.69	40,981.60
Veredas	78,617.93	78,665.13	79,703.51
Pistas y veredas	41,029.33	41,053.96	41,595.87
Areas verdes	47,829.63	47,858.35	48,490.08
Ciclovia	1,026.16	1,026.78	1,040.33
Señalización	2,992.25	2,994.05	3,033.57
Iluminación	70,739.49	70,781.96	71,716.28
Mobiliario urbano	61,992.08	62,029.30	62,848.09
Varios	7,676.20	7,680.81	7,782.20
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>600,864.33</b>	<b>601,225.07</b>	<b>609,161.24</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 18

*Variaciones en costos de la obra N°02.*

<b>Obra: mejoramiento de bibliotecas de la municipalidad de Miraflores</b>	<b>Valor mínimo S/.</b>	<b>Valor más probable S/.</b>	<b>Valor máximo S/.</b>
<b>Biblioteca Ricardo Palma</b>	<b>639,970.87</b>	<b>640,355.08</b>	<b>648,807.77</b>
Obras provisionales, trabajos preliminares	15,412.37	15,421.63	15,625.19
Estructuras	29,027.92	29,045.35	29,428.75
Arquitectura	216,685.44	216,815.53	219,677.49
Instalaciones eléctricas	36,203.16	36,224.90	36,703.07
Sistema de acondicionamiento acústica	72,214.87	72,258.23	73,212.04
Sistema de purificación de aire	21,040.98	21,053.61	21,331.52
Sistema de seguridad	130,326.72	130,404.96	132,126.30
Sistema de iluminación	48,438.66	48,467.74	49,107.51
Aire acondicionado	70,620.74	70,663.14	71,595.90
<b>Biblioteca Santa Cruz</b>	<b>568,897.05</b>	<b>569,238.59</b>	<b>576,752.54</b>
Obras provisionales, trabajos preliminares	4,504.53	4,507.23	4,566.73
Estructuras	4,851.46	4,854.37	4,918.45
Arquitectura	46,765.18	46,793.25	47,410.93
Instalaciones eléctricas	13,825.03	13,833.33	14,015.93
Sistema de acondicionamiento acústica	117,554.27	117,624.84	119,177.49
Sistema de purificación de aire	6,474.15	6,478.03	6,563.54
Sistema de seguridad	54,059.06	54,091.51	54,805.52
Sistema de iluminación	13,204.61	13,212.54	13,386.94
Aire acondicionado	22,936.44	22,950.21	23,253.15
Equipamiento biblioteca Ricardo palma	240,526.69	240,671.09	243,847.95
Equipamiento biblioteca santa cruz	40,492.86	40,517.17	41,052.00
Otros	3,702.79	3,705.02	3,753.92
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>1,208,867.92</b>	<b>1,209,593.68</b>	<b>1,225,560.31</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 19

*Variaciones en costos de la obra N°03.*

<b>Obra: creación e implementación de almacenes soterrados para casos de emergencia</b>	<b>Valor mínimo S/.</b>	<b>Valor más probable S/.</b>	<b>Valor máximo S/.</b>
<b>Estructuras</b>	<b>1,486,877.81</b>	<b>1,487,770.47</b>	<b>1,507,409.04</b>
Obras provisionales	68,134.17	68,175.08	69,074.99
Trabajos preliminares	16,575.65	16,585.60	16,804.53
Seguridad y salud	67,377.72	67,418.17	68,308.09
Demoliciones	19,219.16	19,230.70	19,484.54
Movimientos de tierras	568,759.07	569,100.53	576,612.65
Obras de concreto simple	52,970.54	53,002.34	53,701.97
Obras de concreto armado	621,559.75	621,932.91	630,142.43
Impermeabilizante de soterrado	72,281.75	72,325.14	73,279.84
<b>Arquitectura</b>	<b>657,588.01</b>	<b>657,982.80</b>	<b>666,668.17</b>
Revoques y enlucidos	4,101.36	4,103.82	4,158.00
Cielo raso	23,166.16	23,180.06	23,486.04
Pisos	57,941.07	57,975.86	58,741.14
Contra-zócalos	97,650.87	97,709.50	98,999.26
Veredas	26,812.03	26,828.13	27,182.26
Carpintería metálica	69,692.38	69,734.22	70,654.72
Pintura	9,551.08	9,556.81	9,682.96
Obras exteriores	77,941.00	77,987.80	79,017.24
Equipamiento	290,732.05	290,906.59	294,746.56
<b>Instalaciones eléctricas</b>	<b>139,823.64</b>	<b>139,907.58</b>	<b>141,754.36</b>
Salidas eléctricas	19,434.51	19,446.17	19,702.86
Salidas para interruptores	1,998.12	1,999.32	2,025.71
Artefactos de iluminación	14,073.03	14,081.48	14,267.35
Tableros eléctricos	26,002.71	26,018.32	26,361.76
Varios	35,623.28	35,644.67	36,115.18
Cableado	9,647.76	9,653.55	9,780.98
Cajas de pase	1,901.03	1,902.17	1,927.28
Red de instalación eléctrica	31,143.20	31,161.90	31,573.24
<b>Instalaciones mecánicas</b>	<b>436,133.73</b>	<b>436,395.56</b>	<b>442,155.99</b>
Equipos electromecánicos	436,133.73	436,395.56	442,155.99
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>2,720,423.18</b>	<b>2,722,056.41</b>	<b>2,757,987.56</b>

