

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE LA APLICACIÓN DE
HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD Y DE
LOS RIESGOS EN EL PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA
DEL RÍMAC, EN LA VÍA DE ACCESO AL TÚNEL SAN MARTÍN,
DISTRITO DEL RÍMAC, LIMA METROPOLITANA**

TESIS

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

POR:

BACH. ANDREI JHONATÁN SALAS ZUMAETA

ASESOR ING. PEGGY GRÁNDEZ RODRÍGUEZ

TARAPOTO-PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE LA APLICACIÓN DE
HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD Y DE
LOS RIESGOS EN EL PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LADE
RA DEL RÍMAC, EN LA VÍA DE ACCESO AL TÚNEL SAN
MARTÍN, DISTRITO DEL RÍMAC, LIMA METROPOLITANA**

TESIS

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

POR:

BACH.: ANDREI JHONATÁN SALAS ZUMAETA

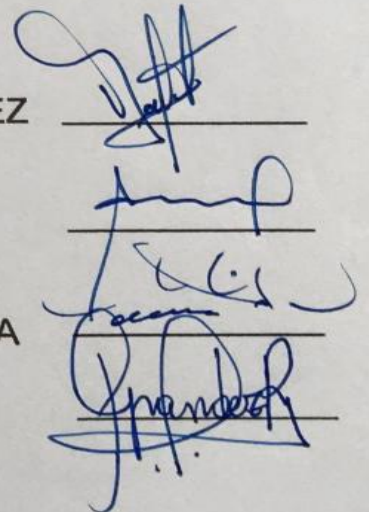
SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:

**PRESIDENTE : ING. MSC. ENRIQUE NAPOLEÓN MARTÍNEZ
QUIROZ**

**SECRETARIO : ING. CARLOS SEGUNDO HUAMÁN
TORREJÓN**

MIEMBRO : ING. MÁXIMO ALCIBÍADES VILCA COTRINA

ASESORA : ING. PEGGY GRÁNDEZ RODRÍGUEZ



DECLARACIÓN JURADA

Yo, ANDREI THONATÁN SALAS ZUMAETA
identificado(a) con DNI N° 47347481, domicilio legal
TR. ATAHUALPA N° 237, a efecto de cumplir con las
Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San
Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos,
datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos
y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad,
ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada,
por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la
Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Tarapoto, 20 de DECEMBRE del 2017.


.....
Firma


.....
Huella Digital

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

| |
|--|
| Apellidos y nombres: SALAS ZUMAETA, ANDREI JHONATÁN |
| Código de alumno : 093122 Teléfono: 947550016 |
| Correo electrónico : andreisalas@gmail.com DNI: 47347481 |

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

| |
|---|
| Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA |
| Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL |

3. Tipo de trabajo de investigación

| |
|---|
| Tesis <input checked="" type="checkbox"/> Trabajo de investigación <input type="checkbox"/> |
| Trabajo de suficiencia profesional <input type="checkbox"/> |

4. Datos del Trabajo de investigación

| |
|---|
| Título : ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD Y DE LOS RIESGOS EN EL PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA DEL RÍMAC, EN LA VÍA DE ACCESO AL TÚNEL SAN MARTÍN, DISTRITO DEL RÍMAC, LIMA METROPOLITANA. |
| Año de publicación: 2017 |

5. Tipo de Acceso al documento

| |
|---|
| Acceso público * <input checked="" type="checkbox"/> Embargo <input type="checkbox"/> |
| Acceso restringido ** <input type="checkbox"/> |

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

| |
|--|
| |
| |

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca Central

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

20 / 12 / 2017




Firma de Unidad de Biblioteca

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre Einer Luis y mi abuela Telecila, quienes han compartido a mi lado gratos momentos, que me acompañan a donde quiera que vaya y que en vida me han brindado fortaleza en tiempos de debilidad, para ellos todo este esfuerzo y trabajo.

A mi señora madre Luz Aurora, por su ejemplo de lucha y sacrificio, por los valores, por enseñarme que la senda del esfuerzo, estudio y dedicación nos permiten alcanzar nuestros objetivos.

A mis hermanos Michael y Grety, por su apoyo incondicional.

A la vida, por ese gran regalo de existir y permitirme entregar la mejor de mis versiones en cada una de mis actividades, por las alegrías y las tristezas, por todo aquello que me permiten crecer para ser una mejor persona cada día.

Andrei Jhonatán Salas Zumaeta

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Peggy Grández Rodríguez:

Por sus enseñanzas, su apoyo incondicional durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, ya que sin su orientación y consejo todo esto no habría sido posible.

A la empresa Maccaferri Construction S.A.C.:

Por las facilidades en mi etapa de labores con ellos, por la formación proporcionada en lo relacionado a gestión y dirección de proyectos geotécnicos, mención especial a los ingenieros Víctor Sarmiento y César Mantilla quienes me han transmitido sus experiencias durante el proyecto de estabilización en Ladera del Rímac de los túneles Santa Rosa y San Martín.

A la plana docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura:

Por los conocimientos impartidos durante mis años de formación profesional.

A mis familiares y todos aquellos que directa o indirectamente han contribuido, para hacer de esta que surgió como una idea, toda una realidad.

Andrei Jhonatán Salas Zumaeta

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|----------|
| CARÁTULA | |
| PÀGINA DEL JURADO | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| ÍNDICE | iv |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Generalidades..... | 1 |
| 1.2. Exploración preliminar orientado a la investigación..... | 2 |
| 1.3. Aspectos generales del estudio..... | 3 |
| 1.3.1. Aspectos Físicos..... | 3 |
| 1.3.1.1. Ubicación del Área de Estudio..... | 3 |
| 1.3.1.2. Vías de Acceso..... | 4 |
| 1.3.1.3. Clima..... | 4 |
| 1.3.1.4. Vientos..... | 5 |
| 1.3.1.5. Geología y Geomorfología..... | 5 |
| 1.3.1.6. Topografía de la zona de estudio..... | 6 |
| 1.3.2. Aspectos Biológicos..... | 6 |
| 1.3.2.1. Flora..... | 6 |
| 1.3.2.2. Fauna..... | 8 |
| 1.3.3. Aspectos Socioeconómicos..... | 8 |
| 1.3.3.1. Población..... | 8 |
| 1.3.3.2. Migración..... | 9 |
| 1.3.3.3. Educación..... | 10 |
| 1.3.3.4. Salud..... | 11 |
| 1.3.3.5. Servicios..... | 12 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 2. | MARCO TEÓRICO..... | 13 |
| 2.1. | Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver..... | 13 |
| 2.1.1. | Antecedentes del problema..... | 13 |
| 2.1.2. | Planteamiento del problema..... | 13 |
| 2.1.3. | Delimitación del problema..... | 14 |
| 2.1.4. | Formulación del problema..... | 15 |
| 2.2. | Objetivos..... | 15 |
| 2.2.1. | Objetivo General..... | 15 |
| 2.2.2. | Objetivos Específicos..... | 15 |
| 2.3. | Justificación de la investigación..... | 16 |
| 2.4. | Delimitación de la investigación..... | 16 |
| 2.5. | Marco Teórico..... | 16 |
| 2.5.1. | Antecedentes de la investigación..... | 16 |
| 2.5.2. | Fundamentación teórica de la investigación..... | 17 |
| 2.5.3. | Marco conceptual: Definición de Términos..... | 93 |
| 2.5.4. | Marco histórico..... | 94 |
| 2.6. | Hipótesis a demostrar..... | 97 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 98 |
| 3.1. | Materiales..... | 98 |
| 3.1.1. | Recursos humanos..... | 98 |
| 3.1.2. | Recursos materiales..... | 98 |
| 3.1.3. | Recursos de equipos..... | 98 |
| 3.1.4. | Otros recursos..... | 98 |
| 3.2. | Metodología..... | 99 |
| 3.2.1. | Universo muestra y población..... | 99 |
| 3.2.2. | Sistema de variables..... | 99 |
| 3.2.3. | Diseño de la investigación..... | 99 |
| 3.2.4. | Diseño de instrumentos..... | 100 |
| 3.2.5. | Procesamiento de la información..... | 101 |
| 4. | RESULTADOS..... | 118 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5. | ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS..... | 119 |
| 5.1. | Análisis de resultados..... | 119 |
| 5.2. | Discusión de resultados..... | 127 |
| 5.3. | Selección de alternativas..... | 131 |
| 5.4. | Contrastación de Hipótesis..... | 132 |
| | | |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 133 |
| 6.1. | Conclusiones..... | 133 |
| 6.2. | Recomendaciones..... | 136 |
| | | |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA..... | 139 |
| | | |
| 8. | ANEXOS | |
| 8.1. | Anexo N°1 Enunciado del alcance del proyecto | |
| 8.2. | Anexo N°2 Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) | |
| 8.3. | Anexo N°3 Diccionario de la EDT | |
| 8.4. | Anexo N°4 Línea base de cronograma | |
| 8.5. | Anexo N°5 Línea base de costos | |
| 8.6. | Anexo N° 6 GESTIÓN DE LA CALIDAD | |
| 8.6.1. | Anexo N°6.1 Plan de Gestión de Calidad | |
| 8.6.2. | Anexo N°6.2 Planos del proyecto | |
| 8.6.3. | Anexo N°6.3 Registros de control | |
| 8.6.4. | Anexo N°6.4 Herramientas básicas de calidad | |
| 8.6.5. | Anexo N°6.5 Métricas de calidad | |
| 8.6.6. | Anexo N°6.6 Diagrama de Afinidad | |
| 8.6.7. | Anexo N°6.7 Gráfica de programación de decisiones del proceso | |
| 8.6.8. | Anexo N°6.8 Dígrafo de interrelaciones | |
| 8.6.9. | Anexo N°6.9 Diagrama de árbol | |
| 8.6.10. | Anexo N°6.10 Matriz de priorización | |
| 8.6.11. | Anexo N°6.11 Diagramas matriciales | |
| 8.6.12. | Anexo N°6.12 Instrucción de campo | |
| 8.6.13. | Anexo N°6.13 Solicitud de Información (RFI) | |
| 8.7. | Anexo N°2 GESTIÓN DE LOS RIESGOS | |

- 8.7.1. Anexo N°7.1 Acta de constitución del proyecto
- 8.7.2. Anexo N°7.2 Registro de interesados
- 8.7.3. Anexo N°7.3 Organigrama (OBS)
- 8.7.4. Anexo N°7.4 Plan de gestión de riesgos
- 8.7.5. Anexo N°7.5 Análisis FODA
- 8.7.6. Anexo N°7.6 Tormenta de ideas
- 8.7.7. Anexo N°7.7 Simulación de Monte Carlo
- 8.7.8. Anexo N°7.8 Plan de respuesta a riesgos

- 8.8. Anexo N°8 COSTOS DEL PROYECTO
 - 8.8.1. Anexo 8.1 Costo de la adenda 01
 - 8.8.2. Anexo 8.2 Costo de la adenda 02
 - 8.8.3. Anexo 8.3 Presupuesto cliente
 - 8.8.4. Anexo 8.4 Costos totales de calidad
 - 8.8.5. Anexo 8.5 Costos asociados a riesgos

- 8.9. Anexo N°9 TIEMPO DEL PROYECTO
 - 8.9.1. Anexo 9.1 Cronograma base vs Cronograma Ejecutado

- 8.10. Anexo N°10 PANEL FOTOGRÁFICO

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabla N° 01 | Beneficios de la Gestión de la Calidad..... | 28 |
| Tabla N° 02 | Características de reporte de riesgo..... | 77 |
| Tabla N° 03 | Formato para registro de riesgo (antes de ocurrir)..... | 78 |
| Tabla N° 04 | Formato para registro de riesgos ocurridos..... | 79 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|--------------|--|-----|
| Cuadro N°01 | Análisis Costo Beneficio para planificación de la calidad..... | 107 |
| Cuadro N° 02 | Costo de la calidad..... | 108 |
| Cuadro N° 03 | Cuadro comparativo entre valores de costos base, simulados y reales del proyecto..... | 120 |
| Cuadro N°04 | Cuadro comparativo entre costos asumidos por el cliente y costos asumidos por el contratista..... | 122 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------|---|----|
| Figura N° 01 | Población por distritos en Lima Metropolitana..... | 8 |
| Figura N° 02 | Población migrante y emigrante de Lima Metropolitana..... | 10 |
| Figura N° 03 | Nivel educativo en Lima Metropolitana..... | 11 |
| Figura N° 04 | Acceso a los servicios básicos en los hogares 2010-2013..... | 12 |
| Figura N° 05 | Factores significativos en el proceso de certificación ISO 9000..... | 25 |
| Figura N° 06 | Rueda de Deming (PHVA)..... | 27 |
| Figura N° 07 | Mapa conceptual de resumen de costos relativos a la calidad..... | 35 |
| Figura N° 08 | Costos de la calidad..... | 39 |
| Figura N° 09 | Guion gráfico que ilustra las siete herramientas básicas de calidad..... | 42 |
| Figura N° 10 | Guion gráfico que ilustra las siete herramientas básicas de Gestión y Control de la calidad..... | 46 |
| Figura N° 11 | Rueda de Deming como estructura del proceso de gestión de riesgos..... | 53 |
| Figura N° 12 | El ciclo de la gestión de riesgos..... | 54 |
| Figura N° 13 | Proceso de la gestión de riesgos..... | 55 |
| Figura N° 14 | Proceso de la gestión de riesgos a lo largo del tiempo..... | 56 |
| Figura N° 15 | Proceso de gestión de riesgos según Merna..... | 57 |
| Figura N° 16 | Proceso de gestión de riesgos según el PMI..... | 58 |
| Figura N° 17 | Proceso de Gestión de riesgos..... | 60 |
| Figura N° 18 | Diagrama de flujo de datos para planificar la gestión de riesgos..... | 62 |
| Figura N° 19 | Diagrama de flujo de datos de realizar el análisis cualitativo de riesgos..... | 67 |
| Figura N° 20 | Ejemplo de una RBS..... | 75 |
| Figura N° 21 | Ejemplo de un diagrama de influencias..... | 80 |
| Figura N° 22 | Matriz de probabilidad e impacto..... | 83 |
| Figura N° 23 | Concepto de Risk Mapping..... | 84 |
| Figura N° 24 | Ejemplos de distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas..... | 86 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Figura N° 25 | Ejemplo de Diagrama con forma de tornado..... | 87 |
| Figura N° 26 | Diagrama de árbol de necesidades..... | 88 |
| Figura N° 27 | Diseño de investigación..... | 100 |
| Figura N° 28 | Sectores de tratamiento en Ladera del Rímac | 103 |
| Figura N° 29 | Estructuración de Barrera Dinámica..... | 103 |
| Figura N° 30 | Tornado de sensibilidad en relación a los costos de mayor incidencia en el proyecto..... | 121 |
| Figura N° 31 | Gráfico de porcentaje de cambio en sensibilidad avanzado..... | 123 |
| Figura N° 32 | Tornado de sensibilidad en relación a los tiempos de mayor incidencia en el proyecto..... | 125 |
| Figura N° 33 | Gráfico de porcentaje de cambio de sensibilidad avanzado..... | 126 |

ÍNDICE DE PLANOS

| | |
|------------|--|
| Plano N°01 | 9.2 – Ladera Rímac: Tratamiento de Refuerzo Planta |
| Plano N°02 | 9.3.1 – Ladera Rímac: Tratamiento de Refuerzo ST-I |
| Plano N°03 | 9.3.2 – Ladera Rímac: Tratamiento de Refuerzo ST-II |
| Plano N°04 | 9.3.3 – Ladera Rímac: Tratamiento de Refuerzo ST-III |
| Plano N°05 | XXXX – Propuesta de Barrera Dinámica |
| Plano N°06 | 9.3.4 – Ladera Rímac: Detalles de instalación de Barrera Dinámica |
| Plano N°07 | 9.4.1 – Ladera Rímac (Zona Deslizamiento): Tratamientos de Refuerzo en Sector 1. |
| Plano N°08 | 9.4.2 – Ladera Rímac (Zona Deslizamiento): Tratamientos de Refuerzo en Sector 2. |
| Plano N°09 | 9.4.3 – Ladera Rímac (Zona Deslizamiento): Tratamientos de Refuerzo en Sector 4. |

ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD Y DE LOS RIESGOS EN EL PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LADERA DEL RÍMAC, EN LA VÍA DE ACCESO AL TÚNEL SAN MARTÍN, DISTRITO DEL RÍMAC, LIMA METROPOLITANA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de estudiar la incidencia de la aplicación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en el proyecto de estabilización de ladera del Rímac, en la vía de acceso al túnel San Martín, distrito del Rímac, Lima Metropolitana, en relación con los costos y tiempos, aplicando para ello los estándares y lineamientos propuestos por el Project Management Institute.

Dicho estudio se basó en el contraste de los resultados obtenidos luego de haberse ejecutado el proyecto y los resultados estimados mediante el uso y aplicación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos. Para ello es fundamental disponer de información referente con la línea base de costos, así como también de la línea base del cronograma, factores que son básicos para determinar las afectaciones y/o variaciones con respecto a los costos y tiempos finales de ejecución. De esta manera usando el análisis comparativo entre alternativas se determinó la incidencia de su aplicación en el proyecto materia de estudio.

Esta información es un aporte a nuestra localidad, que contribuye a la concepción de proyectos que generan valor y con un alto grado de satisfacción del cliente y usuarios, basados en el manejo de herramientas y técnicas para la gestión de la calidad y de los riesgos. A la luz de los resultados obtenidos, la gestión adecuada y oportuna de la calidad y el manejo de incertidumbres conllevan a la optimización de costos y mejoras significativas en los tiempos de entrega que finalmente se traducen en criterios de valor decisivos en el éxito del desarrollo de un proyecto.

Palabras clave: herramientas, técnicas, gestión de calidad, gestión de riesgos, costos, tiempo.

TOOLS AND TECHNIQUES APPLICATION IMPACT STUDY AND QUALITY AND RISK MANAGEMENT TECHNICS IN RIMAC SLOPE STABILIZATION PROJECT IN THE SAN MARTIN'S TUNNEL ACCESS, DISTRICT OF RIMAC, METROPOLITAN LIMA.

ABSTRACT

This research was developed with the aim of studying the tools and techniques application impact and quality and risks management in Rimac slope stabilization project in the San Martin's tunnel access, district of Rimac, Lima, in relation to costs and time by applying the standards and guidelines proposed by the Project Management Institute.

This study was based on the contrast of the project results after the execution of the project and the estimated results through the use and application of quality and risk management tools and techniques. It is therefore essential to have information relating to the cost base line, as well as the schedule baseline, factors that are essential to determine the effects and/or variations with respect to costs and final implementation times. Thus using the comparative analysis between the incidence alternative applications was determined in the field study project.

This information is a contribution to our city, boosting the design of projects that generate value and a high degree of customer/user satisfaction based on tools and techniques and quality and risks management. According to the results obtained, appropriate and timely quality management and management of uncertainties lead to cost optimization and significant improvements in delivery times are translated into decisive criteria of value in the success of the development of a project.

Keywords: tools, techniques, quality management, risk management, costs, time.

The Author



1. INTRODUCCIÓN

La presente tesis es un trabajo cuyo objetivo es el estudio de la incidencia de la aplicación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en el proyecto de estabilización de ladera del Rímac, basado en los estándares y lineamientos del Project Management Institute.

Mediante este trabajo se estudió, aplicando herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en un proyecto de construcción, la incidencia en los costos y tiempo de las principales actividades y entregables de la obra “Trabajos de estabilización en Ladera del Rímac” en el distrito del Rímac, Lima Metropolitana.

Es por eso que la investigación se desarrolló con la finalidad de brindar un aporte significativo para el conocimiento y aplicación de las herramientas y técnicas de gestión de calidad y riesgos según el Project Management Institute, pues en la actualidad en nuestra localidad y región son escasas sino nulas las empresas que basan el desarrollo de sus proyectos en algún modelo de gestión y desde luego no son proclives a generar valor, en relación a los costos y tiempo los cuales son criterios importantes dentro de la evaluación de la performance de los proyectos. Este trabajo genera además aportes en formatos de gestión y control los cuales pueden ser empleados en cualquier otro proyecto, pero desde luego se recomienda adecuarlos a la necesidad que se presente ya que la naturaleza de cada uno de los proyectos es diferente y depende de varios otros factores.

1.1. Generalidades

El distrito del Rímac, perteneciente a Lima Metropolitana, es el distrito más antiguo en la capital de la república en donde se conserva aún infraestructura de la época colonial. Su nombre proviene del río que tiene el mismo nombre y con el cual limita, su origen viene del quechua que quiere decir “el que habla”.

Conocido es que el Rímac limita en el oeste con San Juan de Lurigancho, que dicho sea de paso es el distrito con mayor población a nivel nacional. Estos distritos están comunicados a través de las avenidas Próceres de la Independencia y 9 de Octubre, las cuales en horas pico de tráfico implican un tiempo de viaje de aproximadamente 45 minutos. Debido a esto y con el objetivo de mejorar la conectividad entre estos distritos y el cercado de Lima es que se desarrolla el proyecto integral denominado túnel Santa Rosa, con el que este tiempo se vería reducido a

aproximadamente 15 minutos. En el marco de este proyecto tiene lugar a desarrollo los trabajos de estabilización en ladera del Rímac materia de estudio de la presente investigación.

De acuerdo con el modelo de gestión de proyectos que propone el Project Management Institute se distinguen once aspectos principales, dentro de los cuales están la gestión de la calidad y la gestión de los riesgos, las cuales disponen de una serie de herramientas y técnicas que al ser aplicadas en la ejecución de los proyectos son importantes dentro de la optimización de costos y tiempos, entre otros criterios que agregan valor a la construcción.

Con este fin se realizó la aplicación de las herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en un proyecto de construcción a fin de determinar la incidencia en los costos y tiempo, motivo principal del presente trabajo.

1.2. Exploración preliminar orientado a la investigación

Entre los múltiples aspectos que afectan el desempeño de los proyectos de construcción, podemos señalar primordialmente a la calidad, que si vislumbramos más allá del horizonte próximo del cumplimiento de objetivos que generan valor en el proyecto, implican la proyección de la imagen de las empresas responsables en cuanto al grado de satisfacción que pueden encontrar tanto el cliente, como los usuarios finales del resultado último de los procesos de construcción. Asimismo, el desarrollo de toda actividad está sujeto a riesgos de toda índole, tanto positivos (oportunidades) como negativos (amenazas) y en ese sentido es que al presentarse el panorama de esta forma, es inevitable trabajar bajo un escenario de incertidumbre respecto de los resultados.

Dado que las consecuencias de una mala gestión de la calidad y los riesgos en proyectos pueden conllevar a resultados negativos, es el propósito de esta investigación indagar sobre las herramientas y técnicas que faciliten dicho trabajo, a la vez de evaluar su incidencia en materia de costos y tiempos durante la fase de ejecución de proyectos. Al respecto, para la calidad y riesgos existen múltiples herramientas y técnicas, algunas de ellas correlacionadas que nos garantizan la funcionalidad sistemática para los temas de gestión propiamente dichos. Como fuere, el éxito de cualquier programa consiste fundamentalmente en poder trabajarla en procesos, enmarcadas en función de una estructura claramente definida, desde lo general hacia aspectos muy particulares y en mínimos detalles que garanticen la no omisión. El presente proyecto de tesis se desarrolló con las siguientes actividades exploratorias preliminares.

En primer lugar se eligió el proyecto a estudiar, recopilando a la vez información previa al inicio de actividades, básicamente los costos iniciales (línea base de costos) y el cronograma (línea base del cronograma) que es fundamental en el desarrollo del presente trabajo.

Culminado ello se procedió con la realización de una visita a obra, para identificar sectores y/o frentes de trabajo además de realizar la evaluación de las principales restricciones y riesgos que puedan comprometer el proyecto, todo esto antes del inicio de las operaciones de forma contractual.

El trabajo realizado en gabinete consistió en la búsqueda de publicaciones o trabajos relacionados con el tema de estudio; así el procedimiento de investigación ejecutado fue: revisión y recopilación de información bibliográfica, proyectos de tesis e informes de ingeniería, estándares y modelos de gestión, entre otros.

1.3. Aspectos generales del estudio

1.3.1. Aspectos físicos

1.3.1.1. Ubicación del área de estudio

La ubicación del distrito del Rímac es el siguiente:

| | | |
|--------------|---|----------------------------|
| Región | : | Lima |
| Departamento | : | Lima |
| Provincia | : | Lima |
| Distrito | : | Rímac |
| Longitud | : | 77°01'38'' Oeste |
| Latitud | : | 12°02'07'' Sur |
| Altitud | : | 180 msnm (Wikipedia, s.f.) |

Siendo la coordenada aproximada del proyecto de estabilización en ladera del Rímac la siguiente:

Longitud: 77°01'23'' (Oeste)

Latitud: 12°01'46'' (Sur)

El distrito del Rímac se enmarca dentro de la ecorregión de costa. Se asienta en la cuenca del río que tiene el mismo nombre. Asimismo este distrito limita por el norte con el distrito de Independencia, por el sur con la el cercado de Lima, por el este con el distrito de San Juan de Lurigancho y por el oeste con el distrito de San Martín de Porres.