*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 20

Variaciones en costos de la obra N°04.

<b>Obra: rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial de las calles pertenecientes a la sub-zona 5A</b>	<b>Valor mínimo S/.</b>	<b>Valor más probable S/.</b>	<b>Valor máximo S/.</b>
Obras provisionales	72,962.44	73,006.24	73,969.92
Obras preliminares	441,686.14	441,951.31	447,785.06
Movimientos de tierras	404,565.09	404,807.97	410,151.44
Pavimentos	242,211.96	242,357.37	245,556.49
Trabajos de concreto y otros	491,015.28	491,310.07	497,795.36
Señalización	63,381.81	63,419.86	64,257.00
Iluminación ornamental	212,701.30	212,828.99	215,638.34
Varios	134,370.06	134,450.73	136,225.48
Limpieza en obra	43,798.96	43,825.25	44,403.75
Implementos de seguridad	47,274.21	47,302.60	47,926.99
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>2,153,967.24</b>	<b>2,155,260.39</b>	<b>2,183,709.83</b>

Nota. Elaboración propia.

Luego de obtenidas las variaciones, el comportamiento de costos de cada partida se definen mediante la asignación de la distribución triangular (ver figura 19), donde los parámetros de entrada son los valores mínimos, más probables y máximos. Consecuentemente, se realiza el mismo proceso para las siguientes tres obras.

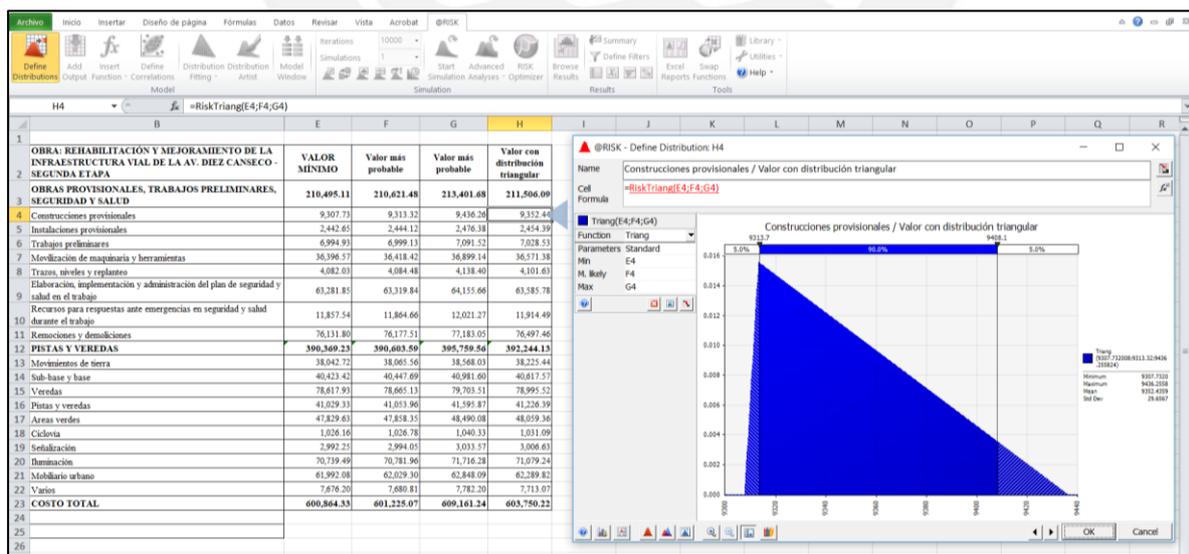


Figura 19. Asignación de distribución triangular en costos de obra N°01

Elaboración propia.

Finalmente, el modelo a simular es la sumatoria de los costos, que forman el presupuesto general, definidos mediante la distribución triangular. Se iteran 10,000 veces para obtener los grados de confianza de cumplir con un determinado presupuesto total (ver figura 20).

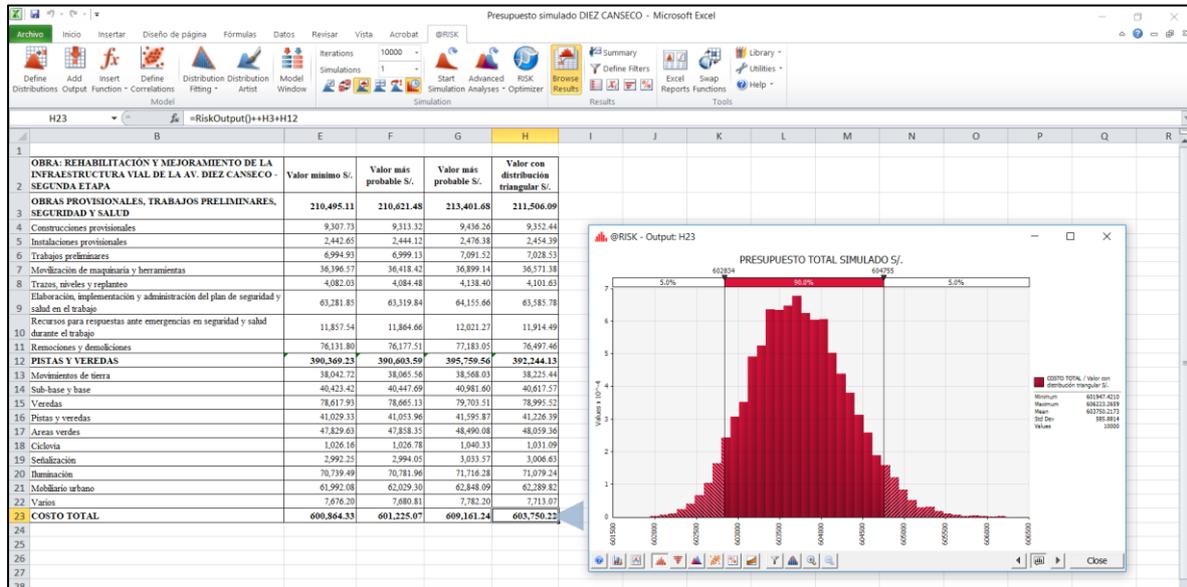


Figura 20. Simulación Monte Carlo para presupuesto total de obra N°01

Elaboración propia.

### 6.3 Resultados de la simulación

En las figuras 21, 22, 23 y 24 se muestran los gráficos de las curvas acumuladas como resultado de las iteraciones, donde el eje X representa el presupuesto total y en el eje Y la probabilidad de que dicho presupuesto se cumpla (Kong et al, 2015); por ejemplo, en la figura 21 existe una probabilidad del 5% que la obra cueste S/.602,834.00 o menos. Adicionalmente, de cada figura se puede obtener una tabla con las probabilidades de ocurrencia de cada presupuesto en cada obra y que se mostrará luego de cada figura:

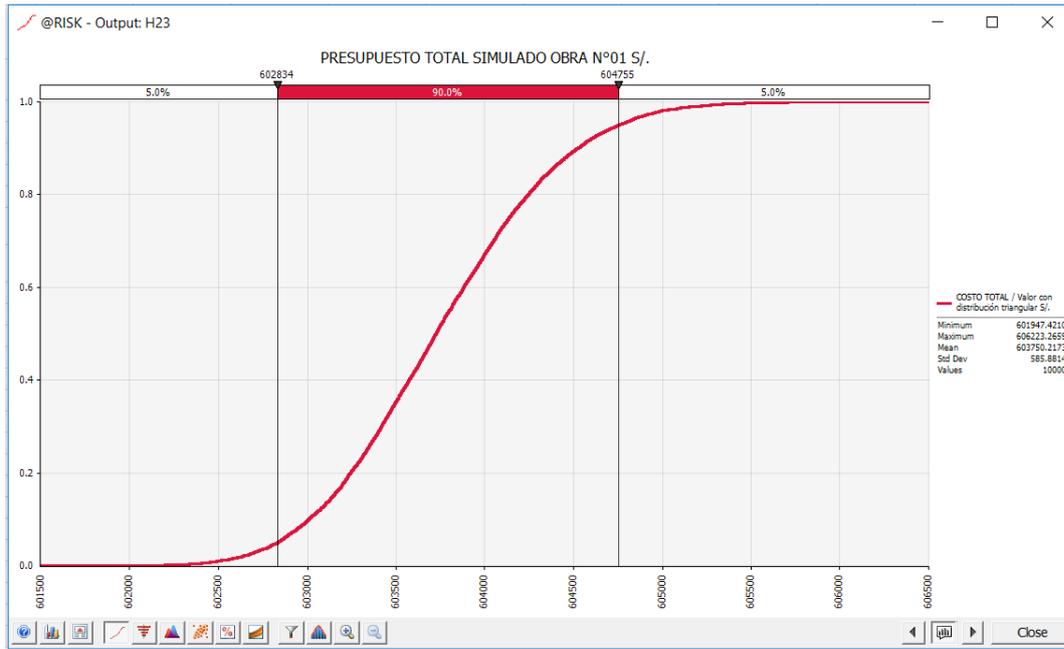


Figura 21. Curva acumulada de presupuesto total de obra N°01.

Elaboración propia.

Tabla 21

Probabilidades de presupuestos totales en obra N°01.

Probabilidad	Presupuesto total S/.	Probabilidad	Presupuesto total S/.
1%	602,498.00	55%	603,801.00
5%	602,834.00	60%	603,882.00
10%	603,008.00	65%	603,966.00
15%	603,145.00	70%	604,049.00
20%	603,243.00	75%	604,136.00
25%	603,338.00	80%	604,245.00
30%	603,418.00	85%	604,366.00
35%	603,495.00	90%	604,527.00
40%	603,573.00	95%	604,755.00
45%	603,652.00	99%	605,187.00
50%	603,725.00		

Nota. Elaboración propia.

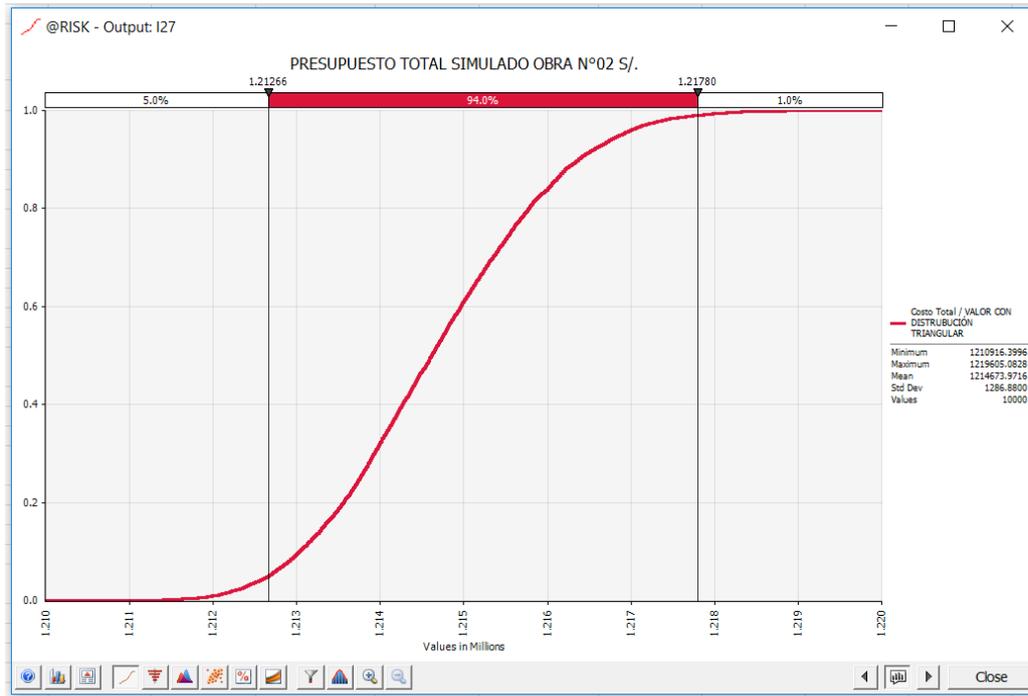


Figura 22. Curva acumulada de presupuesto total de obra N°02.