1.3.1.2. Vías de acceso

Las vías de acceso al distrito del Rímac, desde la ciudad de Tarapoto son:

Vía Terrestre

Tarapoto-Moyobamba-Rioja-Olmos-Chiclayo-Lima

1,445 km por las carreteras Panamericana Norte y Fernando Belaunde Terry, antes Marginal de la Selva (24 horas en bus).

Tarapoto-Juanjuí-Tocache-Tingo María- Huánuco-Lima

1020 km por las carreteras Central y Fernando Belaunde Terry (20horas en auto).

Vía Aérea

Vuelos regulares desde Tarapoto (1hora) a la ciudad de Lima.

1.3.1.3. Clima

Según la página web sisbib.unmsm (s.f.) el clima del valle del Rímac, como el de la mayoría de los valles costeros, está bajo la influencia de la Corriente de Humboldt, de los vientos alisios y de la Cordillera de los Andes. Por otro lado, hay diferencias regionales debidas a la latitud, a la altura sobre el nivel del mar y a la configuración geográfica del área. Así, pues, la neblina originada en el mar, muy pronto es enfriada por la fría Corriente de Humboldt formándose un manto de neblina que, en invierno, al dirigirse hacia la tierra siguiendo la dirección de los alisios choca contra las elevaciones de la Cadena Occidental originando finas precipitaciones.

La conducta del vapor de agua durante el verano es diferente, pues, si se condensa al llegar a la tierra caliente inmediatamente se evapora. La cantidad de vapor de agua que tiene la atmósfera está íntimamente ligada a la temperatura. A mayor temperatura el aire tiene mayor capacidad de

contener el vapor de agua. Por esto, durante el verano, la parte costeña del valle del Rímac alcanza su mayor humedad.

Los elementos del clima: Temperatura, humedad, viento y radiación solar, así como otros complejos causales imprimen a la biogeografía de los valles costeros del Perú, peculiaridades.

Gran parte de la costa peruana carece de verdaderas precipitaciones, por cuya razón la flora y fauna están limitadas a nichos ecológicos característicos; en cambio, la región selvática, a la misma latitud que Lima, tiene un promedio de pluviosidad que pasa de los 4 m. al año. Lima recibe dos formas de lluvia: la garúa de invierno y la garúa de verano. El periodo de garúa de invierno empieza, por lo general, en junio y dura hasta setiembre.

1.3.1.4. Vientos

Según la página web sisbib.unmsm (s.f.) el calentamiento desigual de la atmósfera en la costa, debido a la topografía variable ocasiona diferencias de presión y esto hace que se formen vientos que se desplazan de una región a otra. En el valle del Rímac los desplazamientos de aire se realizan en menor escala. El virazón va del mar a la tierra durante el día, en la noche, como la tierra se enfría más prontamente, hay desplazamiento de aire desde la tierra al mar, llamado terral. De día como de noche, se siente brisa, muy raro es un viento que levante polvo en las calles o sacuda las esteras de las chozas en los alrededores de Lima. Midiendo la velocidad de desplazamiento del aire sobre el nivel del mar se registra 3.29 m/seg y a 1,950 m de altitud la velocidad es de 15 m/seg.

1.3.1.5. Geología y geomorfología

En las zonas de Lima, Chancay y Chosica la geomorfología es de resultado tectónico y plutónico sobreimpuestos por los procesos de geodinámica. El borde litoral es un área de tierra firme, expuesta a la acción de las olas marinas producto de esta acción se presentan diferentes bahías, ensenadas, acantilados, puntas, etc.

Se encuentran frente al litoral las islas, que son pequeñas y no habitadas por el hombre en forma masiva, estas son: San Lorenzo, Frontón, Pachacámac, Perrón de Pachacámac, destacando el cerro La Niña (isla San Lorenzo) como la más elevada de la zona, con 396m.s.n.m. Cabe resaltar que las islas San Lorenzo y Frontón constituyen una cadena que es la continuación geológica del Morro Solar, distante 6km al sudeste.

Las planicies costaneras y conos deyeativos constituyen amplias superficies cubiertas por gravas y arenas provenientes del transporte y sedimentación de los ríos como por ejemplo el cono aluvial del río Rímac.

Las estribaciones de la cordillera Occidental son laderas y crestas marginales de la cordillera andina de topografía, formando valles y profundas quebradas que se abran camino hacia la costa.

Los valles y quebradas presentan un piso cubierto por depósitos aluviales y materiales de poco transporte provenientes de la cordillera occidental.

Las Lomas y cerros testigos son colinas que rodean las estribaciones de la cordillera occidental, las rocas que las constituyen son calizas y cuarcitas, lutitas y limolitas, (Mayta, s.f.)

1.3.1.6. Topografía de la zona de estudio

El área de estudio presenta una topografía accidentada, presentando en zonas altas, ondulaciones medianamente pronunciadas (con pendiente de hasta unos 20% y en el talud de corte pendientes verticales) y plana en las zonas bajas próximas a la ribera del río Rímac.

1.3.2. Aspectos biológicos

1.3.2.1. Flora

Según la página web sisbib.unmsm (s.f.) la flora de Lima está distribuida, según el criterio de Augusto Weberbauer, en tres zonas fitogeográficas definidas: La vegetación periódica de las lomas, representada por hierbas y arbustos; el monte ribereño que se extiende por todas las derivaciones del río Rímac, tiene una vegetación permanente formada por distintos árboles y arbustos dispuestos a la vera del río. Dentro del cono de deyección del Rímac se tiene algunas formaciones lacustres del tipo de los puquiales en cuyas aguas se sustenta una vegetación que tiende a desaparecer en ciertos lugares, como en la laguna de la Hacienda Villa. A estas zonas fitogeográficas debemos agregar las zonas dedicadas a los cultivos.

a) Las lomas.

A pesar de ser tan pequeña la cantidad de agua que dan las garúas de invierno, basta para que la interesante vegetación de las lomas se despierte de su sueño. Las colinas y los cerros de la costa, áridos durante el verano, desde el 80 S. en Coquimbo-Chile, hasta el 309 S. en Trujillo-Perú, se

visten de verdura dentro de poco tiempo, como por encanto, de mayo a octubre. Aparece primero en la parte alta y de allí se extiende hacia abajo y en los años de garúa abundante invade también las llanuras desérticas. Tan rápidamente como se desarrollaron estas plantas, se marchitan por los rayos del sol al iniciarse el verano. Las hierbas y arbustos muy pronto florecen y dan semillas, pues, los meses favorables son pocos y precisa aprovecharlos bien. La estructura de estas plantas corresponde a la necesidad de conservar durante los meses de verano ciertas partes vegetativas de su cuerpo las que, permaneciendo inactivas, quedan listas para retoñar en el invierno siguiente. Otras son plantas anuales, es decir, que en el término de un año brotan de las semillas, crecen y producen flores y semillas. Luego, muere la planta madre, pero deja la simiente escondida en el suelo lista a germinar al año siguiente.

b) Monte ribereño.

Tiene vegetación perpetua. Los bordes de los ríos se cubren de plantas robustas. Aquí el agua de los ríos se infiltra en el suelo y aun cuando el río disminuya su caudal y se seque del todo, queda el agua subterránea, accesible a las raíces largas que penetran hasta profundidades considerables. En los bordes exteriores del monte donde la humedad del suelo es muy escasa, sólo los vegetales más resistentes pueden subsistir.

c) Zona desértica.

En los arenales baldíos y estériles, aquí y allí se juntan en gran número plantas xeromórficas, que pueden resistir durante el día elevadas temperaturas y bajas durante la noche. Esta es la zona de los Tillandsiales, plantas capaces de resistir prolongadas sequías propias del desierto y semidesierto. Sus raíces pequeñas sólo les sirven para fijarse al suelo, en cambio, sus hojas arrosadas, gruesas y suculentas cubiertas de pequeñas escamas absorben el agua depositada por el rocío y la neblina en gotas menudas y, a la vez, los minerales que, traídos por el viento en forma de polvo finísimo, se disuelven en esa agua. Estas tillandsias se orientan siempre en sentido contrario a la dirección de los vientos tal como se ve en el Tillandsial de Cajamarquilla.

Entre las tillandsias aparecen también otras xerofitas, particularmente cactúceas. Con frecuencia estas formaciones xerofíticas se establecen en los arenales adyacentes al territorio de las lomas.

d) Zona cultivada.

En esta zona se cultiva principalmente algodón, maíz, papas hortalizas y flores.

1.3.2.2. Fauna

Según la página web sisbib.unmsm (s.f.), se distinguen claramente dos zonas de desarrollo de fauna y son las que se describen a continuación:

a) Zona marina.

Es una faja de 10 millas a lo largo de la costa. Abarca las islas guaneras en las cuales se encuentra abundante cantidad de artrópodos ponzoñosos y parasitarios, de las clases: Insecta, especialmente Mallophaga, Anoplura, Siphonáptera; Arachnida, especialmente Areneida y Acari. Todos ellos en íntimo contacto con la fauna ornitológica marina, pero que accidentalmente son agresivos u ofensivos causales para el hombre que trabaja en esta zona.

b) Zona del litoral.

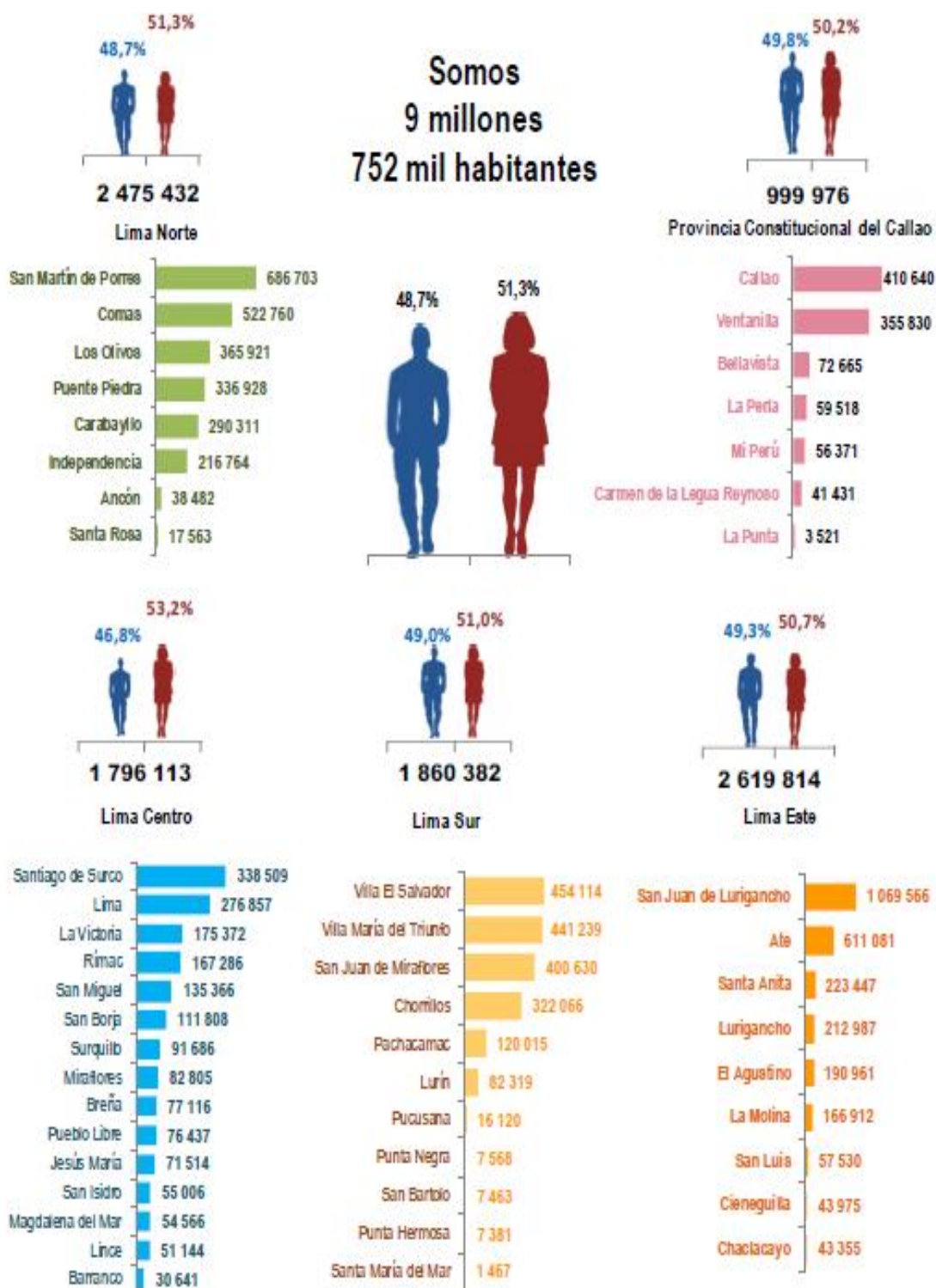
Aquí, la fauna se distribuye en atención a ciertas variantes fisiogeográficas de las playas arenosas, pedregosas, terrazas y costas rocosas que se levantan bruscamente sobre el nivel del mar. En las playas arenosas de Ancón, Ventanilla, San Bartolo se encuentran malaguas varadas, moluscos y gran cantidad de cadáveres de aves marinas.

1.3.3. Aspectos socioeconómicos

1.3.3.1. Población

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2014) en el 2014 la población de 167 286 habitantes. A continuación se presenta un resumen de distribución de habitantes por distrito en Lima Metropolitana.

Figura N° 01. Población por distritos en Lima Metropolitana



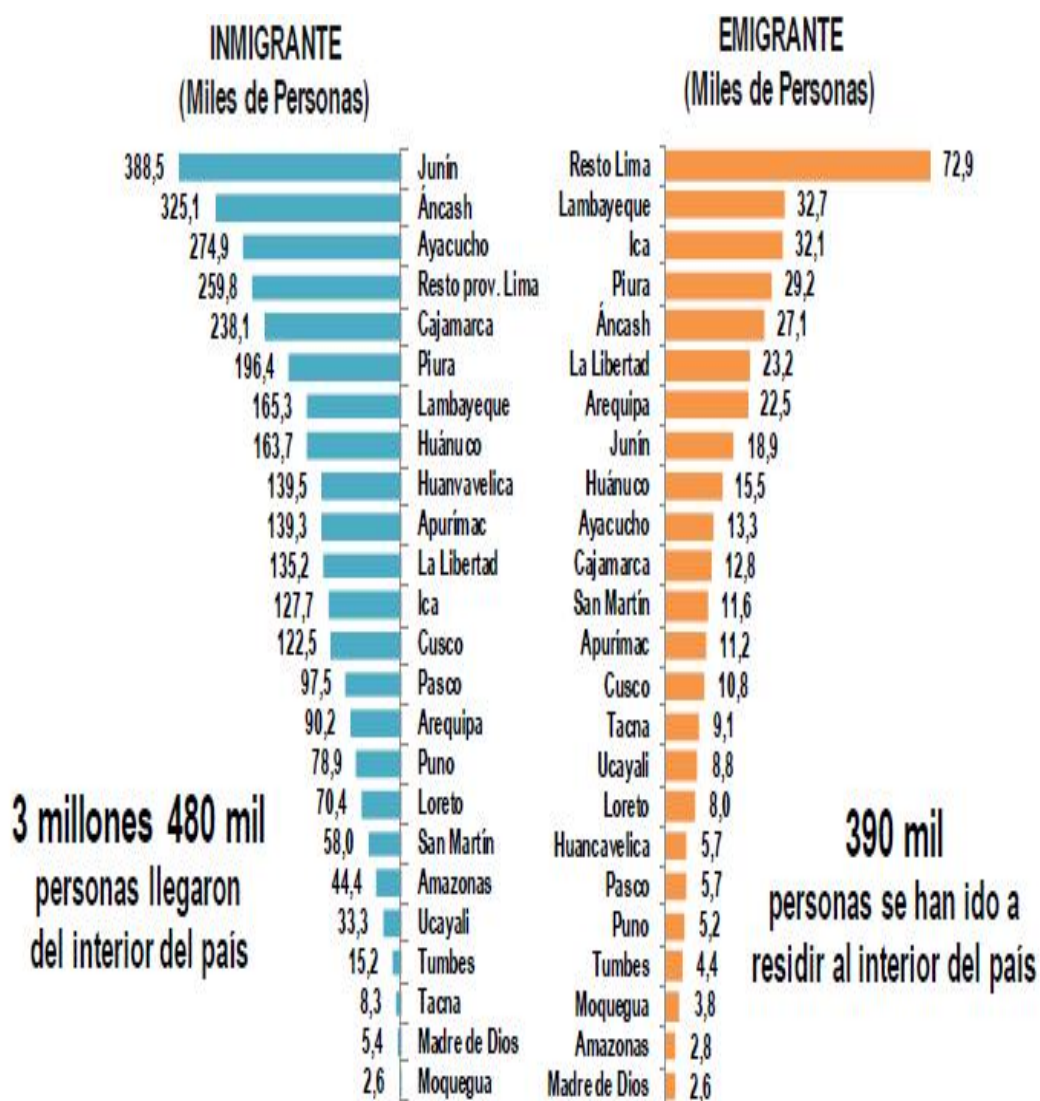
Fuente: INEI Proyecciones de población por distritos 2014.

1.3.3.2. Migración

Uno de los fenómenos sociales más importantes del proceso de ocupación de los territorios ha sido la migración. Estos procesos tuvieron como uno de sus determinantes la violencia política de la década del 80 e inicios de la del 90.

En la figura que se muestra a continuación, se tiene un cuadro resumen con datos de inmigración y emigración hacia y desde Lima Metropolitana de acuerdo con el INEI (2014).

Figura N° 02. Población migrante y emigrante de Lima Metropolitana



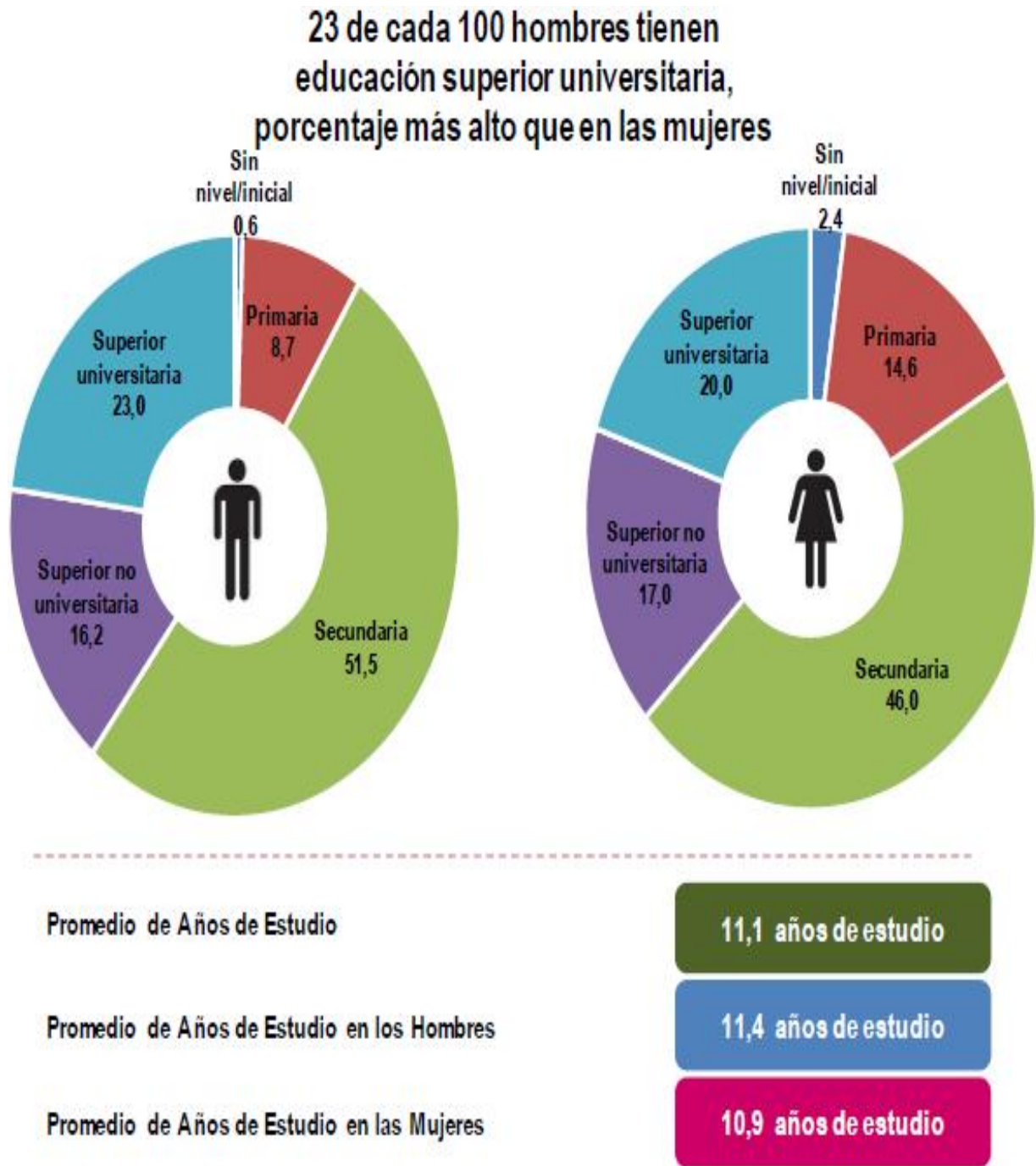
Fuente: INEI Encuesta Nacional de Hogares 2013.

1.3.3.3. Educación

El sistema educativo en Lima Metropolitana, comprende la educación básica regular (está dada por niveles: inicial, primaria y secundaria), a la cual se agregan Institutos de Estudios Superiores, Centros de Educación Ocupacional privados y las Universidades.

Según la Encuesta nacional de Hogares, el grado de instrucción en porcentajes de la población Lima Metropolitana es el siguiente:

Figura N° 03. Nivel educativo de Lima Metropolitana



Fuente: INEI Encuesta Nacional de Hogares 2013

1.3.3.4. Salud

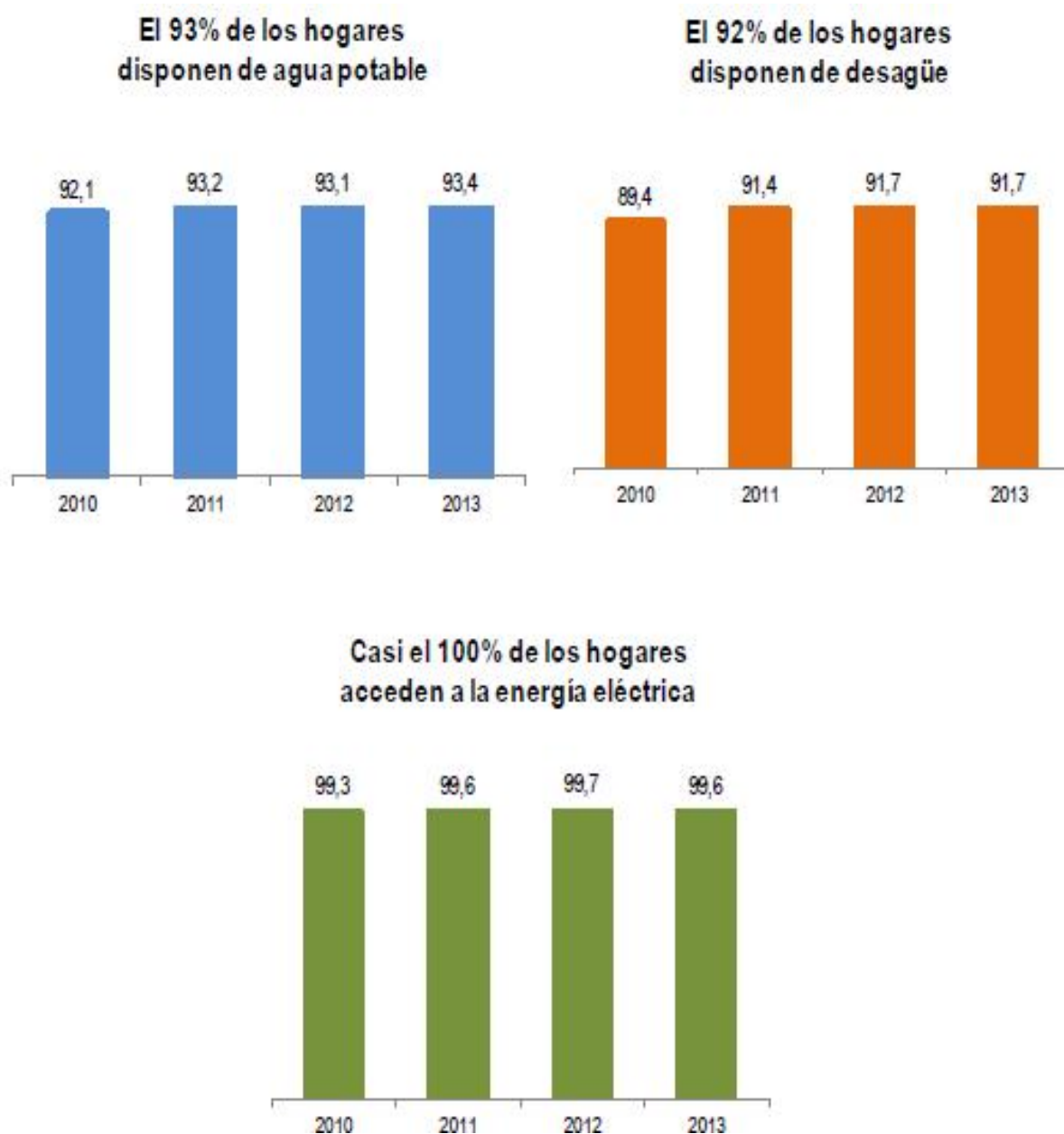
Los servicios de salud en Lima Metropolitana, vienen siendo atendidos por los establecimientos bajo la administración del MINSA y de ESSALUD. También se encuentran los establecimientos administrados por la Sanidad de la Policía Nacional del Perú y por las Fuerzas Armadas.

1.3.3.5. Servicios

El acceso a los servicios básicos hace posible tener una vivienda digna para la población, constituye un indicador de las condiciones favorables en el bienestar social y, por tanto, en el nivel de desarrollo.

Más del 90% de los hogares acceden a los servicios básicos de agua potable y desagüe y casi el 100% a energía eléctrica (INEI, 2014).

Figura N° 04. Acceso a los servicios básicos en los hogares 2010-2013



Fuente: INEI Encuesta Nacional de Hogares 2013

2. MARCO TEÓRICO

10.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver

10.1.1. Antecedentes del problema

El sector construcción en nuestro país ha experimentado un crecimiento sostenido a lo largo de los últimos años, sin embargo esto no ha implicado que la actividad como tal haya mejorado, considerando que son factores relevantes al momento de evaluar la performance de los proyectos los costos y tiempos empleados en su desarrollo. Esto inevitablemente nos conlleva a ver un escenario desfavorable pues la mayoría de proyectos a nivel regional y nacional experimentan afectaciones significativas a los presupuestos proyectados y a los tiempos de entrega que naturalmente se traducen en suscripción de adendas por mayores costos y ampliaciones de plazo para la entrega definitiva.

Ante tal escenario y con la finalidad de poder determinar la incidencia en los costos y tiempos de los proyectos de construcción, se ha tomado la decisión de elegir un proyecto del tipo geotécnico denominado “Estabilización en Ladera del Rímac” que se ubica en la vía de acceso al túnel San Martín, en el distrito del Rímac – Lima Metropolitana. Se selecciona aquella obra al ser parte del proyecto emblemático del túnel Santa Rosa para la interconexión de los distritos de San Juan de Lurigancho y el Rímac, que permitirá la reducción considerable de los tiempos de transporte hacia el cercado de Lima.

Se pretende estudiar dicha incidencia a través de la aplicación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos según el enfoque estandarizado por el Project Management Institute (PMI). Es en este sentido, es que el desarrollo del presente trabajo está orientado al estudio de la incidencia de la aplicación de herramientas y técnicas de la gestión de la calidad y de los riesgos con relación a los costos y tiempos de un proyecto geotécnico aplicando los estándares y lineamientos de gestión del PMI dado que como se ha dicho son los factores de mayor sensibilidad en los proyectos de construcción de nuestra región y país.

10.1.2. Planteamiento del problema

En el mundo, actualmente existen muchas metodologías de gestión, en su mayoría aceptadas, algunas más conocidas que otras, como por ejemplo la que nos ofrecen el enfoque del Lean Construction (construcción sin pérdidas), el enfoque del Instituto Goldratt, así como la del

Project Management Institute, pero que en ningún caso les es ajeno los riesgos ni la calidad inherentes al desarrollo del proyecto.

La realidad nacional y local nos dice que la gestión de riesgos es escasamente tratada, y de ser el caso se efectúa de forma somera sin considerar toda la gama de impactos que se podrían provocar por su causa en el ciclo de vida de un proyecto. En lo referente a la calidad, a pesar de que se hacen esfuerzos denodados para su gestión en la construcción, estos se basan generalmente en las especificaciones técnicas y con la filosofía de inspeccionar para reparar, antes que prevenir defectos en el proceso constructivo.

Tomando en cuenta que la consecuencia directa es la generación de costos adicionales y el retraso en la entrega de proyectos, que son criterios que el cliente considera de valor, se presenta la necesidad de evaluar el desempeño de las obras cuando se aplican las herramientas y técnicas adecuadas para la gestión de calidad y riesgos y determinar de qué forma estas contribuyen a optimizar aquellos criterios.

En ese sentido, viene la preocupación y el interés de indagar y profundizar los conocimientos relacionados al tema de estudio de la presente investigación, ya que se trata de sentar precedentes para la implementación de la gestión de la calidad y la gestión de riesgos como parte garante del éxito de los proyectos de construcción.

10.1.3. Delimitación del problema

Aspectos importantes a tomar en cuenta durante la dirección de proyectos, sobre todo en lo relacionado a la gestión de la calidad y los riesgos, es que estos deben considerarse bajo el enfoque de una estructura ordenada de procesos, las cuales se respaldan en información básica resultante de la etapa de planeamiento y que se sostienen en función de herramientas diversas, así como también técnicas estadísticas para la evaluación de resultados.

Las obras civiles en general tienden a presentar problemas en materia de costos adicionales no previstos y consecuentemente la prolongación de tiempo en los entregables, y para su mejor seguimiento es importante tomar en cuenta la evaluación periódica de resultados, reprogramaciones en función a la disponibilidad de recursos. Para ello es que es importante tener conocimiento de las herramientas y técnicas de gestión para discernir su aplicabilidad entre un proyecto y otro, puesto que las condiciones puede que tengan ciertas similitudes, pero en ningún caso serán iguales.

Es por eso que para el presente estudio consideraremos todas aquellas herramientas, que proporcionan información para el desarrollo de los diversos procesos de gestión de calidad y riesgos así como las técnicas estadísticas y afines, que servirán de base al momento de efectuar las evaluaciones correspondientes y determinar cómo es que la aplicación de las mismas pueden traducirse en la optimización del uso de recursos (costos) y el tema de tiempos, en el proyecto de Estabilización en Ladera del Rímac.

10.1.4. Formulación del problema

Siendo los costos y tiempos factores de mucha sensibilidad en los proyectos, se hace necesario realizar un análisis del desempeño de uno de estos en particular cuando se realiza la aplicación de herramientas de gestión propuestos por el PMI enfocados en la calidad y riesgos. Bajo estas premisas me encuentro en la obligación de responder la siguiente interrogante:

¿De qué manera inciden la implementación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y los riesgos en los costos y tiempo del proyecto de estabilización de ladera del Rímac, en la vía de acceso al túnel San Martín, distrito del Rímac, Lima Metropolitana?

10.2. Objetivos

10.2.1. Objetivo General

Efectuar el estudio de la incidencia de la aplicación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en el proyecto de estabilización de ladera del Rímac, en la vía de acceso al túnel San Martín, distrito del Rímac, Lima Metropolitana.

10.2.2. Objetivos Específicos

10.2.2.1. Realizar el desarrollo de los procesos de gestión de la calidad y de los riesgos siguiendo la estructura de *inputs* y *outputs* propuestos por el Project Management Institute.

10.2.2.2. Aplicar las herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en cada uno de los procesos según los estándares y lineamientos del Project Management Institute.

10.2.2.3. Desarrollar un plan de gestión de la calidad y los riesgos, considerando afectaciones en costos y tiempos en el proyecto.

10.2.2.4. Efectuar el análisis de los datos obtenidos del desarrollo del proyecto prestando atención a los costos y tiempo vinculados a la gestión de calidad y riesgos.

10.2.2.5. Determinar la incidencia de la aplicación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en los costos y tiempo del proyecto.

10.3. Justificación de la investigación

En un mundo globalizado en donde los ejes principales de acción que enmarcan la gestión y dirección de proyectos, son los de la innovación y mejora continua, sumándosele a esto el hecho de que a nivel nacional en el sector construcción son contadas las empresas en que la gestión de la calidad y de los riesgos es planificada, asegurada y controlada en función no sólo de las especificaciones técnicas bajo las hipótesis con que se conciben y diseñan las obras civiles, es importante realizar una evaluación concienzuda de los beneficios y la incidencia que tienen tanto en materia de costos y tiempo, la implementación de herramientas y técnicas aceptadas a nivel internacional, para la gestión de la calidad y de los riesgos.

10.4. Delimitación de la investigación

El desarrollo del presente trabajo de investigación se limita a la evaluación de la incidencia de aplicar herramientas y técnicas para la gestión de la calidad y riesgos en el proyecto de estabilización de ladera del Rímac, en la vía de acceso al túnel San Martín, distrito del Rímac, Lima Metropolitana, bajo el enfoque del Project Management Institute.

10.5. Marco Teórico

10.5.1. Antecedentes de la investigación

Luis Fernando Altez Villanueva (2009), en su tesis de investigación Asegurando el valor de un proyecto de construcción: un estudio de herramientas y técnicas de gestión de riesgos en la etapa de construcción, señala que hay una necesidad real por identificar y controlar los riesgos tempranamente pues la mayoría de los proyectos de construcción no alcanzan satisfacer al menos un criterio de valor establecido por el cliente. Además de ello precisa que la gestión de riesgos es un sistema compuesto de técnicas y herramientas que, con el soporte de una ordenada y metódica cultura organizacional, es capaz de brindar los medios para asegurar el valor en los proyectos de construcción.

Rodolfo Genaro Castre Vásquez (2006), en su tesis de investigación Planeación, programación y control de una obra de edificación señala en una de sus conclusiones que la planeación del proyecto permite definir las actividades en forma ordenada y coordinada, diseñando escenarios de los cuales se busca obtener el mayor provecho, adelantándose a eventos futuros que puedan tener repercusiones en el proyecto.

Nestor Javier Romero Álvarez y Gian Franco Pérez Garavito (2012) en su tesis de investigación Impacto positivo del control de calidad en obras de edificaciones de vivienda, como parte de sus conclusiones finales dicen que es necesario tomar en cuenta un porcentaje del presupuesto de las obras para poder controlar la calidad y que representa un ratio bajo con relación al costo directo además debe incluirse un área responsable de esta actividad que en buena cuenta se traducen en menos trabajo rehecho, menos vicios ocultos que al final fomenta la minimización de costos post construcción.

10.5.2. Fundamentación teórica de la investigación

10.5.2.1. Gestión de la calidad

10.5.2.1.1. Definición general de calidad

Lennart Sandholm (1995), parte con la indicación de que muchos aspectos de nuestra vida diaria dependen de productos industriales como vivienda, alimentación, comunicaciones, asistencia sanitaria, trabajo, recreaciones y seguridad nacional, entre otros. Un aspecto básico de los productos de este tipo (independientemente de que sean bienes o servicios), es que deben ser aptos para el uso al que están destinados. Un fallo en este sentido puede provocar muertes, heridas, incomodidades o pérdidas económicas.

Bajo las premisas indicadas líneas arriba, la calidad claramente no puede ser concebida bajo un sólo enfoque, debido a que de ser así nos limitaríamos a obtener un respuesta parcialmente correcta a la interrogante ¿qué es la calidad? Entonces, básicamente la calidad se puede concebir bajo cuatro perspectivas, y son como las que se indican a continuación:

10.5.2.1.1.1. Perspectiva del cliente

Para Yepes Piqueras (s.f), la calidad desde la perspectiva del cliente es la aptitud o adecuación para el uso, es decir, que tiene una clara orientación al mercado.

Según Sandholm (1995), al adquirir un producto, el comprador tiene ciertas expectativas, las cuales están determinadas por varios factores. El uso que se le piensa dar, influye sobre las expectativas. La apariencia y el funcionamiento de un producto igualmente tienen un efecto, pero las expectativas también dependen del prestigio de la marca y el precio del producto. Un precio elevado suscita expectativas más altas que un precio bajo. Si el producto, al usarlo responde a las expectativas del cliente, éste se sentirá satisfecho y dirá que el producto es de alta calidad. Si sus expectativas se ven defraudadas, el cliente considerará que el producto es de baja calidad.

En ese sentido, se pueden aceptar dos significados, que la calidad es el conjunto de características que satisfacen las necesidades de los clientes o también que la calidad consiste en no tener deficiencias.

10.5.2.1.1.2. Perspectiva técnica

Yepes (s.f.), sostiene que esta es la concepción que es de agrado de los ingenieros y se define a la calidad como el cumplimiento de unas especificaciones o conformidad a unos requisitos, como se notará tiene una clara orientación hacia el producto.

Al respecto, Sandholm (1995) indica que un nivel bajo de calidad puede deberse a deficiencias ya sea en el diseño del producto o en su fabricación, por lo que es apropiado distinguir entre calidad de especificación y calidad de conformidad. La calidad de especificación resulta, como indica su nombre, de las especificaciones con la cuales un producto debe ser fabricado posteriormente. La calidad de especificación también se denomina calidad de diseño; por otro lado la calidad de conformidad es el grado de conformidad que un producto ha alcanzado en cuanto a requisitos de calidad respecto de las especificaciones del producto, a la calidad de conformidad también se le llama calidad de fabricación.

10.5.2.1.1.3. Perspectiva estadística

Para Deming (s.f.), la calidad es un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo y adecuado a las necesidades del mercado.

10.5.2.1.1.4. Perspectiva económica

Según Genichi Taguchi (s.f.), la calidad es la mínima pérdida impuesta a la sociedad desde que el producto es lanzado al mercado.

2.5.2.1.2. Definición normalizada

2.5.2.1.2.1. Según ISO 8402

Para la ISO 8402, la calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas. Como se notará, esta definición abarca la perspectiva del cliente así como también la perspectiva técnica.

2.5.2.1.2.2. Según ISO 9000

Calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. Entendamos que una *característica* es todo aquel rasgo diferenciador; *inherente* se entiende como que existe en algo, especialmente como una característica permanente y el *requisito* una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

2.5.2.1.3. Gestión de calidad

ISO 8402, el vocabulario de la calidad, define la gestión de calidad como todas las actividades de la función general de la gestión que determinan la política de calidad, objetivos y responsabilidades, y ponerlas en práctica por medios tales como la planificación de la calidad, control de calidad, garantía de calidad y mejora de la calidad, dentro del sistema de calidad.

Por su parte el PMI (PMBOK, 2013), sostiene que la gestión de la calidad de un proyecto incluye los procesos y actividades de la organización ejecutora que establecen las políticas de calidad, los objetivos y las responsabilidades de calidad para que el proyecto satisfaga las necesidades para las que fue acometido.

Finalmente, la gestión de la calidad del proyecto trabaja para asegurar que se alcancen y se validen los requisitos del proyecto, incluidos los del producto.

2.5.2.1.4. Objetivos de la calidad

De acuerdo a lo sostenido por Sandholm (1995), los objetivos de calidad son las metas hacia las cuales se orientan las actividades con ellas relacionadas. Es preciso cuantificar y expresar por escrito estos objetivos.

Los objetivos de calidad pueden significar control en un determinado nivel (mantener el mismo nivel o posición) o mejoramiento (cambio de nivel o posición).

Los objetivos de la calidad pueden asumir diferentes formas:

Valores absolutos. Por ejemplo, costos de inspección (expresados en dólares, nuevos soles, etcétera).

Índices. Por ejemplo, costos de desperdicio y reproceso relacionados con el costo de fabricación y la tasa de reclamaciones (expresados en porcentaje).

Diferencias relativas. Por ejemplo, reducción de costos de garantía en un 20 por ciento.

La cuantificación y la expresión por escrito de los objetivos de la calidad tienen varias ventajas:

- a) Ayudan a unificar el modo de pensar de los departamentos involucrados.
- b) Estimulan la acción.
- c) Hacen posible trabajar sobre las bases planeadas en lugar de hacerlo sobre bases de crisis.
- d) Permiten comparar el rendimiento actual con los objetivos.

2.5.2.1.5. Factores clave para una buena gestión de la calidad

Mauricio Lefcovich (2005), indica que 30 son los factores que una organización debe tomar en consideración si pretende lograr una buena gestión de la calidad total, y son las que se detallan brevemente a continuación:

Compromiso de la alta administración: La alta administración debe estar totalmente concientizada y consustanciada con la importancia estratégica y operativa de la calidad, para lo cual deberá comprometerse plenamente tanto en los aspectos de liderazgo y planificación, como en los vinculados con la capacitación, mejora continua de los procesos y, los sistemas de prevención y evaluación que permitan el mayor nivel de calidad y satisfacción. Ello implica destinar todos los recursos que sean necesarios para hacer factible la calidad, se trate tanto de recursos financieros como de tiempos de dedicación.

Trabajo en equipo: La implementación de los sistemas de trabajo en equipo destinados a la resolución de problemas y generación de soluciones, son una forma de lograr la participación activa y comprometida de las personas que están más cerca de los problemas, con lo cual se hace un uso efectivo de sus conocimientos y experiencias, además de provocar un trabajo en equipo lo cual aparte de generar sinergias permite una más rápida puesta en práctica de las soluciones.

Medición de la calidad: El control de calidad debe basarse en hechos y no en simples apreciaciones. El sistema y medios a utilizar deben cumplir con niveles de exactitud y precisión. Una de las herramientas fundamentales para la medición de la calidad radica en el seguimiento y análisis de los costes de calidad.

Corrección de problemas: Implica llegar a las diversas causas raíz de los diversos inconvenientes a efectos de superarlos, actuando de tal forma sobre las verdaderas causas de los problemas y no sobre sus síntomas o causas más inmediatas o superficiales. Saber preguntar cinco o más veces de manera sucesiva el “¿por qué?” de cada situación o problema existente, permite llegar a la causa raíz y con ello dar solución definitiva a la misma.

Comité de Calidad: La cuestión Calidad es lo suficientemente importante, razón por la cual requiere la existencia de un comité especialmente creado a ese sólo efecto, con el fin de monitorear la implantación del sistema de gestión de calidad total, su posterior desarrollo y la mejora continua de los procesos y, niveles de calidad y satisfacción alcanzados.

Capacitación y educación: La calidad total comienza y termina con la educación. Cuando se habla de calidad total estamos hablando de calidad en todos los sectores y actividades o procesos de la empresa, por tal motivo, hacer real dicha calidad implica sí o sí capacitar a todo el personal de la empresa, incluyendo a todos los directivos. La capacitación es una de las bases fundamentales para lograr la calidad total, y constituye una de las herramientas y pilares del accionar preventivo.

Objetivos de mejoramiento: La planificación para la mejora continua acompañado por la actividad de benchmarking permite establecer nuevos objetivos a alcanzar en materia de calidad, productividad, costes, y tiempos de entrega. Mejorar la calidad es disminuir los desperdicios, generar mayores ventas e incrementar la rentabilidad.

Prevención de defectos: Actuar preventivamente y no por reacción ante el surgimiento de los problemas es la cuestión fundamental cuando de Gestión de la Calidad Total se trata.

Recompensas y reconocimientos: En materia de premios, éstos deben ser de carácter global, de manera tal de evitar las competiciones entre individuos o entre grupos. Lo que importa es el buen funcionamiento del sistema como un todo y no sólo de partes de éste.

Procedimientos del programa de calidad: Implantar métodos y herramientas conducentes a prevenir la ocurrencia de errores y fallas.

Crecimiento con rentabilidad económica: Los costos incurridos en prevención y evaluación aparte de ser fijos, deben ser considerados como inversiones. El incrementar la prevención implica menores necesidades de evaluación, pero sobretodo una importante caída en los costos por fallas internas y externas.

Necesidades de los clientes: La auténtica calidad sólo es factible cuando se tiene en consideración las necesidades y deseos de los clientes y consumidores. Diseñar y producir algo que no necesitan o no valoran los consumidores carece de calidad.

Proceso de planeación: Planificar para la calidad, o tomar con la debida consideración la calidad en la planificación es el tema fundamental de este punto. Si la calidad debe invadir todas las áreas, actividades y procesos de la organización, es fundamental que ésta tome en cuenta la calidad en cada una de las funciones fundamentales del proceso administrativo, siendo la primera de las funciones la planificación.

Planeación estratégica: La calidad total es el paso a la excelencia, y ésta última es el objetivo estratégico de toda empresa que pretenda ser competitiva y ganarse el posicionamiento en la mente del público consumidor.

Cultura de la calidad: Poseer una cultura de la calidad implica que la organización como un todo comprende la importancia fundamental de ésta, para la subsistencia y competitividad de la misma. Lograr la cultura de la calidad implica que todos los miembros de la empresa están real y auténticamente consustanciados con la mejora continua y la generación de valor agregado para los clientes.

Enfoque total de sistemas: Entender, pensar y enfocar la empresa como un sistema es el gran secreto para alcanzar la calidad total. El comprender que el todo supera a la suma de las partes, y que un componente o factor, sea humano o material es tan bueno como lo es el sistema, son conceptos que tanto los directivos como los empleados deben entender y saber comprender.

Comunicación de la información: Sistemas de información, eficaces y eficientes resultan fundamentales a la hora de controlar, analizar y mejorar los niveles de calidad, productividad y satisfacción.

Políticas de calidad: Las mismas hacen a la mejor gestión de la empresa en su búsqueda de la excelencia. Los directivos y líderes deben tener perfectamente bien en claro adonde debe llegarse y cómo hacer para lograrlo. Sin ideas claras y precisas los empleados no sabrán a qué atenerse.

Misión y visión: Tener bien definido a que se dedica la empresa, y donde quiere encontrarse dentro de un largo plazo, sirve para definir los objetivos estratégicos en materia de calidad. Sin una visión clara se dificulta el liderazgo y el consecuente apoyo de los seguidores. Una visión de alto valor servirá para potenciar la inspiración y firmeza del líder.

Constancia y planeación para la competitividad: La calidad se diseña y se produce, no se controla. Es una forma de afirmar con justeza la importancia crucial que tiene planear y dejar elementos que permitan una estandarización tanto de los procesos como de los productos y servicios.

Métodos de supervisión: Los métodos y sistemas de supervisión han cambiado radicalmente. Los grupos tienden a auto dirigirse, con lo cual los supervisores pueden controlar a un mayor número de personal, concentrar sus esfuerzos en ser facilitador e inspirador de los Círculos de Calidad, dedicarse a las actividades con mayor grado de creatividad e innovación, para de tal forma mejorar la calidad de los productos y procesos. Su conducta debe dejar de ser reactiva, para darle prioridad al enfoque preventivo y proactivo.

Interacción entre los departamentos: La conjunción entre los diversos departamentos es fundamental tanto a la hora de reducir costes, como a la hora de mejorar los plazos y tiempos de respuesta. Una mejor comunicación horizontal acelera y facilita la resolución de los problemas, mejorando además la gestión de los procesos.

Control de proveedores: Se debe terminar con la práctica de adquirir bienes o servicios sobre la base del menor precio, es necesario evaluar el coste total, para lo cual debe tomarse en consideración la calidad de los productos, los planes de mejoramiento a mediano y largo plazo, la participación de los proveedores en los diseños de productos, servicios y procesos, las frecuencias y volúmenes de entregas entre otras.

Auditoría de Calidad: Las Auditorías Operativa e Interna, deben centrar su esfuerzo en mejorar la calidad de la organización como un todo, para lo cual se encargarán de controlar el cumplimiento de los estándares fijados, como así también de las políticas de calidad establecidas.

Control del proceso: Definir los estándares, evaluar el cumplimiento de los mismos, y planear su posterior mejora conforman las características distintivas del control de proceso. El Control Estadístico de Procesos es el arma fundamental, y por lo tanto la comprensión de éste de parte de directivos y empleados es crucial. Cabría preguntarse cuantas empresas tienen hoy día implementado el Control Estadístico de Procesos.

Diseño del producto: Concentrar el esfuerzo en el momento de diseñar el producto o servicio tiene consecuencias e implicancias de gran magnitud en los posteriores costos de elaboración y procesamiento. Aumentar el tiempo y los recursos en ésta labor, genera importantes reducciones posteriores en materia de costos y fallas.