Elaboración propia.

Tabla 22

Probabilidades de presupuestos totales en obra N°02.

Probabilidad	Presupuesto total S/.	Probabilidad	Presupuesto total S/.
1%	1,212,020.00	55%	1,214,790.00
5%	1,212,660.00	60%	1,214,970.00
10%	1,213,030.00	65%	1,215,150.00
15%	1,213,320.00	70%	1,215,350.00
20%	1,213,560.00	75%	1,215,550.00
25%	1,213,760.00	80%	1,215,780.00
30%	1,213,930.00	85%	1,216,060.00
35%	1,214,100.00	90%	1,216,380.00
40%	1,214,270.00	95%	1,216,880.00
45%	1,214,440.00	99%	1,217,800.00
50%	1,214,620.00		

Nota. Elaboración propia.

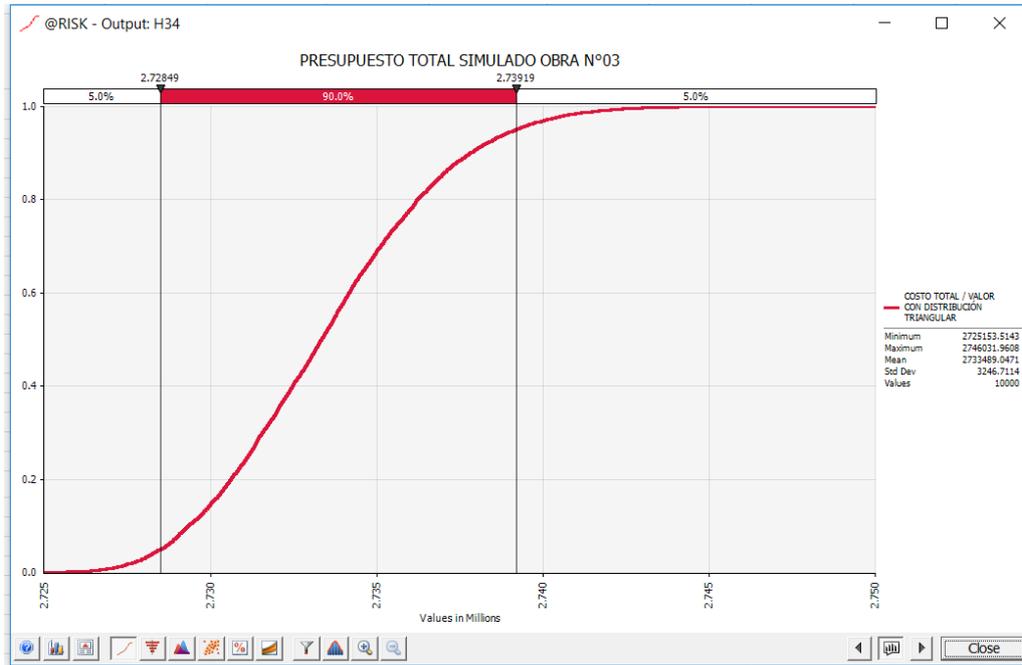


Figura 23. Curva acumulada de presupuesto total de obra N°03.

Elaboración propia.

Tabla 23

Probabilidades de presupuestos totales en obra N°03.

Probabilidad	Presupuesto total S/.	Probabilidad	Presupuesto total S/.
5%	2,727,090.00	55%	2,733,740.00
5%	2,728,490.00	60%	2,734,160.00
10%	2,729,340.00	65%	2,734,620.00
15%	2,730,030.00	70%	2,735,110.00
20%	2,730,610.00	75%	2,735,660.00
25%	2,731,130.00	80%	2,736,220.00
30%	2,731,560.00	85%	2,736,930.00
35%	2,732,020.00	90%	2,737,800.00
40%	2,732,470.00	95%	2,739,190.00
45%	2,732,920.00	99%	2,741,600.00
50%	2,733,330.00		

Nota. Elaboración propia.

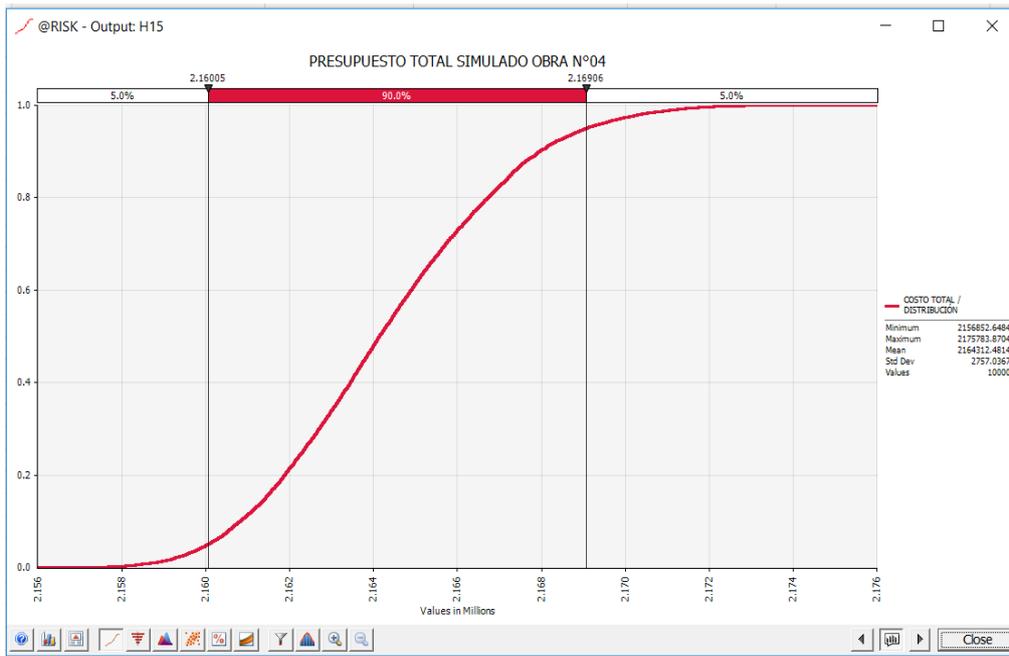


Figura 24. Curva acumulada de presupuesto total de obra N°04.

Elaboración propia.

Tabla 24

Probabilidades de presupuestos totales en obra N°04.

Probabilidad	Presupuesto total S/.	Probabilidad	Presupuesto total S/.
1%	2,158,780.00	55%	2,164,510.00
5%	2,160,050.00	60%	2,164,890.00
10%	2,160,820.00	65%	2,165,280.00
15%	2,161,420.00	70%	2,165,720.00
20%	2,161,880.00	75%	2,166,210.00
25%	2,162,300.00	80%	2,166,730.00
30%	2,162,700.00	85%	2,167,280.00
35%	2,163,080.00	90%	2,167,970.00
40%	2,163,450.00	95%	2,169,060.00
45%	2,163,790.00	99%	2,171,160.00
50%	2,164,140.00		

Nota. Elaboración propia.

Los resultados muestran claramente que es extremadamente poco probable (1%) que el proyecto se ejecute con el presupuesto contractual, en todas las obras. A pesar de ello, como se puede apreciar, en la obra N°01 y N°04 no se han presentado adicionales, por lo tanto la obra se ha gestionado adecuadamente en el área de costos, sin embargo, la simulación permite desarrollar planes de contingencia en caso que hubiera un riesgo no identificado previamente y que genere una amenaza hacia los objetivos. La obra N°02 ha presentado un adicional que incide en el 2.12% del presupuesto contractual, mayor que el porcentaje de variación asumido inicialmente de 1.32%, por lo tanto, es necesario un análisis de riesgos más profundo y detallado para determinar un variación porcentual mayor. La obra N°03 es una de las pocas obras que escapan muy por encima de lo normal ya que presenta un adicional que incide en el 9.59% del presupuesto contractual, por lo tanto se tuvo que sumar mayores esfuerzos en la gestión de riesgos desde la etapa de planificación y de manera conjunta con la municipalidad de San Isidro, a través de reuniones y la colaboración con todos los involucrados.