Compromiso con la mejora continua: La aplicación de las etapas de Planear-Realizar-Evaluar y Actuar (PREA), constituyen la esencia del proceso de mejora instaurado por el Sistema y Filosofía Kaizen. La mejora continua es uno de los pilares fundamentales del “Lean Production”, que es la base del “Lean Construction”, lo cual permite una disminución continua de desperdicios.

Creatividad e Innovación: Hacer de la creatividad e innovación fuentes permanentes de mejora en los productos, servicios y procesos. La organización debe hacer de la creatividad una forma de resolver y prevenir problemas, satisfacer nuevas necesidades y requerimientos de los clientes internos y externos.

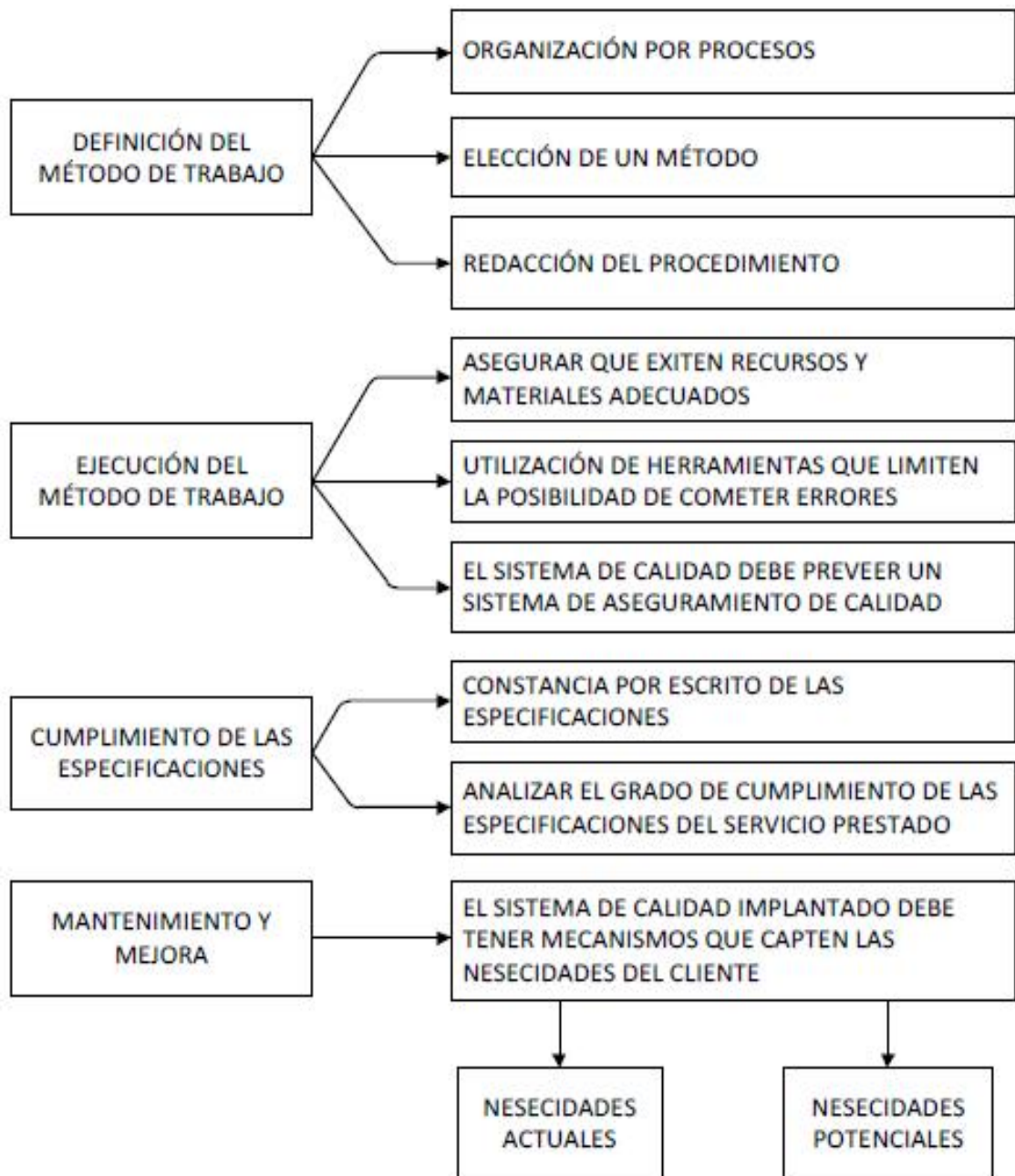
La ética como factor clave y determinante: Sin ética no hay calidad. Una auténtica calidad en servicios y productos, requiere del más alto nivel ético por parte de directivos y empleados. La ética en los negocios y la ética de trabajo es lo que se observa como factores fundamentales en las empresas de excelencia.

Reconocer los factores del comportamiento organizacional: La calidad requiere liderazgo, ética, capacitación y planeación entre otros factores claves. Pero, el no reconocer a tiempo los factores psicológicos, sociológicos, políticos, antropológicos y psicosociales a los cuales están expuestas las relaciones y comportamientos humanos, hará fracasar todo intento por lograr la Calidad Total.

Es aquí donde el Desarrollo Organizacional y una correcta dinámica de grupos cobran vida e importancia vital para el futuro de la empresa.

En su investigación, Segura (2012) recoge un diagrama propuesto por el ingeniero Nava, en la figura 05, en el que además de los ya mencionados se indican algunos otros factores que revisten importancia en la gestión de la calidad.

Figura N°05.- Factores significativos en el proceso de certificación ISO 9000.



Fuente: Implementación de sistemas de calidad en la industria de la construcción (Luna V. & Gonzáles T., 2007)

2.5.2.1.6. Modelos de excelencia

El desarrollo de la Calidad Total a escala internacional ha dado lugar a la aparición de varios Modelos de Excelencia en la Gestión. Estos modelos están preparados para servir como instrumento de autoevaluación para las organizaciones.

2.5.2.1.6.1. Ciclo de Deming

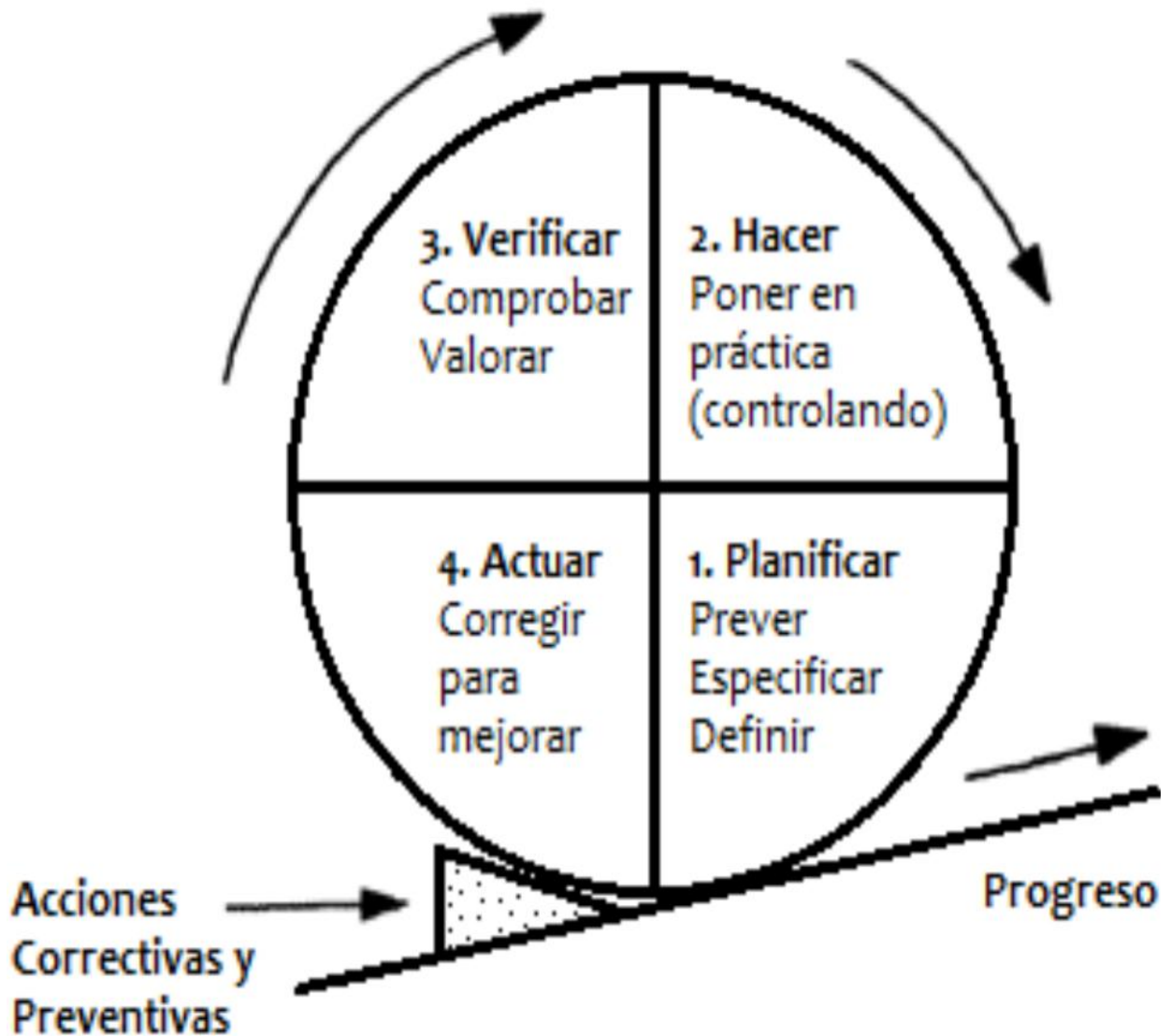
Jimeno Bernal (2013), nos indica que el ciclo de Deming o también conocido como el ciclo PDCA, es la sistemática más usada para implantar un sistema de mejora continua.

El nombre del ciclo PDCA o PHVA, viene de las siglas Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, en inglés Plan, Do, Check, Act. También conocido como ciclo de mejora continua o círculo de Deming, por ser Edwards Deming su autor. Esta metodología describe los cuatro pasos esenciales que se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua, entendiendo como tal al mejoramiento continuado de la calidad.

Como ya se ha indicado al inicio del párrafo anterior, el círculo de Deming, comprende cuatro etapas y se detallan brevemente a continuación:

- a) Planificar (Plan).** Se buscan las actividades susceptibles de mejora y se establecen los objetivos a alcanzar, conforme con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- b) Hacer (Do).** Se realizan los cambios para implantar la mejora propuesta. Generalmente conviene hacer una prueba piloto para probar el funcionamiento antes de realizar los cambios a gran escala.
- c) Controlar o Verificar (Check).** Una vez implantada la mejora, se deja un periodo de prueba para verificar su funcionamiento. Si la mejora no cumple las expectativas iniciales, habrá que modificarla para ajustarla a los objetivos esperados.
- d) Actuar (Act).** Por último, una vez finalizado el periodo de prueba, se deben estudiar los resultados y compararlos con el funcionamiento de las actividades antes de haber sido implantada la mejora. Una vez terminado este paso, se debe volver al comienzo del ciclo de forma periódica para estudiar nuevas mejoras a implantar.

Figura N°06. Rueda de Deming (PHVA)



Fuente: Del Manual de la Calidad al Manual de la Gestión (Froman, 2003)

2.5.2.1.7. Importancia de la gestión de la calidad

La aplicación de un buen programa de Gestión de la calidad y sobre todo si se cumplen con los objetivos con los que fue concebido originalmente, permite a las empresas dedicadas a las obras civiles alcanzar buenos grados de satisfacción con el cliente, mejoras en utilidades a mediano y largo plazo y sobre todo generar valor en todos sus proyectos, dando paso así a la competitividad. Así mismo, la Gestión de Calidad de la organización no solo beneficia a la organización, sino también a todas las partes interesadas y directa e indirectamente afectadas por la actividad que ésta realiza.

Tabla N° 01 – Beneficios de la Gestión de la Calidad

| PARTE INTERESADA | LOGROS |
|-------------------------|--|
| CLIENTES | <ul style="list-style-type: none"> - Satisfacción plena de sus necesidades. - Cumplimiento y superación de sus expectativas. - Generar la confianza suficiente como para que nos confíe un siguiente proyecto. |
| ORGANIZACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> - Lograr productos y servicios con cero defectos. - Hacer bien las cosas desde la primera vez. - Diseñar, producir y entregar un producto que brinde satisfacción total. - Producir un artículo o un servicio de acuerdo a las normas de satisfacción total. - Producir un artículo o un servicio de acuerdo a las normas establecidas. - Predisposición a trabajar para superar cualquier adversidad y lograrlo. - Una categoría tendiente siempre a la excelencia. |
| SUBCONTRATISTAS | <ul style="list-style-type: none"> - Mejor relación comercial con los contratantes. - Incremento de la necesidad de capacitación y superación. |
| ALTA GERENCIA | <ul style="list-style-type: none"> - Mayor rentabilidad de la empresa. - Consolidación de la marca. |

Fuente: SEGURA GONZALES, Zurisadai “Tesis de grado: Propuesta de modelo de desarrollo de la gestión de la calidad en las empresas constructoras de edificaciones” (2012)

2.5.2.1.8. Requisitos generales de documentación de calidad

2.5.2.1.8.1. Generalidades

Basándonos en lo que señala la norma ISO 9001 (2008), la documentación del sistema de gestión de la calidad debe incluir:

- a) Declaraciones documentadas de una política de la calidad y de objetivos de la calidad.
- b) Un manual de la calidad.
- c) Los procedimientos documentados y los registros requeridos por la norma ISO 9001.
- d) Los documentos, incluidos los registros que la organización determina que son necesarios para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos.

2.5.2.1.8.2. Manual de calidad

Para la norma ISO 9001 (2008), la organización debe establecer y mantener un manual de la calidad que incluya:

- a) El alcance del sistema de gestión de la calidad, incluyendo los detalles y la justificación de cualquier exclusión.
- b) Los procedimientos documentados establecidos para el sistema de gestión de la calidad o referencia a los mismos.
- c) Una descripción de la interacción entre los procesos del sistema de gestión de la calidad.

2.5.2.1.8.3. Control de documentos

De acuerdo con lo señalado por la norma ISO 9001 (2008), los documentos requeridos por el sistema de gestión de la calidad deben controlarse.

Debe establecer y procedimiento documentado que defina los controles necesarios para:

- a) Aprobar los documentos en cuanto a su adecuación antes de su emisión.
- b) Revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario y aprobarlos nuevamente.

- c) Asegurarse de que se identifican los cambios y el estado de la versión vigente de los documentos.
- d) Asegurarse de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables se encuentran disponibles en los puntos de uso.
- e) Asegurarse de los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables.
- f) Asegurarse de que los documentos de origen externo, que la organización determina que son necesarios para la planificación y la operación del SGC, se identifican y que se controla su distribución.
- g) Prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos y aplicarles una identificación adecuado en el caso de que se mantengan por cualquier razón.

2.5.2.1.8.4. Control de registros

Al respecto, ISO 9001 (2008) nos dice que los registros establecidos para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz del SGC deben controlarse.

Los registros deben permanecer legibles, fácilmente identificables y recuperables.

2.5.2.1.9. Costo de calidad

De acuerdo con Sandholm (1995), el proceso de obtención del producto conlleva a costos para la empresa. De todos modos, existen costos que la empresa puede evitar en mayor o menor medida, dependiendo de la eficacia con la cual se realizan las actividades relacionadas con la calidad del producto. Estos costos se denominan costos de la calidad.

Compartiendo prácticamente la misma perspectiva, el ingeniero Gómez (s.f.), basándose en la NTP ISO 8402 nos proporciona el término COSTOS RELATIVOS A LA CALIDAD, el cual se puede expresar en la siguiente ecuación simple:

$$\text{CRC} = \text{CDC} + \text{CNC}$$

Donde:

CRC= Costos relativos a la calidad

CDC= Costos de calidad

CNC= Costos de no calidad

La aplicación requiere que la empresa responsable de la construcción, planifique y cumpla con los controles, ensayos, pruebas, análisis, planificados previamente; sólo así, se logrará la calidad satisfactoria. Es necesario cumplir con tales premisas, ya que de no hacerlo no se alcanzará la calidad satisfactoria, lo cual significa lo siguiente:

- a) Efectuar reprocesos, rehacer los trabajos correspondientes a una partida.
- b) Reemplazar materiales e insumos adquiridos, ya que los análisis realizados demuestran la existencia de no conformidades.
- c) El tiempo empleado para completar los trabajos retrasados, debido al no cumplimiento de los requisitos de calidad en el momento de ejecución de la partida analizada.

Todas estas actividades y otras afines son las que forman parte de los CNC, generándose así el inicio de las pérdidas como resultado de una ejecución no planificada apropiadamente.

En resumen, si se desea evitar tales problemas será imperativo planificar la aplicación de la calidad, y luego poner en práctica el control de calidad, es aquí donde surgen las interrogantes ¿en qué momento deben efectuarse?, ¿cómo y en qué consiste?, ¿qué se debe controlar?, ¿qué debe registrarse y quién debe hacerlo?

Para responder a todas estas preguntas es necesario prever:

- a) La elaboración de procedimientos o instrucciones escritas, para la ejecución de las actividades de control de calidad.
- b) Los puntos de control es importante identificarlos y definir el momento oportuno de su ejecución, siendo la premisa: “cumplir con un punto de control, para evitar un CNC, el cual retrasa la ejecución y aumenta los costos de la construcción”.

2.5.2.1.9.1. Costos de calidad

De acuerdo con lo señalado por Gómez (Gómez, s.f.), los CDC son todos los costos en que debe incurrir la organización ejecutora para asegurar el logro de la calidad satisfactoria de la obra

resultante del proyecto de la construcción. Este resultado es el efecto de que los productos de los procesos constructivos han cumplido con los requisitos de calidad, definidos en los planos y especificaciones técnicas contractuales.

Los costos de calidad a su vez se desagregan en:

$$\text{CDC} = \text{CDP} + \text{CDE}$$

Donde:

CDC= Costos de calidad

CDP= Costos de calidad de prevención

CDE= Costos de calidad de evaluación

2.5.2.1.9.1.1. Costos de prevención

Para Sandholm (Sandholm, 1995), son los costos ocasionados por actividades destinadas a prevenir que se produzcan defectos. Gómez (Gómez, s.f.), complementa lo anteriormente indicado, señalando que estos costos tienen como finalidad:

- a) Prever las calificaciones, evaluaciones, entre otros.
- b) Prever las necesidades de capacitación del personal.
- c) Mantenimiento preventivo, predictivo, etc.
- d) Ensayos, pruebas y/o análisis a ejecutar como parte de los diferentes procesos constructivos.
- e) Calibraciones de equipos, instrumentos, etc.
- f) Adquisición de instrumentos metrológicos o de control.
- g) Sueldos del personal de la función calidad es necesario para la ejecución de obra.
- h) Todos aquellos costos que resulten de la aplicación de las normas de productos, métodos de ensayo a los procesos constructivos inherentes a la obra.

Los CDP deben ser previstos en mayor parte por el ingeniero de proyectos, es decir, por los encargados del diseño y como resultado de las coordinaciones de éste con el ingeniero de calidad.

De acuerdo con lo resultante de la proyección, el ingeniero de costos deberá convertir y/o valorizar, a priori, tales actividades.

2.5.2.1.9.1.2. Costos de evaluación

Según sostiene Sandholm (1995), estos son los costos ocasionados por la inspección y la comprobación de que los productos, las piezas y los materiales responden a los requisitos de calidad. Entre estos figuran:

- a) Inspección de recepción.
- b) Inspección del proceso.
- c) Inspección final.
- d) Auditoría de calidad del producto.
- e) Pruebas especiales.

2.5.2.1.9.2. Costos de no calidad

Literalmente, Gómez (s.f) indica que éstos, son todos aquellos costos y/o pérdidas relativas a la calidad resultante por no haber ejecutado las previsiones de los CDC o simplemente por no cumplir con los requisitos de calidad inherentes a la obra.

Los costos de no calidad (CNC), a su vez se desagregan en:

$$\text{CNC} = \text{CFI} + \text{CFE}$$

Donde:

CNC= Costos de no calidad

CFI= Costos por fallas internas

CFE= Costos por fallas externas

2.5.2.1.9.2.1. Costos por fallos internos

Incluyen los costos de los productos, las piezas y los materiales que no responden a los requisitos de calidad cuando estas desviaciones (defectos) se detectan internamente, es decir, por la organización antes de su entrega al cliente (Sandholm, 1995). En resumidas cuentas, y para la construcción, estos son originados por:

- a) Fundamentalmente de los reprocesos que se originan por no cumplir con los requisitos de calidad.
- b) Uso de recursos debido al no cumplimiento de los niveles de calidad aprobados y contractuales.
- c) Materiales que se pierden debido a todos aquellos productos que no han cumplido con los requisitos de calidad aprobados.
- d) Costos del levantamiento de observaciones, en general, son todos aquellos costos perdidos relacionados con la calidad, y que son generados dentro del plazo de ejecución de obra incluyendo el periodo de tiempo de la recepción de obra.

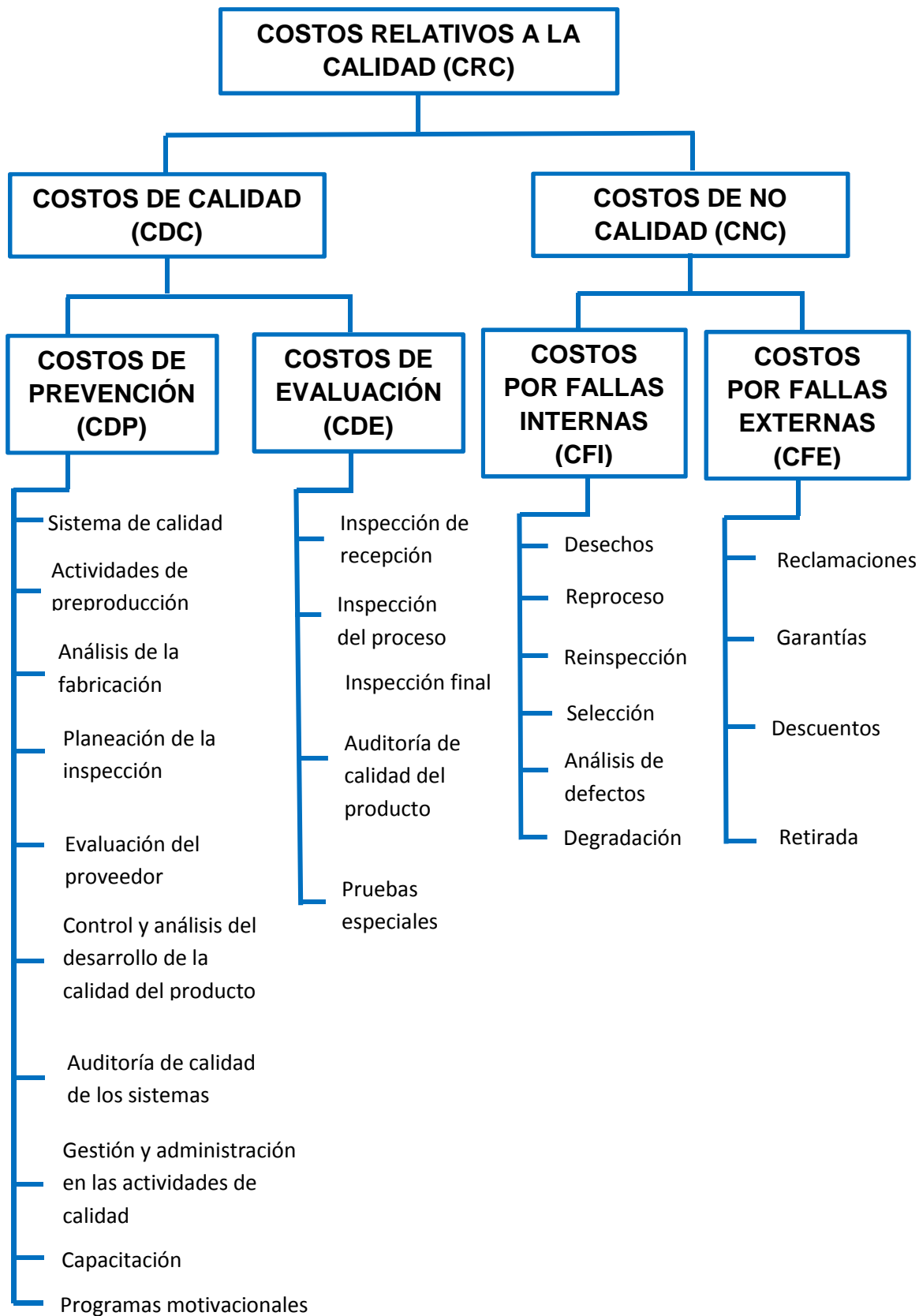
En este tema, es importante tomar en cuenta que la ejecución de una partida según los requisitos de calidad, amerita su valorización y cobro de acuerdo al precio unitario. Pero, ¿qué pasa cuando la ejecución y el producto no cumplen con los requisitos de calidad?, en este caso se deberán repetir los controles previstos, por lo tanto el precio resultante será mayor.

2.5.2.1.9.2.2. Costos por fallos externos

Se componen de los costos por defectos descubiertos después del envío del producto al cliente (Sandholm, 1995) y son resultado de:

- a) Todas aquellas actividades y/o productos no conformes respecto de los requisitos de calidad que han sido detectados por el cliente.
- b) Levantamiento de observaciones detectadas por el cliente.
- c) La valorización de la pérdida de imagen debido a problemas de calidad detectados por el cliente.

Figura N°07. Mapa conceptual de resumen de costos relativos a la calidad



Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.1.10. Procesos de la gestión de la calidad

De acuerdo con el PMI (PMBOK, 2013), la gestión de la calidad del proyecto incluye los procesos y actividades de la organización ejecutora que establecen las políticas de calidad, los objetivos y las responsabilidades de calidad para que el proyecto satisfaga las necesidades para las que fue acometido.

La gestión de la calidad del proyecto trabaja para asegurar que se alcancen y se validen los requisitos del proyecto, incluidos los del producto. En resumen, los procesos que conforman la gestión de la calidad del proyecto, son 03 y se exponen brevemente a continuación.

2.5.2.1.10.1. Planificación de la gestión de la calidad

Planificar la gestión de la calidad es el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como de documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos (PMBOK, 2013).

Para el PMI (PMBOK, 2013), la planificación de la calidad debe realizarse en paralelo con los demás procesos de planificación del proyecto.

a) Plan de gestión de la calidad

El plan para la dirección del proyecto se utiliza para desarrollar el plan de gestión de la calidad. La información utilizada para el desarrollo del plan de gestión de la calidad, incluye:

b) Línea base del alcance.

Incluye:

b.1) Enunciado del alcance del proyecto.- Contiene la descripción del proyecto, sus principales entregables y los criterios de aceptación. La definición de los criterios de aceptación puede incrementar o disminuir significativamente los costos de calidad del proyecto, y como consecuencia los costos del proyecto.

b.2) Estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS).- La estructura de desglose de trabajo (EDT/WBS) o work breakdown structure, identifica los entregables y los paquetes de trabajo que se utilizan para medir el desempeño del proyecto.

b.3) Diccionario de la EDT/WBS.- El diccionario de la EDT/WBS proporciona la información detallada para los elementos de la EDT/WBS.

c) Línea base del cronograma. La línea base del cronograma documenta las medidas aceptadas del desempeño del cronograma, incluidas las fechas de inicio y finalización.

d) Línea base de costos. La línea base de costos establece el intervalo de tiempo aceptado que se va a utilizar para medir el desempeño en términos de costos.

e) Otros planes de gestión. Estos planes contribuyen a la calidad global del proyecto y pueden resaltar áreas de acción a considerar en términos de la calidad del proyecto.

2.5.2.1.10.2. Aseguramiento de la calidad

Realizar el Aseguramiento de Calidad es el proceso de auditar los requisitos de calidad y los resultados obtenidos a partir de las medidas de control de calidad, a fin de garantizar que se utilicen los estándares de calidad y las definiciones operativas adecuadas (PMBOK, 2013).

Así mismo, el PMI nos señala que el proceso de aseguramiento de la calidad implementa un conjunto de acciones y procesos planificados y sistemáticos que se definen en el ámbito del plan de gestión de la calidad del proyecto. El aseguramiento de la calidad persigue construir confianza en que las salidas futuras/incompletas (trabajo en curso), se completarán de tal manera que se cumplan los requisitos y expectativas establecidos.

En la dirección de proyectos, los aspectos de prevención e inspección de aseguramientos de la calidad deberían reflejarse de manera palpable en el proyecto.

2.5.2.1.10.3. Control de la calidad

Controlar la calidad es el proceso de monitorear y registrar los resultados de la ejecución de las actividades de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios (PMBOK, 2013).

El **PMI** señala, además, que los beneficios clave de este proceso incluyen:

a) Identificar las causas de una calidad deficiente del proceso o del producto y recomendar y/o implementar acciones para eliminarlas.

b) Validar que los entregables y el trabajo del proyecto cumplen con los requisitos especificados por los interesados, clave para la aceptación final.

El PMI también nos indica que el proceso de controlar la calidad utiliza un conjunto de técnicas para verificar el cumplimiento de los requisitos. Se debería utilizar el aseguramiento de la calidad durante las fases de planificación y de ejecución del proyecto para proporcionar confianza respecto al cumplimiento de los requisitos de los interesados, y se debería emplear el control de calidad durante las fases de ejecución y cierre de proyecto para demostrar formalmente, con datos fiables, que se han cumplido los criterios de aceptación del patrocinador y/o del cliente.

El equipo de dirección del proyecto debería tener un conocimiento práctico de los procesos estadísticos de control para evaluar los datos contenidos en las salidas del control de calidad. Entre otros aspectos, puede resultar útil para el equipo conocer la diferencia entre los siguientes pares de términos:

a) Prevención (evitar que haya errores en el proceso) e inspección (evitar que los errores lleguen a manos del cliente).

b) Muestreo por atributos (el resultado es conforme o no conforme) y muestreo por variables (el resultado se mide según una escala continua que refleja el grado de conformidad).

c) Tolerancias (rango establecido para los resultados aceptables) y límites de control (que identifican las fronteras de la variación normal para un proceso o rendimiento del proceso estadísticamente estables).

2.5.2.1.11. Herramientas y técnicas para la gestión de la calidad en la construcción

Para cada proceso de la gestión de la calidad en el proyecto, existen distintas herramientas y técnicas válidas y reconocidas por el Project Management Institute, las cuales se explican en los ítems subsiguientes.

2.5.2.1.11.1. Herramientas y técnicas de planificación de la gestión de la calidad

a) Análisis Costo-Beneficio (PMBOK, 2013)

Los principales beneficios de cumplir con los requisitos de calidad incluyen menos retrabajo, mayor productividad, costos menores, mayor satisfacción de los interesados y mayor

rentabilidad. La realización de un análisis costo-beneficio para cada actividad de calidad permite comparar el costo del nivel de calidad con el beneficio esperado.

b) Costos de la Calidad –COQ (PMBOK, 2013)

De forma resumida se presenta en la figura 08.

Figura N°08. Costos de la calidad



Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK), 2013.

c) Siete herramientas básicas de calidad (PMBOK, 2013)

Las siete herramientas básicas de calidad, también conocidas en la industria como Herramienta 7QC, se utilizan en el contexto del ciclo PDCA para resolver problemas relacionados con la calidad y son los siguientes.

c.1) Diagramas causa-efecto (Espina de Ishikawa).

También conocidos como diagramas de espina de pescado o diagramas de Ishikawa. El enunciado del problema, colocado en la cabeza de la espina de pescado, se utiliza como punto de partida para trazar el origen del problema hacia su causa raíz. Típicamente, el enunciado describe

el problema como una brecha que se debe cerrar o como un objetivo que se debe lograr. El mecanismo para encontrar las causas consiste en considerar el problema y preguntarse “por qué” hasta que se llegue a identificar la causa raíz o hasta que se hayan agotado las opciones razonables en cada diagrama de espina de pescado. Con frecuencia los diagramas de espina de pescado son útiles para relacionar los efectos no deseados vistos como variación especial de una causa posible sobre la que los equipos de proyecto deben implementar acciones correctivas, de modo que se pueda eliminar la variación especial en el diagrama de control.

c.2) Diagramas de flujo.

También denominados mapas de procesos, porque muestran la secuencia de pasos y las posibilidades de ramificaciones que existen en un proceso que transforma una o más entradas en una o más salidas. Los diagramas de flujo muestran las actividades, los puntos de decisión, las ramificaciones, las rutas paralelas y el orden general de proceso.

Los diagramas de flujo pueden resultar útiles para entender y estimar el costo de la calidad de un proceso. Esto se consigue mediante la aplicación de la lógica de ramificaciones del diagrama de flujo y sus frecuencias relativas para estimar el valor monetario esperado para el trabajo conforme y no conforme requerido para entregar la salida conforme esperada.

c.3) Hojas de verificación (Check Sheet)

Las hojas de verificación, también conocidas como hojas de control, se pueden utilizar como lista de comprobación a la hora de recoger datos. Las hojas de verificación se utilizan para organizar los hechos de manera que se facilite la recopilación de un conjunto de datos útiles sobre un posible problema de calidad. Son especialmente útiles a la hora de recoger datos de los atributos mientras se realizan inspecciones para identificar defectos. Por ejemplo, los datos sobre frecuencias o consecuencias de defectos recogidos en las hojas de verificación se representan a menudo utilizando diagramas de Pareto.

c.4) Diagramas de Pareto

Los diagramas de Pareto son una forma particular de un diagrama de barras verticales y se utilizan para identificar las pocas fuentes clave responsables de la mayor parte de los efectos de los problemas.

Las categorías que se muestran en el eje horizontal representan una distribución probabilística válida que cubre el 100% de las observaciones posibles. Las frecuencias relativas de cada una de las causas especificadas recogidas en el eje horizontal van disminuyendo en magnitud, hasta llegar a una fuente por defecto denominada “otros” que recoge todas las causas no especificadas. Por lo general, el diagrama de Pareto se organiza en categorías que miden frecuencias o consecuencias.

c.5) Histogramas

Los histogramas son una forma especial de diagrama de barras y se utilizan para describir la tendencia central, dispersión y forma de una distribución estadística. A diferencia del diagrama de control, el histograma no tiene en cuenta la influencia del tiempo en la variación existente en la distribución.

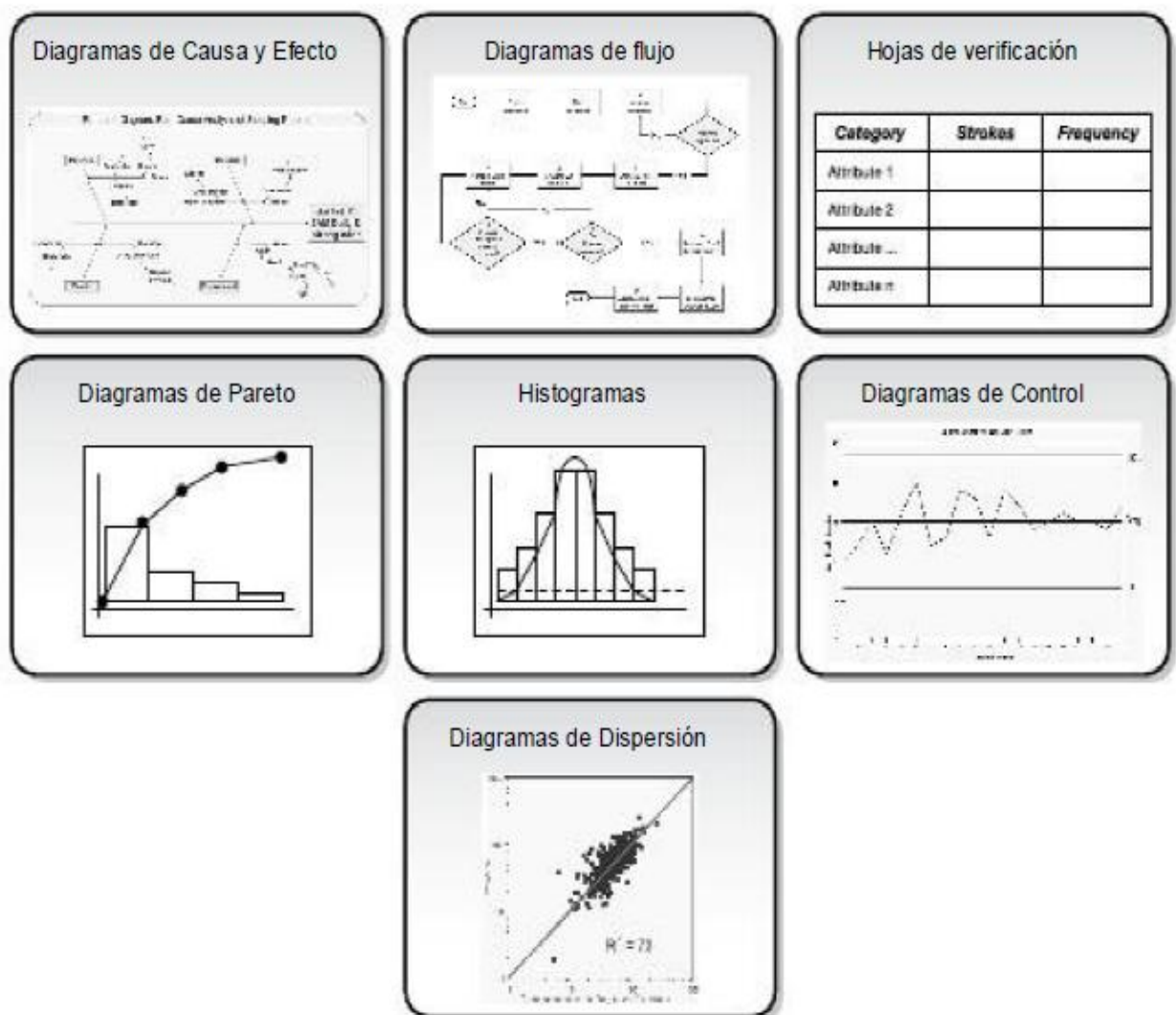
c.6) Diagramas de control

Los diagramas de control se utilizan para determinar si un proceso es estable o tiene un comportamiento predecible. Los límites superior e inferior de las especificaciones se basan en los requisitos establecidos en el acuerdo. Reflejan los valores máximo y mínimo permitidos. Puede haber sanciones asociadas al incumplimiento de los límites de las especificaciones. Los límites de control superior e inferior son diferentes de los límites de las especificaciones. Los límites de control se determinan mediante la utilización de cálculos y principios estadísticos estándar para establecer la capacidad natural de obtener un proceso estable. El director del proyecto, junto con los interesados adecuados, puede utilizar los límites de control calculados estadísticamente para identificar los puntos en que se aplicarán medidas correctivas para prevenir un desempeño anormal. En general la acción correctiva busca el mantener la estabilidad natural de un proceso estable y eficaz. Para procesos repetitivos, los límites de control se establecen por lo general en ± 3 s alrededor de una media del proceso, que se establece a su vez en 0 s. Un proceso se considera fuera de control cuando: (1) un dato excede un límite de control, (2) siete puntos consecutivos se encuentran por encima de la media, o (3) siete puntos consecutivos se sitúan por debajo de la media. Se puede utilizar los diagramas de control para monitorear diferentes tipos de variables de salida. Aunque se utilizan con mayor frecuencia para realizar el seguimiento de actividades repetitivas relativas a la fabricación de lotes, los diagramas de control también se pueden utilizar para monitorear las variaciones del costo y del cronograma, el volumen y la frecuencia de los cambios en el alcance u otros resultados de gestión, para ayudar a determinar si los procesos de dirección del proyecto se encuentran bajo control.

c.7) Diagramas de dispersión

Los diagramas de dispersión representan pares ordenados (X, Y) y a menudo se les denomina diagramas de correlación, ya que pretenden explicar un cambio en la variable dependiente Y en relación con un cambio observado en la variable independiente X. La dirección de la correlación puede ser proporcional (correlación positiva), inversa (correlación negativa), o bien puede no darse un patrón de correlación (correlación cero). En caso de que se pueda establecer una correlación, se puede calcular una línea de regresión y utilizarla para estimar cómo un cambio en la variable independiente influirá en el valor de la variable dependiente.

Figura N°09. Guion gráfico que ilustra un ejemplo conceptual de cada una de las Siete Herramientas Básicas de Calidad



Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK), 2013.

d) Estudios comparativos (PMBOK, 2013)

Los estudios comparativos implican comparar prácticas reales o planificadas del proyecto con las de proyectos comparables para identificar las mejores prácticas, generar ideas de mejora y proporcionar una base para medir el desempeño.

Los proyectos objeto de estudios comparativos pueden existir en el seno de la organización o fuera de ella, o pueden pertenecer a una misma área de aplicación. Los estudios comparativos permiten encontrar analogías entre proyectos de diferentes áreas de aplicación.

e) Diseño de experimentos (PMBOK, 2013)

El diseño de experimentos (DOE) es un método estadístico para identificar qué factores pueden influir en variables específicas de un producto o proceso en desarrollo o en producción. Se puede utilizar el DOE en el proceso de planificación de la gestión de la calidad, para determinar la cantidad y el tipo de pruebas a realizar, así como su impacto en el costo de la calidad.

Un aspecto importante de esta técnica es que proporciona un marco estadístico para modificar de manera sistemática todos los factores importantes, en lugar de modificar cada factor uno por uno. El análisis de los datos experimentales debería proporcionar las condiciones óptimas para el producto o proceso, poner en evidencia los factores que influyen en los resultados y revelar la presencia de interacciones y sinergias entre los factores.

f) Muestreo estadístico (PMBOK, 2013)

El muestreo estadístico consiste en seleccionar una parte de la población de interés para su inspección (por ejemplo, una selección al azar de diez planos de ingeniería de una lista de setenta y cinco planos). La frecuencia y el tamaño de la muestra se deberían de determinar durante el proceso Planificar la Gestión de la Calidad, de modo que el costo de la calidad tenga en cuenta el número de pruebas, los desechos esperados, etc.

Existe un cuerpo sustancial de conocimientos sobre muestreo estadístico. En algunas áreas de aplicación, puede ser necesario que el equipo de dirección del proyecto esté familiarizado con diferentes técnicas de muestreo para asegurar que la muestra seleccionada sea realmente representativa de la población de interés.

g) Herramientas adicionales de planificación de calidad (PMBOK, 2013)

Otras herramientas de planificación de calidad son utilizadas para definir los requerimientos de calidad y para planificar actividades de gestión de calidad eficaces. Estas incluyen, entre otras:

g.1) Tormenta de ideas.

g.2) Análisis de campo de fuerza.

g.3) Técnicas de grupo nominal.

g.4) Herramientas de Gestión y Control de calidad.

2.5.2.1.11.2. Herramientas y técnicas de aseguramiento de la calidad

a) Herramientas de Gestión y Control de Calidad (PMBOK, 2013)

El proceso Realizar el Aseguramiento de Calidad utiliza las herramientas y técnicas de los procesos planificar la Gestión de la Calidad y Controlar la Calidad. Existen además otras herramientas disponibles, que incluyen:

a.1) Diagramas de afinidad.

El diagrama de afinidad es similar a las técnicas de mapas mentales, ya que se utilizan para generar ideas que se pueden enlazar para formar patrones organizados de pensamiento sobre un problema. Así, por ejemplo, la creación de la EDT/WBS se puede mejorar mediante la utilización del diagrama de afinidad para proporcionar una estructura a la descomposición del alcance.

a.2) Gráficas de programación de decisiones de proceso (PDPC).

Se utilizan para comprender una meta en relación con los pasos necesarios para alcanzarla. El PDPC es un método útil para la elaboración de planes de contingencia, ya que ayuda a los equipos a anticipar pasos intermedios que puede desviarnos del logro de la meta.

a.3) Dígrafos de interrelaciones.

Son una adaptación de los diagramas de relaciones. Los dígrafos de interrelaciones proporcionan un proceso para la resolución creativa de problemas en escenarios moderadamente complejos que

poseen relaciones lógicas interconectadas con hasta 50 elementos relevantes. El dígrafo de relaciones se puede desarrollar a partir de los datos generados en otras herramientas, tales como el diagrama de afinidad, el diagrama de árbol o el diagrama de espina de pescado.

a.4) Diagramas de árbol.

También conocidos como diagramas sistemáticos, se pueden utilizar para representar las descomposiciones jerárquicas tales como la EDT/WBS, la RBS (estructura de desglose de riesgos) y la OBS (estructura de desglose de la organización).

Los diagramas de árbol se pueden representar horizontalmente (como en una estructura de desglose de riesgos) o verticalmente (como en una jerarquía de equipo o en una OBS). Debido a que los diagramas de árbol permiten la creación de ramas anidadas que terminan en un único punto de decisión, resultan útiles como árboles de decisión para establecer un valor esperado para un número limitado de relaciones de dependencia que han sido diagramadas sistemáticamente.

a.5) Matrices de priorización.

Identifica los problemas clave y las alternativas adecuadas a priorizar como un conjunto de decisiones de implementación. Los criterios se priorizan y se les asigna un peso antes de aplicarlos a todas las alternativas disponibles, para obtener una calificación matemática que categoriza las opciones.

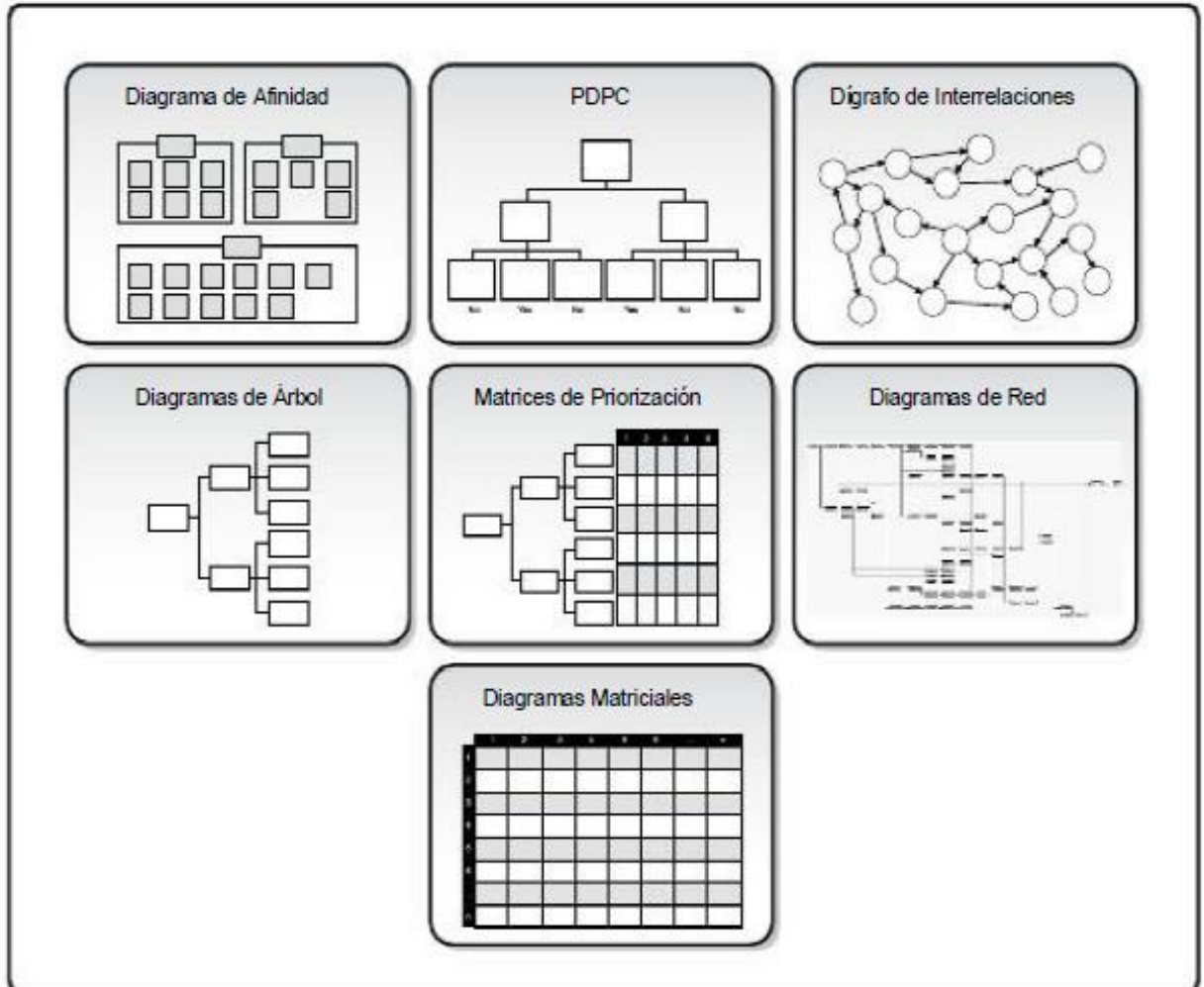
a.6) Diagramas de red de la actividad

Se conocían anteriormente como diagramas de flechas. Utilizan los formatos de diagrama de red tanto el AOA (Actividad en la Flecha) como el más utilizado AON (Actividad en el Nodo). Los diagramas de red de la actividad se utilizan conjuntamente con otras metodologías de programación de proyectos tales como la técnica de evaluación y revisión del programa (PERT), el método de la ruta crítica (CPM) y el método de diagramación por precedencia (PDM).

a.7) Diagramas matriciales

Es una herramienta para la gestión y el control de la calidad que se utiliza para efectuar análisis de datos dentro de la estructura organizacional creada en la matriz. El diagrama matricial busca mostrar la fortaleza de las relaciones entre factores, causas y objetivos que existen entre las filas y columnas que conforman la matriz.