Según estos resultados, se puede concluir que en la elaboración de un presupuesto se debe incorporar un análisis de la variabilidad en los costos debido a los riesgos que se puedan presentar durante la ejecución del proyecto. Por lo tanto, el profesional encargado de la estimación del presupuesto debe incluir factores de riesgos en base a la experiencia propia con proyectos similares, uso de base de datos, índices de productividad, etc. y así establecer variaciones más verídicas y efectivas para desarrollar una adecuada simulación Monte Carlo.

## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

La implementación de los estándares y procesos de la guía del PMBOK, ayudarán a una mejor planificación de los proyectos públicos desde la elaboración del expediente técnico hasta su puesta en funcionamiento y operatividad. Una correcta gestión del cronograma, costos y riesgos son esenciales para reducir las probabilidades de ocurrencia de ampliaciones de plazo y adicionales en obras públicas; por lo tanto, se culminará con un proyecto exitoso mediante la maximización de los beneficios orientados a satisfacer las necesidades de la población.

Del capítulo 4 se puede concluir que el principal motivo por el cual las obras se retrasan se debe a una deficiencia en los expedientes técnicos y atrasos injustificados por el contratista, mientras que los principales motivos por los cuales las obras terminan con un sobrecosto, se debe también a la deficiencia en los expedientes técnicos y cambios en el alcance.

Es necesario implementar un sistema que verifique que los especialistas a cargo de establecer el plazo de ejecución y presupuesto, incorporen y cuantifiquen todos los riesgos que se puedan presentar y que, a lo largo del proyecto, si se presentan, se cuente con una contingencia que minimice los efectos negativos, tales como un retraso en la ejecución y mayores costos finales. De esta forma, se reducirá la ocurrencia de solicitudes de ampliaciones de plazo y adicionales que involucran trámites engorrosos y uso de recursos humanos y económicos, entre el contratista y la entidad pública.

Si bien es cierto, actualmente como requerimiento, en la preparación del expediente de contratación de obras, se exige la identificación y asignación de riesgos pronosticables durante la ejecución, solo es necesario un análisis cualitativo de riesgos; es decir, clasificar a

los riesgos según su probabilidad de ocurrencia e impacto. Por lo tanto, el autor de esta memoria propone que se incluya también como requerimiento un análisis cuantitativo de riesgos y forme parte del expediente técnico de obra. El método de simulación Monte Carlo puede ser utilizado para realizar este análisis cuantitativo y así mejorar las probabilidades de éxito de los proyectos públicos en el Perú. Por otro lado, si no suceden los eventos de riesgos incorporados y cuantificados, se podrá disponer de los recursos económicos no utilizados, para el surgimiento de nuevos proyectos, en beneficio de la población.

## **7.2 Recomendaciones**

Actualmente, en las contrataciones de obras públicas, se ha implementado, desde el 2019, la contratación de consultores de obras que realicen la función de supervisión de la elaboración de los expedientes técnicos; sin embargo, se debe trabajar de forma conjunta con las entidades para evitar los mismos problemas que ya se padecen.