Figura N°10. Guion gráfico que ilustra las Siete Herramientas Básicas de Gestión y Control de la Calidad



Fuente: Fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK), 2013.

b) Auditorías de Calidad (PMBOK, 2013)

Una auditoría de calidad es un proceso estructurado e independiente cuyo objetivo es determinar si las actividades del proyecto cumplen con las políticas, los procesos y los procedimientos de la organización y del proyecto. Los objetivos de una auditoría de calidad pueden incluir:

- Identificar todas las buenas y mejores prácticas implementadas.
- Identificar todas las no conformidades, las brechas y los defectos.
- Compartir las buenas prácticas introducidas o implementadas en proyectos similares de la organización y/o del sector.

d) Ofrecer ayuda de manera proactiva y positiva para mejorar la implementación de procesos que ayuden al equipo a incrementar su productividad.

e) Resaltar las contribuciones de cada auditoría en el repositorio de lecciones aprendidas de la organización.

El esfuerzo posterior para corregir cualquier deficiencia debería dar como resultado una reducción del costo de la calidad y una mayor aceptación del producto del proyecto por parte del patrocinador o del cliente.

Las auditorías de calidad pueden confirmar la implementación de solicitudes de cambio aprobadas, incluidas acciones correctivas, reparaciones de defectos y acciones preventivas.

c) Análisis de procesos (PMBOK, 2013)

El análisis de procesos sigue los pasos descritos en el plan de mejora del proceso para determinar las mejoras necesarias. Este análisis examina también los problemas y restricciones experimentadas, así como las actividades que no añaden valor, identificadas durante la ejecución del proceso. El análisis de procesos incluye el análisis de la causa raíz, que es una técnica específica para identificar un problema, determinar las causas subyacentes que lo ocasionan y desarrollar acciones preventivas.

2.5.2.1.11.3. Herramientas y técnicas para el control de la calidad

a) Siete herramientas básicas de calidad (PMBOK, 2013)

Estas ya han sido descritas en el ítem 2.5.2.1.11.1, inciso c, y se trabajan del mismo modo durante todos los procesos de la calidad.

b) Muestreo Estadístico (PMBOK, 2013)

Estas ya han sido descritas en el ítem 2.5.2.1.11.1, inciso f. Las muestras son seleccionadas y probadas según lo establecido en el plan de gestión de la calidad.

c) Inspección (PMBOK, 2013)

Una inspección consiste en el examen del producto de un trabajo para determinar si cumple con los estándares documentados. Por lo general, los resultados de una inspección incluyen medidas

y pueden llevarse a cabo en cualquier nivel. Por ejemplo, se pueden inspeccionar los resultados de una sola actividad o el producto final del proyecto. Las inspecciones se pueden denominar también revisiones, revisiones entre pares o colegas, auditorías o ensayos. Las inspecciones también se utilizan para validar las reparaciones de defectos.

d) Revisión de solicitudes de cambio aprobadas (PMBOK, 2013)

Todas las solicitudes de cambio aprobadas deben revisarse para verificar que se implementaron tal como fueron aprobadas.

2.5.2.2. Gestión de los riesgos

2.5.2.2.1. Definición de riesgo

Es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto positivo o negativo en por lo menos uno de los objetivos del proyecto, como son: el alcance, el cronograma, el costo y la calidad; es decir, al Triángulo de la Gestión de Proyectos o triple restricción. Los riesgos del proyecto tienen su origen en la incertidumbre que está presente en todos los proyectos. Los riesgos del proyecto se ubican siempre en el futuro. Un riesgo puede tener una o más causas y, si sucede, uno o más impactos (León y Mariños, 2014).

2.5.2.2.2. Definición de gestión de riesgos en la construcción

Para el PMI (PMBOK, 2013) la gestión de riesgos es la sumatoria de todos los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión de riesgos, así como la identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos de un proyecto.

Por otra parte la enciclopedia virtual Wikipedia (s.f.) la define como un enfoque estructurado para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza, a través de una secuencia de actividades humanas que incluyen evaluación de riesgo, estrategias de desarrollo para manejarlo y mitigación del riesgo utilizando recursos gerenciales.

Altez Villanueva (2009), sostiene que la gestión de riesgos en construcción es una herramienta que se aplica para realizar una serie de acciones y procesos coordinados a lo largo del ciclo de vida del proyecto con la finalidad de reducir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos identificados y reducir el impacto de los mismos si es que ocurriesen, consiguiendo de esta manera los objetivos del proyecto y asegurando su valor.

De lo anteriormente indicado, podemos consensuar y establecer que la gestión de riesgos en la construcción es una herramienta para la gestión y dirección de proyectos constructivos, un proceso ordenado y sistematizado que facilita elementos de juicio para la toma de decisiones durante la vida del proyecto, para garantizar la reducción de ocurrencia de eventos no deseados o mitigar sus efectos potenciales en los criterios que las partes interesadas consideran de valor.

2.5.2.2.3. Funciones de la gestión de riesgos

De acuerdo al portal web portafolio (Martinez, s.f.), se pueden identificar 11 funciones de la gestión de riesgos y son las que se describen a continuación:

1) Crear y proteger el valor

Contribuye al logro de objetivos, así como a la mejora de aspectos tales como la seguridad y salud laboral, cumplimiento legal y normativo, protección ambiental, entre otros.

2) Estar incorporada en todos los procesos

No deber ser entendida como una actividad aislada, sino como parte de las actividades y procesos principales de una organización.

3) Ser parte del proceso para la toma de decisiones

La gestión del riesgo ayuda a la toma de decisiones evaluando la información sobre las distintas alternativas de acción.

4) Ser usada para tratar con la incertidumbre

La gestión de riesgo trata aquellos aspectos de la toma de decisiones que son incierto, la naturaleza de esa incertidumbre y como puede tratarse.

5) Ser estructurada, sistemática y oportuna

Contribuye a la eficiencia y consecuentemente, a la obtención de resultados fiables.

6) Basada en la mejor información disponible

Los *inputs* del proceso de gestión de riesgos están basados en fuentes de información como la experiencia, la observación, las previsiones y la opinión de expertos.

7) Adaptarse a su entorno

Hecha a su medida, alineada con el contexto externo e interno de la organización y con su perfil de riesgo.

8) Considerar factores humanos y culturales

Reconoce la capacidad, percepción e intenciones de la gente, tanto externa como interna que pueda facilitar o dificulta la consecución de los objetivos de la organización.

9) Ser transparente, inclusiva y relevante

La apropiada y oportuna participación de los grupos de interés y, en particular de los responsables a todos los niveles, deben asegurar que la gestión del riesgo permanece relevante y actualizada.

10) Dinámica, sensible al cambio e iterativa

La organización debe velar para que la gestión de riesgos detecte y responda a los cambios de la empresa. Conocer como ocurren los acontecimientos externos e internos, cambio del contexto, nuevos riesgos que surgen y otros que desaparecen.

11) Facilitar la mejora continua de la organización

Las organizaciones deberían desarrollar e implementar estrategias para mejorar continuamente, tanto en la gestión del riesgo como en cualquier otro aspecto.

2.5.2.2.4. Objetivos de la gestión de riesgos

El PMI (PMBOK, 2013) indica que los objetivos de la gestión de riesgos del proyecto consisten en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto.

Adicionalmente Altez Villanueva (2009) en su investigación recoge que el propósito esencial de la gestión de riesgos es mejorar el desarrollo de un proyecto a través de una sistemática identificación, evaluación y gestión de los riesgos del proyecto.

2.5.2.2.5. Tipos de riesgo

De acuerdo con los ingenieros León y Mariños (2014), existen 4 tipos de riesgos:

1. Según el impacto que pueda generar en el proyecto

a) Costo.- Aumento en la cantidad de horas-hombre proyectadas para trabajos específicos, cantidad de material empleadas.

b) Cronograma.- En esta categoría se encuentran por ejemplo la omisión en la programación de las metas específicas, la omisión de actividades de la ruta crítica, retrasos de obra por tiempos muertos de los recursos.

c) Calidad.- Por ejemplo, la ineficiente o inexperta mano de obra, detalles constructivos o arquitectónicos deficientes o incompletos, tecnología usada sin pruebas de laboratorio, implementos o materiales usados de mala calidad.

d) Recursos Humanos.- En esta categoría está la desmotivación del equipo de trabajo, la estructura organizacional, la definición de la responsabilidad en la toma de decisiones, determinar cómo se distribuye el trabajo, seguridad industrial, etc.

2. Según el punto de vista de gestión o control

a) Riesgos aceptados.- Se denominan así cuando los gerentes de proyecto deciden dejar que el riesgo ocurra, sin tomar acción alguna, aceptando sus consecuencias.

b) Riesgos mitigados.- En este caso los gerentes de proyecto coexisten con estos riesgos, tomando acciones para reducir sus efectos (reduciendo probabilidad de ocurrencia o su impacto).

3. Según su naturaleza

a) Riesgos a corto plazo vs Riesgos a largo plazo.- Los riesgos de corto plazo pueden tener impacto inmediato y su efecto puede ser decisivo. En cambio los riesgos de largo plazo ocurren en un futuro distante pero el impacto no deja de ser decisivo por eso.

b) Riesgos positivos vs Riesgos negativos.- Los riesgos positivos, también llamados oportunidades, son aquellas que pueden mejorar el desarrollo de un proyecto. Lo contrario ocurre con los riesgos negativos (amenazas).

c) Riesgos internos vs Riesgos externos.- Los riesgos internos son aquellos que se originan dentro del contexto del proyecto, y no son causadas por factores externos.

4. Según el efecto bipolar del riesgo

Estos fenómenos se dividen en dos grupos:

a) Riesgos puros.- Son los riesgos que realizándose provocan pérdidas, son siempre para evitar o por lo menos de hacer esfuerzos para reducir su efecto que no puede ser otro que negativo.

b) Riesgos especulativos.- Son riesgos cuyo efecto podría ser tanto la pérdida como la ganancia.

2.5.2.2.6. Importancia de la gestión de riesgos

Por todo lo expuesto en los ítems precedentes, podemos arribar a la conclusión de que la gestión de riesgos es importante en la construcción porque:

a) Facilita la identificación de riesgos para el proyecto, haciendo uso de diferentes técnicas.

b) Nos permite, a través del análisis del entorno, cuantificar y clasificar los riesgos en negativos (amenazas) y positivos (oportunidades) sobre un escenario de incertidumbre para la toma de decisiones.

c) Respecto al punto anterior, permite planificar las respuestas ante los riesgos inherentes del proceso constructivo y establecer planes de contingencia para que los elementos considerados de valor no se vean afectados y de ser el caso tener un impacto mínimo en el ciclo de vida del proyecto.

d) Al establecer los planes respectivos, podemos sistematizar la gestión de riesgos y simplificar la labor, pero para garantizar el cumplimiento del mismo todo el equipo de trabajo debe estar compenetrado y comprometido con el logro de los objetivos de gestionar los riesgos.

2.5.2.2.7. Estructura del proceso de gestión de riesgos en la construcción (Altez, 2009)

De lo recopilado por la investigación del ingeniero Altez Villanueva, recoge, por ejemplo que entender cómo funciona la Gestión de Riesgos es difícil básicamente por dos motivos:

a) La falta de claridad del propósito de la Gestión de Riesgos.

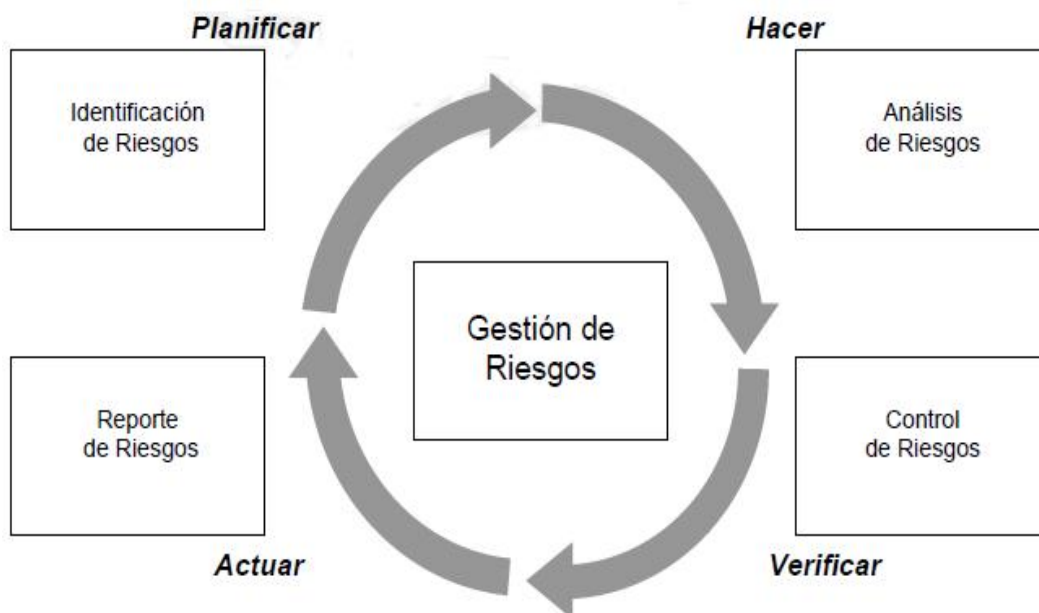
b) La gestión de Riesgos es un proceso iterativo que refleja la naturaleza dinámica de los riesgos a lo largo del ciclo de vida útil.

En base a lo señalado anteriormente, y con la finalidad de fortalecer el conocimiento y la retroalimentación por parte de todos los miembros del equipo del proyecto, resulta preponderante que la Gestión de Riesgos cuente con una estructura definida de los procesos involucrados, a manera por ejemplo de diagrama de flujo.

Sobre lo anterior, existen diversos esquemas y opiniones acerca de la estructura ideal del proceso de la Gestión de Riesgos. Empero, casi todos concuerda con el siguiente esquema básico: los riesgos son primero identificados, luego registrados, cuantificados y finalmente controlado hasta el cierre del proyecto.

Los investigadores Kliem y Ludim (1997) presentan a la rueda de Deming como esquema del proceso de la Gestión de Riesgos:

Figura N°11. Rueda de Deming como estructura del proceso de gestión de riesgos.



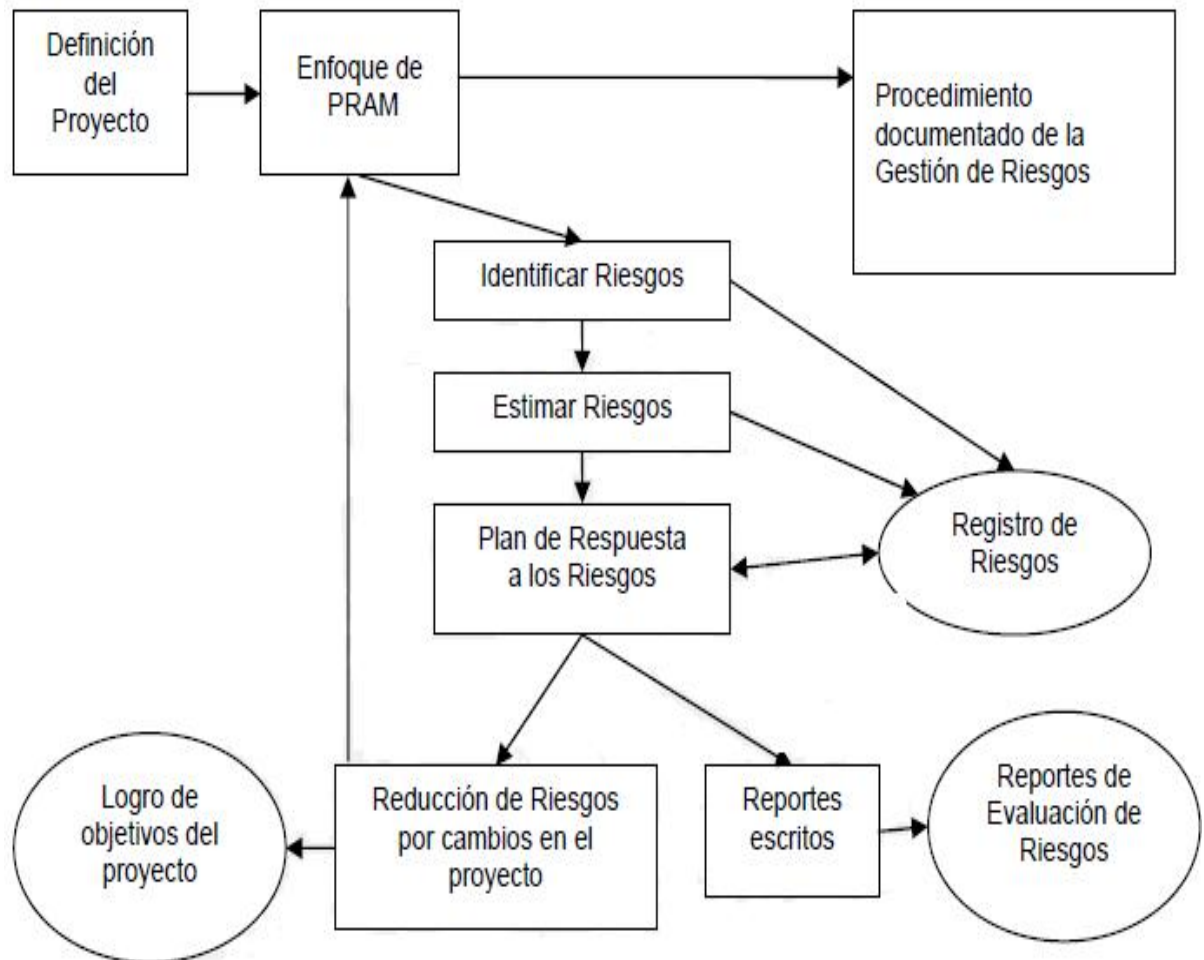
Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis, "Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción" (2009)

De la figura 11, se desprende y se sobreentiende que la Gestión de Riesgos no es un proceso lineal, sino que es un proceso cíclico repetitivo (mejora continua), que como ya se vio se puede claramente expresar y trabajar a partir de la rueda de Deming, como parte de un proceso

introspectivo y de retroalimentación para de la generación de nuevos conocimientos a partir de lecciones aprendidas en experiencias anteriores propias o de terceros.

Por otro lado, el APM (PRAM, 1997) formula lo siguiente:

Figura N° 12. El ciclo de la gestión de riesgos (PRAM, 1997)

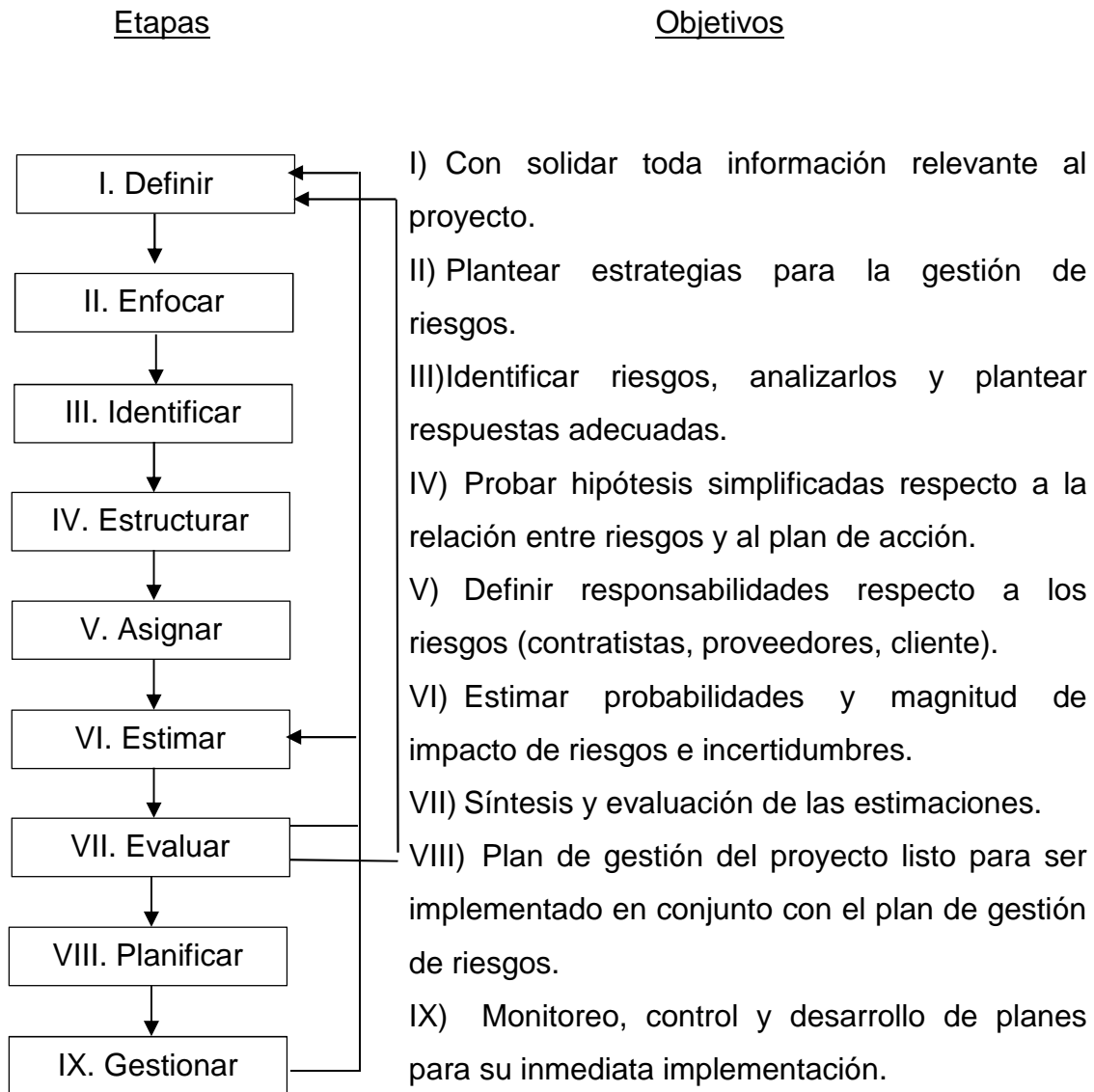


Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis, “Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción” (2009)

En relación a la figura 12, este esquema indica que cada subproceso básico de la gestión de riesgos está vinculado con el proceso de registro de riesgos.

Chapman (1997), recoge una estructura detallada del proceso de la gestión de riesgos desarrollado por un grupo de interés del APM, que ha sido evaluado y usado por muchas organizaciones durante varios años con relativo éxito. Esta estructura es compatible con la anterior, y es presentada como diagrama de flujo, compuesta por nueve fases:

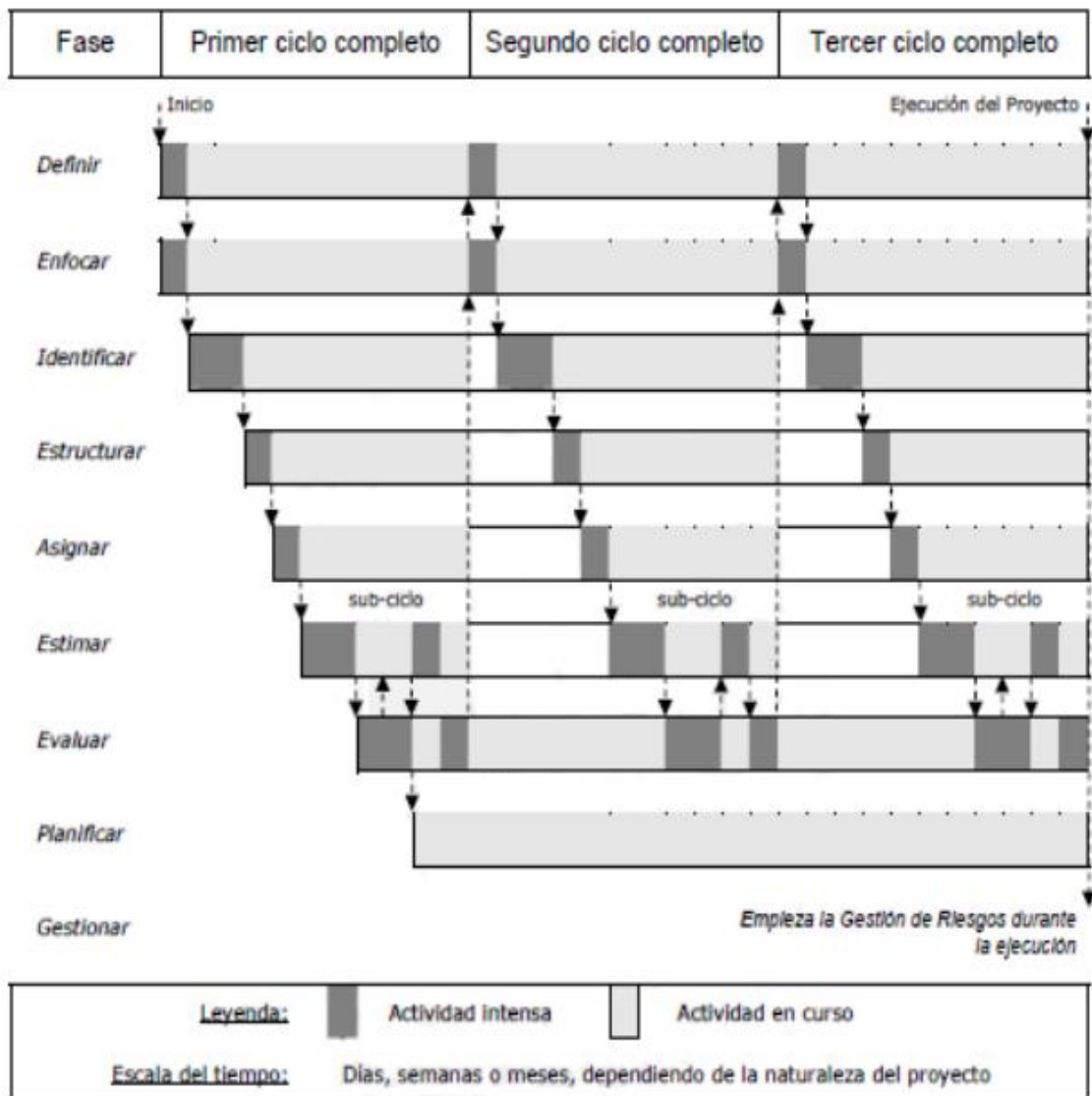
Figura N° 13. Procesos de la Gestión de Riesgos (Adaptación de Chapman, 1997)



Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis, “Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción” (2009)

Chapman (1997) indica que el proceso de la gestión de riesgos debe ser aplicado por el cliente y contratistas, en todas las etapas del ciclo del proyecto. Asimismo, señala que si bien se muestran las fases secuencialmente, éstas realmente se desarrollan en paralelo e interactúan entre sí, tal como lo muestra el siguiente gráfico:

Figura N° 14. Proceso de la gestión de riesgos a lo largo del tiempo (PRAM, 1997)

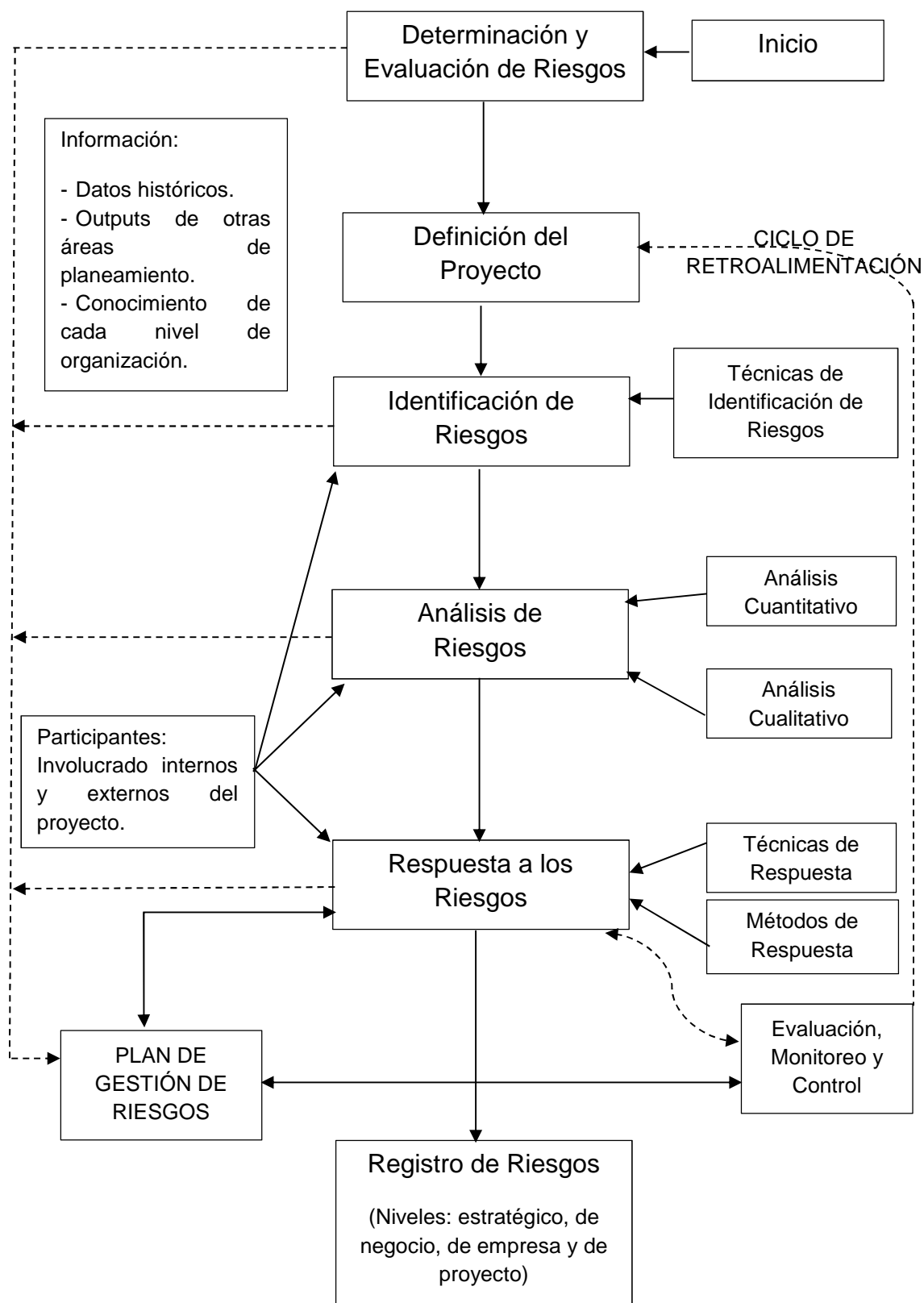


Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis, “Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción” (2009)

Es bueno señalar que la Gestión de Riesgos no puede ser completada mientras no se tenga el proyecto claramente definido y planificado, puesto que hacerlo resulta más complicado debido a que el proyecto es más flexible, tiene más grado de libertad en cuanto a diseño, alternativas a considerar (incluidas las que se van a descartar).

Continuando con la descripción de la estructura de la gestión de riesgos, Merna (2004), ilustra los procesos involucrados en cada nivel de organización, la participación de los involucrados y las técnicas de gestión de riesgos correspondientes.

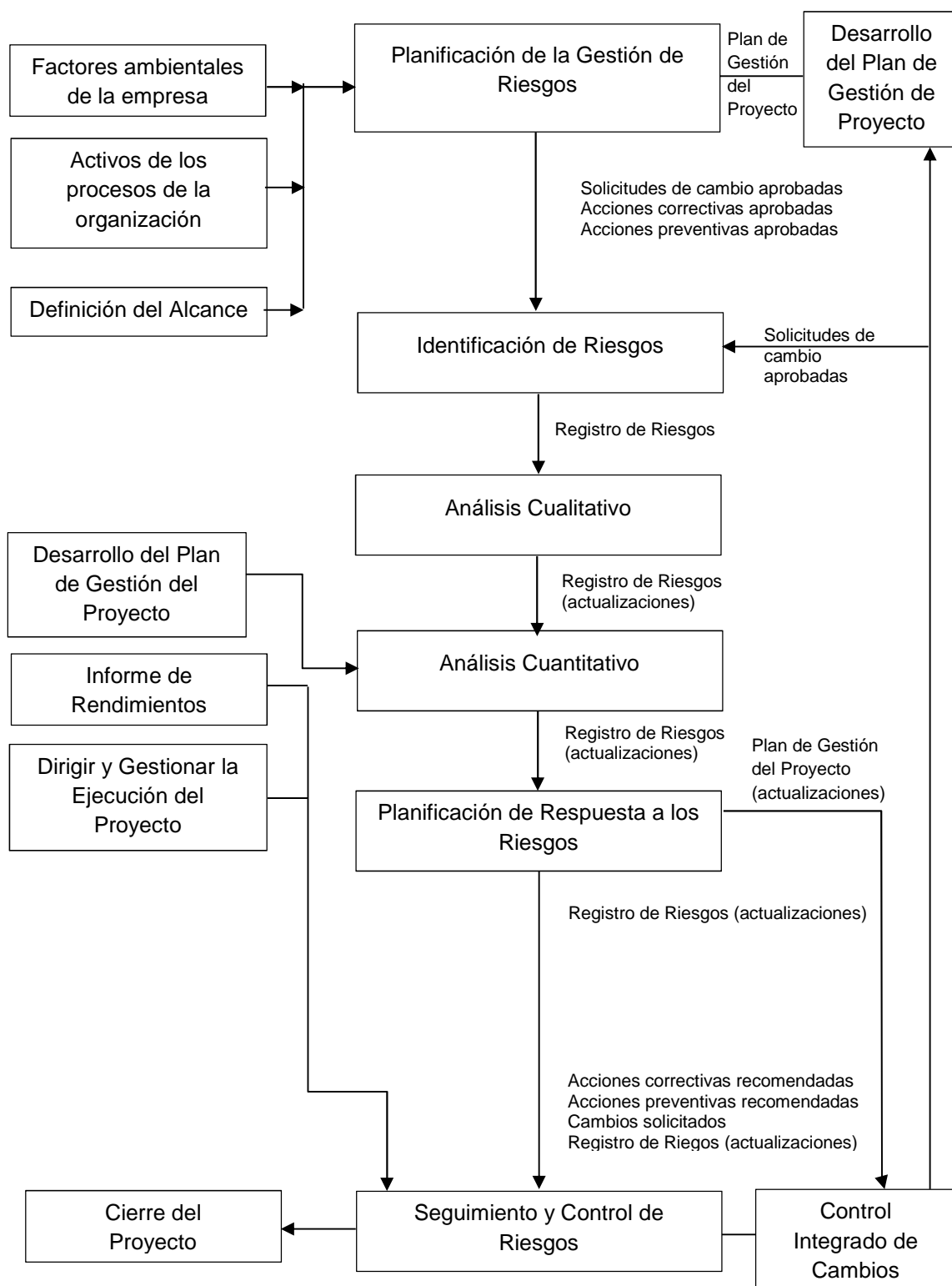
Figura N° 15. Proceso gestión de riesgos según Merna (2004)



Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis, "Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción" (2009)

El PMI, muestra el siguiente diagrama de flujo de procesos de la Gestión de Riesgos:

Figura N° 16. Proceso gestión de riesgos según el PMI (2008)



Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis, "Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción" (2009)

A diferencia de los esquemas anteriores, el PMI contempla la etapa de planificación de la Gestión de Riesgos, al cual define como el proceso de decidir cómo abordar y llevar a cabo las actividades de gestión de riesgos de un proyecto, y se plasma en el plan de gestión de riesgos, el cual se actualiza después de realizar los procesos de planificación de respuesta a los riesgos y seguimiento y control de riesgos. El plan de Gestión de Riesgos incluye lo siguiente:

a) *Metodología*. Define los métodos, herramientas y fuentes de información que se van a tomar como referencia para la gestión de riesgos del proyecto.

b) *Roles y responsabilidades*. Define el líder y las funciones de cada miembro del Equipo de Proyecto para cada tipo de actividad y proceso.

c) *Preparación del presupuesto*. Asigna recursos y estima costos para la Gestión de Riesgos.

d) *Periodicidad*. Define cuándo y con qué frecuencia se llevarán a cabo las actividades de la Gestión de Riesgos dentro del cronograma del proyecto.

e) *Categorías de Riesgos*. Proporciona una estructura que garantiza la identificación sistemática de los riesgos usando métodos como Checklists, RBS (Risk Breakdown Structure), entre otros.

f) *Definiciones de probabilidad e impacto de riesgos*. Estos se adaptan a cada proyecto para usarlas en el proceso de análisis de riesgos.

g) *Matriz de probabilidad e impacto de riesgos*. Aquí se priorizan los riesgos según su importancia (a mayor probabilidad de ocurrencia e impacto, mayor importancia).

h) *Tolerancias revisadas de los interesados*.

i) *Formatos de Informe*. En ellos se describe el contenido y formato del Registro de Riesgos, así como también describe la forma en que se documentarán, analizarán y comunicarán los resultados de los procesos de la Gestión de Riesgos.

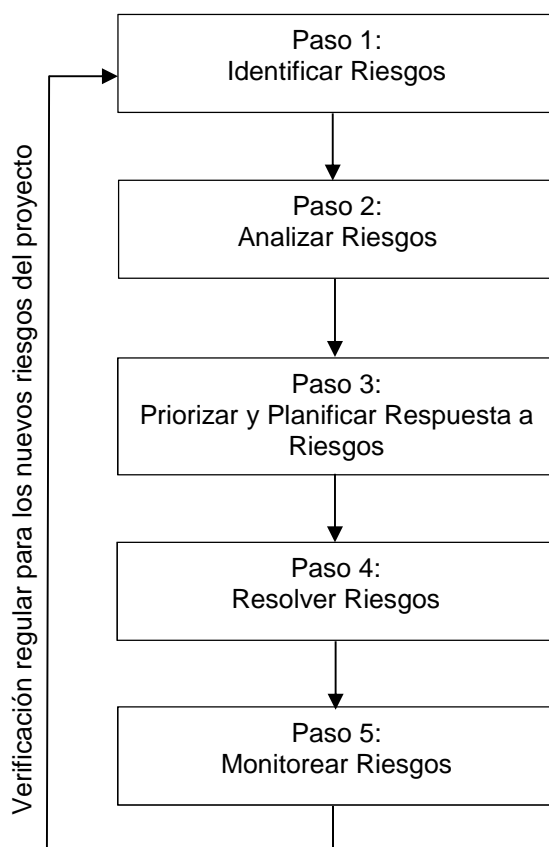
j) *Seguimiento*. Se describe la forma en que las actividades de la Gestión de Riesgos serán registradas y monitoreadas para futuras referencias.

La planificación es importante para garantizar que los esfuerzos a invertir sean acordes con los riesgos y la importancia del proyecto para la organización, a fin de proporcionar recursos y

tiempos suficientes y necesarios para sus actividades y establecer una base de criterios adecuada para evaluar los riesgos durante el ciclo de vida del proyecto.

Finalmente, para Smith y Merrit (2002), el proceso de la Gestión de Riesgos está formado por cinco “pasos a seguir”, que se ilustran a continuación:

Figura N° 17. Proceso Gestión de Riesgos (Smith y Merrit, 2002)



Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis, “Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción” (2009)

Respecto a este modelo, es importante destacar que el último de los pasos se realiza continuamente, mientras que los demás se hacen una sola vez, para cada riesgo en particular.

Y bien, con la presentación de los 6 modelos de esquemas podemos concluir que todos coinciden en que se deben identificar los riesgos, analizarlos, proponer un plan de respuesta ante ellos, hacer el monitoreo y como parte del ciclo de mejora continua, es necesario el reporte para la retroalimentación y quizás identificación de nuevos riesgos.

2.5.2.2.8. Proceso de la gestión de riesgos en la construcción

Según lo explicado en el ítem precedente, la gestión de riesgos exige una metodología de trabajo ordenada y secuencial, en la que riesgos e incertidumbres son gestionados a lo largo de diferentes procesos. Para la presente investigación podemos sintetizar y unificar criterios de modo tal que los procesos de gestión de riesgos son:

a) Planificación. Es el proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.

b) Identificación. Es determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto, es decir, estudiar las variables que envuelven el proyecto, realizar entrevistas a profesionales de campos específicos.

c) Registro. Consiste en formar una base de datos con los riesgos identificados, el cual sirve como referencia para el proyecto en cursos y también para futuros proyectos.

d) Análisis. Se realiza mediante herramientas de priorizar los riesgos del proyecto según un puntaje calculado a partir de la probabilidad de ocurrencia y la magnitud que representa.

e) Planificación de respuesta a riesgos. Es el proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

f) Control de riesgos. Se trata de implementar los y poner en marcha los planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de riesgos a través del proyecto.

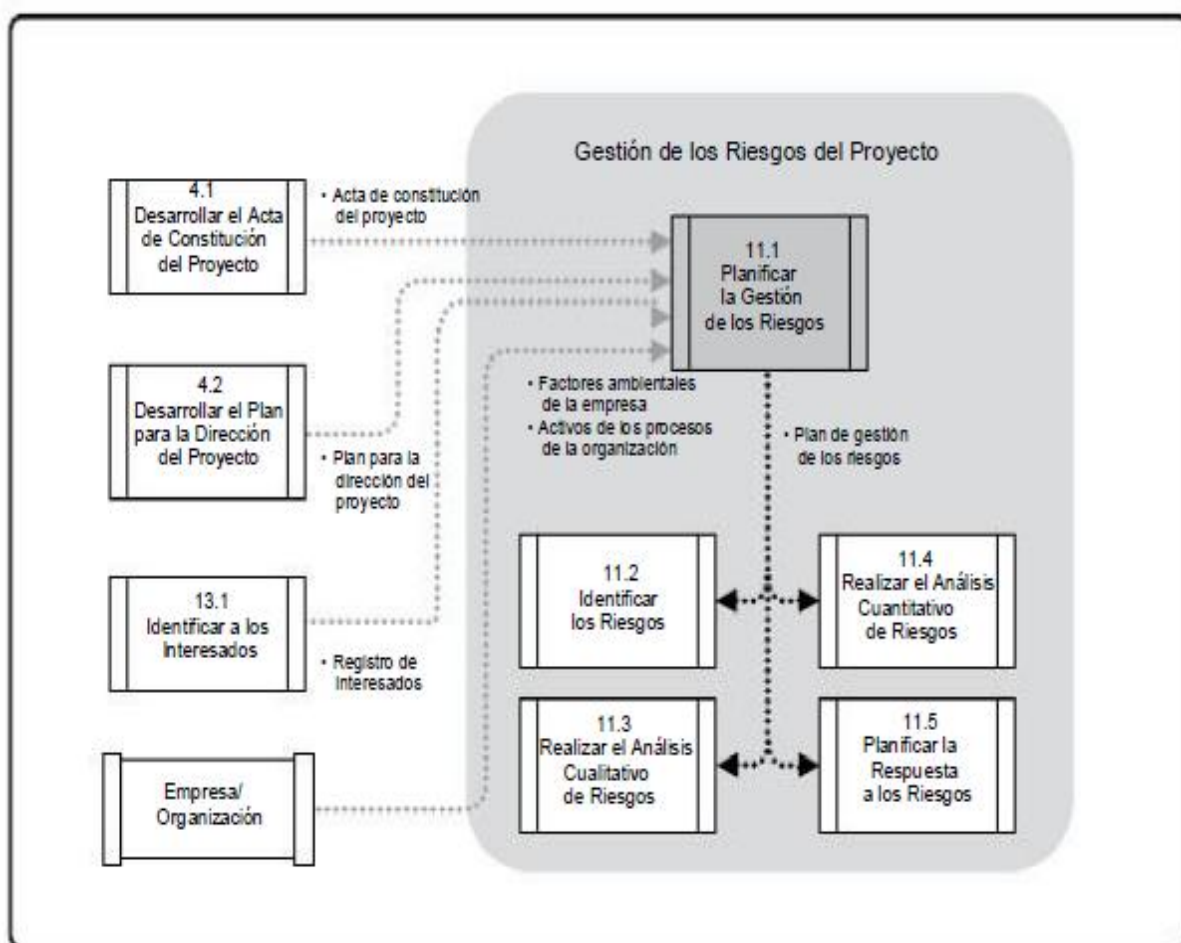
De acuerdo a lo expuesto, los procesos se han presentado de manera secuencial, pero en la realidad éstos interactúan entre sí y en ocasiones se superponen.

Con las premisas definidas, se procede a describir cada uno de los procesos, esto con la finalidad de facilitar una estructura ordenada con el objetivo de incitar la participación activa de los miembros del equipo del proyecto en cada uno de los procesos, sin llegar a afectar el flujo de información.

2.5.2.2.8.1. Planificación de la gestión de riesgos

Para el PMI (PMBOK, 2013), planificar la Gestión de los Riesgos es el proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto. El beneficio clave de este proceso es que asegura que el nivel, tipo y la visibilidad de la gestión de riesgos son acordes tanto con los riesgos como con la importancia del proyecto para la organización. El plan de gestión de los riesgos es vital para comunicarse y obtener el acuerdo y el apoyo de todos los interesados, a fin de asegurar que el proceso de gestión de riesgos sea respaldado y llevado a cabo de manera eficaz a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Figura N° 18. Diagrama de flujo de datos para planificar la gestión de riesgos.



Fuente: Project Management Institute, "Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos" (2013)

La figura 18, nos ilustra la secuencia de recopilación de información que es necesaria para la planificación de la gestión de riesgos, así como también las etapas subsiguientes que deben tomar en cuenta el equipo responsable de la dirección del proyecto.

2.5.2.2.8.2. Identificación de riesgos

El PMI (PMBOK, 2013) lo define como el proceso de determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto y documentar sus características.

Constituye el primer paso que se da para ejecutar el plan de gestión de riesgos, y resulta fundamental, ya que a partir de su reconocimiento el equipo de proyecto puede emprender acciones para erradicarlos o minimizar sus efectos.

El beneficio clave de este proceso es el conocimiento y capacidad que confiere al equipo anticipar eventos. , también sumémosle a ello es que los riesgos e incertidumbre que no han sido identificados desde la etapa inicial del proyecto, pueden generar grandes pérdidas económicas y de tiempo durante la etapa de ejecución, además de generar nuevos riesgos que surgen del evento ya ocurrido.

Identificar los riesgos es un proceso iterativo, debido a que pueden evolucionar o se pueden descubrir nuevos riesgos conforme el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida. La frecuencia de iteración y la participación en cada ciclo varía de una situación a otra.

Además de lo anterior, Altez (2009) en su investigación nos indica algunas precisiones que se describirán líneas abajo, como por ejemplo que de acuerdo al PMI, las referencias las que se pueden tener para dar soporte al proceso de identificación de riesgos pueden ser:

- 1) Fuentes propias de la empresa, como por ejemplo archivos guardados e investigaciones académicas, publicaciones propias o adquiridas, bases de datos comerciales, y sobre todo la experiencia de cada profesional de la empresa.
- 2) Información de proyectos anteriores de similares características o envergadura, con lo cual pueden obtenerse datos interesantes y aprender de los errores que se cometieron para no repetirlos en el proyecto en curso.
- 3) Alcances y objetivos del proyecto, establecidos en la definición del proyecto y en la memoria descriptiva, a partir de los cuales pueden identificarse riesgos e incertidumbres.
- 4) Plan de Gestión de Riesgos, en el que se definen los roles y tareas de los miembros del Equipo de Proyecto, las actividades a realizarse y la categoría de riesgos, esquematizada en un RBS (Risk Breakdown Structure/ Estructura de desglose de Riesgos).

5) Plan de Gestión del Proyecto, de donde se pueden identificar riesgos e incertidumbres a partir de la comprensión del cronograma, presupuestos y otros procesos como: gestión de calidad, seguridad, medio ambiente, etc.