Para la aplicación del método de simulación Monte Carlo se utilizó como base la investigación realizada en la municipalidad de San Isidro y se aplicó en obras ejecutadas por la municipalidad de Miraflores. Esto se debe a que ambos distritos ejecutan obras muy similares pero no necesariamente se tendrán los mismos riesgos o resultados, es por ello que se recomienda que el profesional tenga la capacidad y experiencia necesaria para realizar una mejor y acertada estimación de plazos y costos, así como una apropiada gestión de riesgos con base en las obras públicas similares ya ejecutadas no solo en San Isidro o Miraflores, sino en cualquier distrito del Perú, ya que la información es pública y accesible para cualquier ciudadano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aibinu, A. A., & Odeyinka, H. A. (2006). Construction delays and their causative factors in Nigeria. *Journal of construction engineering and management*, 132(7), 667-677.
- Baghdadi, A., & Kishk, M. (2015). Saudi Arabian aviation construction projects: Identification of risks and their consequences. *Procedia Engineering*, 123, 32-40.
- Cáceres, K. (2005). *Estimación de costos de proyectos de infraestructura municipal* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura.
- Contraloría General de la República (s.f.). *Sistema de información de obras públicas*. Disponible 23 de agosto de 2019, de <https://apps.contraloria.gob.pe/ciudadano/>
- Córdova, J. (2014). *La nueva ley de contrataciones del estado: Estudio Sistemático*. Lima: Caballero Bustamante.
- Cottrell, W. D. (1999). Simplified program evaluation and review technique (PERT). *Journal of construction Engineering and Management*, 125(1), 16-22.
- Decreto Legislativo N° 1252, Ley que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Diario Oficial El Peruano, Perú, 01 de Diciembre de 2016.
- Decreto Supremo N° 284-2018-EF, Aprobación de reglamento del decreto legislativo N° 1252. Diario Oficial El Peruano, Perú, 09 de Diciembre de 2018.
- Decreto Supremo N° 344-2018-EF, Reglamento de la ley de contrataciones del Estado. Diario Oficial El Peruano, Perú, 31 de Diciembre de 2018.
- Di Lorenzo, G., Pilidis, P., Witton, J., & Probert, D. (2012). Monte-Carlo simulation of investment integrity and value for power-plants with carbon-capture. *Applied Energy*, 98, 467-478.

- Ganame, P., & Chaudhari, P. (2015). Construction Building Schedule Risk Analysis Using Monte-Carlo Simulation. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2(04), 1402-1406.
- Gómez Sánchez, R. (2015). *Campaña para lograr proyectos exitosos*. Lima: Ingeniería y Servicios Tecnológicos SAC.
- Kerzner, H. R. (2009). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling* (10. Ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Kong, Z., Zhang, J., Li, C., Zheng, X., & Guan, Q. (2015, October). Risk Assessment of Plan Schedule by Monte Carlo Simulation. In *4th International Conference on Information Technology and Management Innovation*. Atlantis Press.
- Kwak, Y. H., & Ingall, L. (2007). Exploring Monte Carlo simulation applications for project management. *Risk Management*, 9(1), 44-57.
- Ley N° 27783, Ley de bases de la descentralización. Diario Oficial El Peruano, Perú, 20 de Julio de 2002.
- Ley N° 27806, Ley de transparencia y acceso a la información pública. Diario Oficial El Peruano, Perú, 03 de Agosto de 2002.
- Ley N° 30225, Ley de contrataciones del Estado, Diario Oficial El Peruano, Perú, 11 de Julio de 2014.
- Ley N° 30693, Ley de presupuesto del sector público para el año fiscal 2018. Diario Oficial El Peruano, Perú, 07 de Diciembre de 2017.
- Ley N° 30879, Ley de presupuesto del sector público para el año fiscal 2019, Diario Oficial El Peruano, Perú, 06 de Diciembre de 2018.

- Metropolis, N. (1987). The beginning of the Monte Carlo method. *Los Alamos Science*, 15(584), 125-130.
- Nemuth, T. (2008). Practical use of Monte Carlo simulation for risk management within the international construction industry. In *Proceedings of the 6th International Probabilistic Workshop, Darmstadt*.
- Project Management Institute. (2009). *Practice standard for project risk management*. Newtown Square: Project Management Institute.
- Project Management Institute (2016). *Construction extension to the PMBOK guide*. Newtown Square: Project Management Institute.
- Project Management Institute (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. (6ta edición) Newtown Square: Project Management Institute.
- Rezaie, K., Amalnik, M. S., Gereie, A., Ostadi, B., & Shakhsheniaee, M. (2007). Using extended Monte Carlo simulation method for the improvement of risk management: Consideration of relationships between uncertainties. *Applied Mathematics and Computation*, 190(2), 1492-1501.
- Ropel, M., & Gajewska, E. (2011). *Risk Management Practices in a Construction Project—a case study* (Master's thesis). Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden.
- Tirado, R. M. (2013). El Laberinto Estatal: Historia, evolución y conceptos de la contratación administrativa en el Perú. *Revista de Derecho Administrativo*, (13), 305-353.

Wang, X. X., & Huang, J. W. (2009, January). Risk analysis of construction schedule based on Monte Carlo simulation. *In 2009 International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology* (pp. 1-4). IEEE.

Zou, P. X., Zhang, G., & Wang, J. (2007). Understanding the key risks in construction projects in China. *International Journal of Project Management*, 25(6), 601-614.