Por otro lado, Rossi (2006) establece que las fuentes para la identificación de riesgos se dan bajo el ‘principio de las triples restricciones’, con lo cual se tienen:

a) **Riesgos debidos al alcance del proyecto**, en el que se enmarca, entre otras cosas, las especificaciones del proyecto y sus objetivos específicos.

a.1) Una técnica que puede ayudar a identificar potenciales riesgos es la WBS (Work Breakdown Structure), que es un esquema que descompone el proyecto en una serie de sub-proyectos, identificando específicamente para la etapa constructiva las tareas a realizar para estos sub-proyectos.

a.2) Los riesgos se manifiestan cada vez que se vuelve difícil descomponer las tareas en elementos más simples y manejables. Con esto, se deja entrever que la falta de experiencia en el diseño o construcción de algún elemento no convencional es un riesgo.

b) **Riesgos debidos a la programación**, que se subdividen en tres categorías:

b.1) Riesgos relativos a los atrasos, debido a la falta de disponibilidad de materiales o productos cuando se necesitan, atrasos causados por materiales o equipos defectuosos que aun llegando a tiempo requieren reparación, atrasos en la toma de decisiones, a veces causado por discusiones, indecisiones o falta de información y experiencia.

b.2) Riesgos relativos a las dependencias, es decir, que alguna parte del proyecto depende de procesos o actividades externas que dan soporte al proyecto y que no son considerados.

b.3) Riesgos relativos a las estimaciones, las cuales pueden afectar al plazo previsto de un proyecto. Esto concierne especialmente para actividades o trabajos especiales de los cuales no se tenga información disponible, como por ejemplo, rendimientos hora/hombre y rendimientos de materiales.

c) **Riesgos debidos a los recursos**, que se subdividen en tres categorías:

c.1) Riesgos asociados a los recursos humanos, como por ejemplo:

c.1.1) Perder personal definitivamente o temporalmente a mitad de desarrollo del proyecto, causado por renuncias, reasignación a otro proyecto o reducción de personal.

c.1.2) Falta de personal calificado para determinadas tareas, debido a la escasez de éstos o a la política de la empresa de no invertir en personal especializado pues puede ser muy costoso.

c.1.3) Falta de disponibilidad de personal en el momento en que se requieren, atrasando el cronograma.

c.1.4) Falta de motivación del personal en general.

c.2) Riesgos asociados a los equipos y maquinaria, generalmente relacionado a la selección de los equipos adecuados según las necesidades del proyecto, considerando costos, productividad, características y soporte técnico. La mayoría de los riesgos relacionados a los recursos humanos pueden extenderse a los riesgos relacionados a los equipos.

c.2.1) Riesgos asociados al capital económico, especialmente en lo que se refiere al control financiero del proyecto. Aspectos inherentes a este rubro son el control del efectivo, el flujo de caja y sobre todo el capital de trabajo, que se define como el dinero necesario para pagar al personal, materiales y equipos sin haber recibido todavía el dinero de las valorizaciones pendientes. Un riesgo que puede ser grave es el atraso en los pagos por parte del Cliente, que puede traer como consecuencias: multas, atrasos de obra y, en el peor de los casos, la suspensión del proyecto.

2.5.2.2.8.3. Registro de riesgos (Altez, 2009)

Según Male y Kelly (2004), el Registro de Riesgos es el resultado de una serie de reuniones y talleres realizados por el Equipo del Proyecto que resume las decisiones tomadas y registra lo siguiente:

a) Descripción del Riesgo.

b) Impacto del riesgo y su probabilidad de ocurrencia.

c) Soluciones de respuesta para cada riesgo, planteadas por el Equipo de Trabajo.

d) Designación de un responsable encargado de la acción a tomar en la siguiente etapa del proceso de la Gestión de los Riesgos.

e) Tiempo o costo requeridos para tenerlos en cuenta como parte de la contingencia del proyecto.

En este proceso, el Gerente de Proyecto y su equipo revisan todos los riesgos identificados para seleccionar los que serán tomados en cuenta en la Gestión de Riesgos del proyecto en curso. En ese sentido, el APM (1997) propone que después de que los riesgos se hayan identificado, se haga una verificación de la veracidad de la fuente y de la exactitud de la descripción del riesgo. Además, señala que es importante hacer prevalecer la objetividad de las fuentes de donde se identifican los riesgos e incertidumbres ya que eso influencia en las decisiones toman en etapas posteriores.

Una vez que los riesgos se registran, se puede especificar una breve descripción, consecuencias y escenarios en los que pueden ocurrir. Con esto, se introduce información más precisa para poder realizar de una mejor manera el análisis de riesgos.

2.5.2.2.8.4. Análisis de riesgos

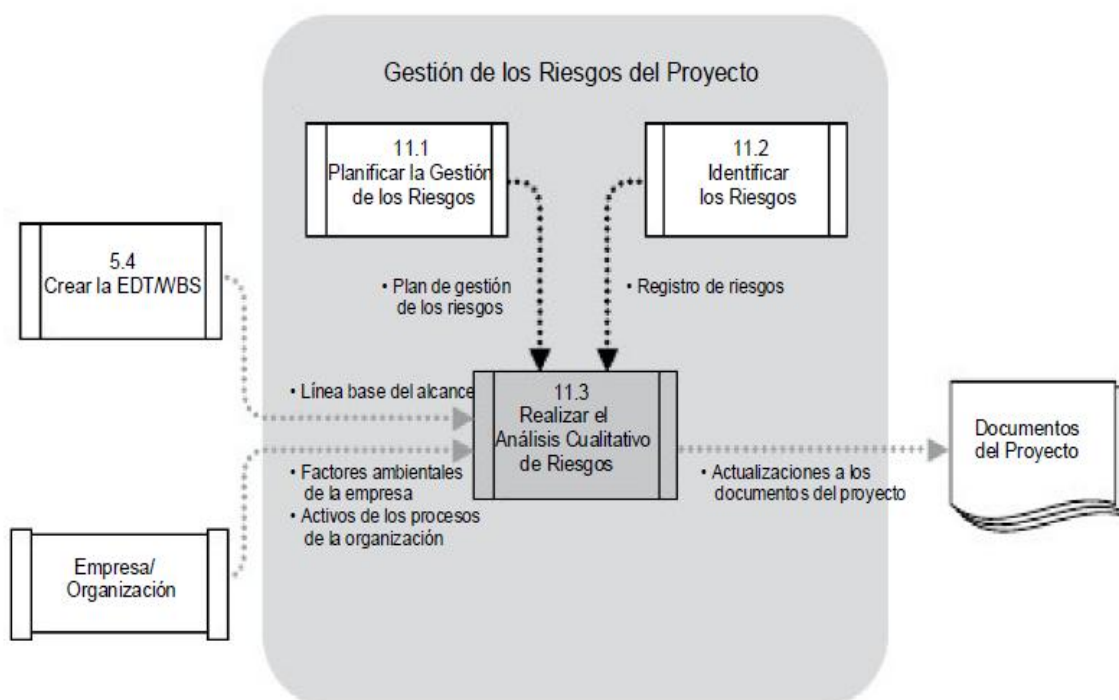
El proceso de Análisis de Riesgos tiene como finalidad determinar para cada riesgo el nivel de impacto y su probabilidad de ocurrencia, mediante el uso de dos técnicas principales: el análisis cualitativo y el análisis cuantitativo de riesgos. De esa manera, se puede calcular la importancia o incidencia de cada riesgo como resultado de un cálculo partir de su probabilidad e impacto. Sin embargo, el APM (PRAM, 1997) establece que así como se debe determinar los potenciales efectos de cada riesgo, también es necesario determinar los efectos adicionales por la combinación de la ocurrencia de varios riesgos al mismo tiempo.

Asimismo, el PMI (2004) indica que en el proceso de Análisis de Riesgo, después de que se realiza el análisis cualitativo, se priorizan los riesgos e incertidumbres identificados para emprender otras acciones, como el análisis cuantitativo de riesgos y la planificación de la respuesta a los riesgos. El hecho de realizar un análisis cuantitativo va en función a la necesidad de tomar una decisión importante, donde el riesgo, incertidumbre o una combinación de éstos son considerables dada su complejidad y la magnitud del impacto que podría repercutir en un proyecto.

2.5.2.2.8.4.1. Análisis cualitativo

Para el PMI (2013), realizar el ANÁLISIS CUALITATIVO es el proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos. El beneficio clave de este proceso es que permite a los directores de proyecto reducir el nivel de incertidumbre y concentrarse en los riesgos de alta prioridad.

Figura N° 19. Diagrama de flujo de datos de realizar el análisis cualitativo de riesgos.



Fuente: Project Management Institute, “Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos” (2013)

Adicionalmente a lo ya señalado, la realización del análisis cualitativo de riesgos permite a la organización asignar prioridad a todos los riesgos identificados, mediante la probabilidad relativa de ocurrencia, del impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos llegaran a presentarse, entre otros factores tales como el plazo de respuesta y tolerancia al riesgo, asociados con las restricciones del proyecto en términos de costo, cronograma, alcance y calidad.

En general se puede concluir que el análisis cualitativo de riesgos es un medio rápido y económico de establecer prioridades para planificar la respuesta a los riesgos y sienta las bases para realizar el análisis cuantitativo de riesgos, si fuera necesario. Este proceso puede conducir al proceso de realizar el análisis cuantitativo de riesgos o directamente al proceso de planificar la respuesta a los riesgos.

2.5.2.2.8.4.2. Análisis cuantitativo

De acuerdo con la definición que proporciona el PMI (PMBOK, 2013), el análisis cuantitativo de riesgos es el proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que genera información cuantitativa sobre los riesgos para apoyar la toma de decisiones a fin de reducir la incertidumbre del proyecto.

Como ya se ha señalado anteriormente, realizar el análisis cuantitativo es aplicable a riesgos priorizados a través del análisis cualitativo. Cuando los riesgos guían el análisis cuantitativo, el proceso se puede utilizar para asignar a esos riesgos una prioridad numérica individual.

En algunos casos, puede que no sea posible llevar a cabo el análisis cuantitativo debido a la falta de datos suficiente para desarrollar los modelos adecuados; en ese caso el director del proyecto debe utilizar el juicio de expertos para determinar la necesidad y la viabilidad del análisis cuantitativo de riesgos.

En resumen, el análisis cuantitativo de riesgos debe repetirse según las necesidades como parte del proceso de controlar los riesgos, para determinar si se ha reducido satisfactoriamente el riesgo global del proyecto.

2.5.2.2.8.5. Planificación de respuestas a los riesgos

Al respecto, el PMI (PMBOK, 2013) señala que este es un proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

Altez (2009) por su parte, señala que las respuestas planificadas a los riesgos deben ser coherentes con la importancia de los mismos, pues existe un costo relativo al esfuerzo realizado para controlar y tratar dichos riesgos. Las respuestas a los riesgos deben considerar:

- a) Tener un costo razonable con respecto al beneficio,
- b) Ser aplicadas a su debido tiempo,
- c) Ser realistas dentro del contexto del proyecto,
- d) Estar acordadas por las partes implicadas y a cargo de una persona responsable.

Por otro lado, el APM (PRAM, 1997) indica que las respuestas a los riesgos deben implementarse siempre y cuando sean prácticas y justificadas. Para determinar si son justificadas, el Gerente de Proyecto debe considerar:

- a) La importancia relativa de los riesgos involucrados y de los objetivos del proyecto que podrían ser afectados,
- b) La potencial efectividad de la respuesta en reducir los riesgos, y cómo esto puede influir en el éxito de los objetivos involucrados,
- c) Los posibles costos que se asumirían si no se realiza la respuesta, en caso de que el riesgo ocurra,
- d) La importancia de respetar al máximo el presupuesto, visto como uno de los objetivos del proyecto,
- e) El costo de oportunidad de emprender la respuesta a los riesgos, en términos financieros y de recursos empleados.

Si bien ambas afirmaciones se complementan, el proceso de Planificación de Respuesta a los riesgos tiene como finalidad plantear soluciones y estrategias de control, monitoreo, minimización y erradicación de los riesgos identificados en la etapa de Análisis de Riesgos. La puesta en marcha de un Plan de Respuesta a los Riesgos puede comenzar en paralelo con la etapa de análisis cualitativo en cuanto existe la necesidad de responder a riesgos urgentes o prioritarios, lo cual implica una buena coordinación y comunicación del Equipo de Proyecto. Las acciones a tomar en este proceso son:

- a) Plantear acciones de prevención de riesgos y de reducción de efectos negativos de los mismos durante la etapa de construcción de los proyectos.
- b) Crear planes de contingencia para los riesgos son probables de ocurrir, considerando por ejemplo tolerancias en las especificaciones, variaciones de los precios de recursos, etc.
- c) Reducir las incertidumbres del proyecto mediante investigaciones que logren un mejor entendimiento de los problemas y variables que afectan al proyecto.

d) Reducir los riesgos asociados a parámetros y cláusulas contractuales, y además considerando el traspaso de los riesgos a los contratistas y subcontratistas, y si fuera el caso, a empresas aseguradoras.

2.5.2.2.8.6. Controlar los riesgos

Sobre esto, el PMI (PMBOK, 2013) precisa que es un proceso que consiste en implementar planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto.

Las respuestas a los riesgos planificadas que se incluyen en el registro de riesgos, se ejecutan durante el ciclo de vida del proyecto, pero el trabajo del proyecto debe monitorearse continuamente para detectar riesgos nuevos, riesgos que cambian o que se tornan obsoletos.

El proceso de controlar los riesgos aplica técnicas tales como el análisis de variación y de tendencias, que requieren el uso de información de desempeño generada durante la ejecución del proyecto. Otras finalidades de este proceso consisten en determinar si:

- a) Los supuestos del proyecto siguen siendo válidos.
- b) Los análisis muestran que un riesgo evaluado ha cambiado o puede descartarse.
- c) Se respetan las políticas y los procedimientos de gestión de riesgos.
- d) Las reservas para contingencias de costo o cronograma deben modificarse para alinearlas con la evaluación actual de los riesgos.

El proceso de controlar los riesgos puede implicar la selección de estrategias alternativas, la ejecución de un plan de contingencia o de reserva, la implementación de acciones correctivas y la modificación del plan para la dirección del proyecto.

Controlar los riesgos, también implica una actualización de los activos de los proceso de la organización, incluidas las bases de datos de lecciones aprendidas del proyecto y las plantillas de gestión de riesgos, para beneficio de proyectos futuros.

2.5.2.2.9. Herramientas y técnicas para la gestión de riesgos en la construcción

2.5.2.2.9.1. Herramientas y técnicas de planificación de riesgos

El PMI (PMBOK, 2013) identifica las siguientes herramientas y técnicas para la planificación de riesgos.

a) Técnicas Analíticas

Las técnicas analíticas se utilizan para entender y definir el contexto general de la gestión de riesgos del proyecto. El contexto de la gestión de riesgos es una combinación entre las actitudes de los interesados frente al riesgo y la exposición al riesgo estratégico de un determinado proyecto sobre la base del contexto general del proyecto. Por ejemplo, se puede realizar un *análisis del perfil* de riesgo de los interesados a fin de clasificar y calificar el apetito y la tolerancia al riesgo de los interesados del proyecto. Otras técnicas, como el uso de *hojas de calificación* del riesgo estratégico, se utilizan para proporcionar una evaluación de alto nivel de la exposición al riesgo del proyecto sobre la base del contexto general del proyecto. En función de estas evaluaciones, el equipo del proyecto puede asignar los recursos adecuados y centrarse en las actividades de gestión de riesgos.

b) Juicio de Expertos

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

b.1) La dirección general.

b.2) Los interesados del proyecto.

b.3) Los directores de proyecto que han trabajado en otros proyectos en el mismo ámbito (de manera directa o a través de las lecciones aprendidas).

b.4) Expertos en la materia (SMEs) en el ámbito de los negocios o de los proyectos.

b.5) Grupos de la industria y asesores.

b.6) Asociaciones profesionales y técnicas.

c) Reuniones

Los equipos del proyecto celebran reuniones de planificación para desarrollar el plan de gestión de los riesgos. Los participantes de estas reuniones pueden ser, entre otros, el director del proyecto, miembros del equipo del proyecto e interesados seleccionados, cualquier persona de la organización con la responsabilidad de gestionar la planificación y ejecución de actividades relacionadas con los riesgos, así como otras personas, según sea necesario.

2.5.2.9.2. Herramientas y técnicas de identificación de riesgos

De lo señalado por el PMI (PMBOK, 2013) y el ingeniero Altez (2009), se puede resumir en las siguientes herramientas y técnicas:

a) Revisiones a la documentación

Puede efectuarse una previsión estructurada de la documentación del proyecto, incluidos los planes, los supuestos, los archivos de proyectos anteriores, los acuerdos y otra información. La calidad de los planes, así como la consistencia entre dichos planes y los requisitos supuestos del proyecto, pueden ser indicadores de riesgo en el proyecto.

b) Técnicas de recopilación de Información

Entre los ejemplos de técnicas de recopilación de información utilizadas en la identificación de riesgos se cuentan:

b.1) Brainstorming o tormenta de ideas

El Brainstorming es una técnica que consiste en realizar talleres o sesiones de creatividad para promover la identificación de riesgos desde distintos puntos de vista, dado que se convocan varios tipos de profesionales e involucrados del proyecto (Chapman y Ward, 1997).

El PMI (PMBOK, 2013) indica que con esta técnica el Equipo de Proyecto obtiene una lista completa de los riesgos del proyecto, definidos y clasificados por tipo de riesgo. Para lograr identificar los riesgos, se realizan reuniones con profesionales multidisciplinarios externos al proyecto.

El APM (PRAM, 1997) indica que la Tormenta de Ideas tiene cuatro reglas básicas:

1. Las críticas están fuera de juego.
2. La libertad de ideas es bienvenida (para incentivar a la generación de ideas).
3. La cantidad es requerida (a mayor cantidad, mayor chance de encontrar una solución o nuevos riesgos relacionados a los ya encontrados).
4. Combinación y mejoramiento de ideas.

Por otro lado, señala que es necesario replantear el enfoque de la Tormenta de Ideas respecto a como se conoce comúnmente (resolución de problemas). Los siguientes cambios son los sugeridos:

- a) El objetivo de esta técnica es identificar riesgos, no resolver un problema. Para esto, los participantes deben entender el proceso básico y los objetivos de la Gestión de Riesgos, así como el propósito de la aplicación de esta técnica. El moderador de las sesiones de Tormenta de Ideas debe guiar a los participantes y orientar su modo de generar ideas para la búsqueda de riesgos.
- b) El moderador debe brindar a los participantes una estructura basada en un grupo de temas, simplificado normalmente a una poca cantidad inicial de áreas, pudiéndose ayudar de una lista pre-definida.
- c) Se recomienda que el moderador repase los riesgos identificados y recuerde a los participantes cuáles son los siguientes pasos a seguir, por ejemplo, realizar entrevistas y la producción de registro de riesgos.

b.2) Técnica Delphi

El PMI señala que es una manera de lograr un consenso de expertos. Los expertos en riesgos de proyecto participan en esta técnica de forma anónima.

El APM (PRAM, 1997) define así esta técnica:

La técnica Delphi es una manera estructurada de conseguir un consenso grupal acerca de los riesgos de un proyecto y de sus probabilidades e impactos. Se toma contacto con un grupo de expertos en persona, por teléfono o por correo electrónico para discutir sobre los riesgos de un proyecto. Este proceso se realiza bajo la moderación de un coordinador de grupo.

Las características de esta técnica son:

- a) Cada participante aporta anónimamente con sus ideas, por ejemplo, con su percepción sobre la probabilidad o impacto de un riesgo.
- b) Se evitan conflictos y prejuicios personales, de manera que solo interviene el moderador.
- c) El moderador recoge toda la información y luego resume todas las intervenciones y las somete a revisión por parte de los expertos para sustentarlas y aprobarlas. Este proceso se repite hasta que el moderador sienta que ya no es necesaria otra rueda de revisiones porque ya existe un consenso sobre los temas discutidos.

Lo realmente importante de esta técnica es que ayuda a reducir sesgos en los datos y evita que cualquier persona ejerza influencias indebidas en el resultado.

b.3) Entrevistas

La realización de entrevistas a los participantes experimentados del proyecto, a los interesados y a los expertos en la materia ayuda a identificar los riesgos.

b.4) Análisis de causa raíz

El análisis de causa raíz es una técnica específica para identificar un problema, determinar las causas subyacentes que lo ocasionan y desarrollar acciones preventivas.

b.5) RBS y Promp List

Estas técnicas se han agrupado debido a que están estrechamente relacionadas ya que la aplicación de cada una está orientada a brindar soporte a la identificación de riesgos mediante una estructura organizada de información.

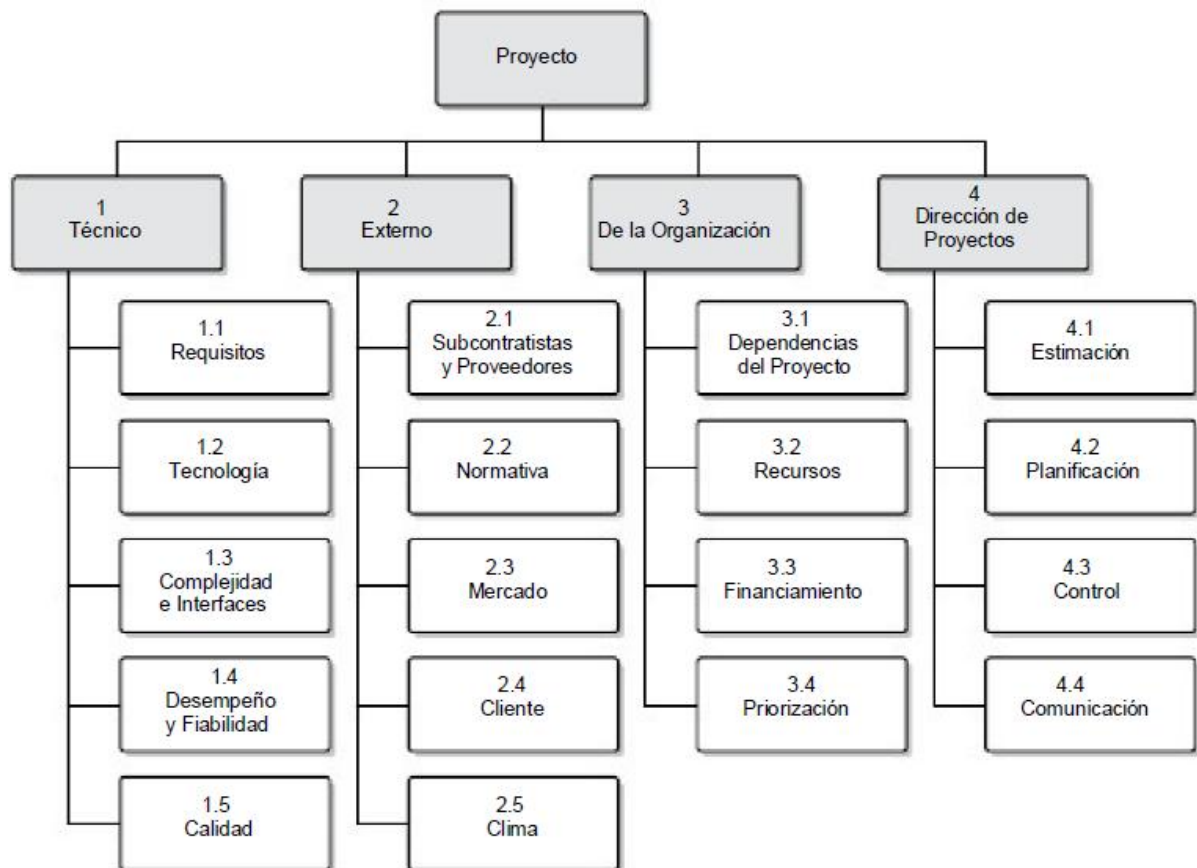
b.5.1) RBS (Risk Breakdown Structure o Estructura de Desglose de Riesgos)

Es definida por el PMI (PMBOK, 2013) como una estructura jerárquica de los riesgos identificados del proyecto, organizados por categoría de riesgo. El RBS enumera las categorías y subcategorías de donde pueden surgir riesgos para un proyecto único, y puede haber diferentes RBS según el tipo de proyecto u organización. Un beneficio de este enfoque es que recuerda a los participantes de un ejercicio de identificación de riesgos las diversas fuentes de donde pueden

surgir riesgos del proyecto. El PMI señala que es una buena práctica revisar las categorías de riesgo durante el proceso de Planificación de la Gestión de Riesgos antes de usarlas en el proceso de Identificación de Riesgos.

A continuación se muestra un ejemplo básico de RBS.

Figura N° 20. Ejemplo de una RBS.



Fuente: Project Management Institute, “Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos” (2013)

b.5.2) Prompt List

Los prompt lists o listas específicas se usan en la identificación de riesgos para asegurar que todos los aspectos de un proyecto sean cubiertos o revisados. Un Prompt List es una estructura de clasificación de riesgos predefinida por áreas o tipos según determinados tipos de proyectos, y pueden presentarse más de uno para un mismo proyecto. Por ejemplo, un prompt list puede fijarse en varios aspectos de un proyecto (legal, comercial, financiero), mientras que otro puede fijarse en las tareas o actividades inherentes al proyecto (diseño, construcción). A continuación se presenta un ejemplo de prompt list que puede ser a su vez desarrollado en sub-categorías:

- a) Recursos humanos,
- b) Aspecto técnico
- c) Aspecto administrativo,
- d) Gestión,
- e) Aspecto legal,
- f) Calidad,
- g) Aspecto financiero,
- h) Aspecto de comunicaciones,
- i) Aspecto comercial,
- j) Aspecto ambiental,
- k) Otros aspectos según el tipo de proyecto.

Los Prompt list pueden usarse como base para elaborar un RBS o como soporte de ayuda para las sesiones de Tormenta de Ideas, cubriendo todas las áreas posibles en la identificación de riesgos.

b.6) Registro de Riesgos

El registro de riesgos es un proceso en el cual un documento o base de datos es utilizado para registrar cada riesgo perteneciente a un proyecto determinado.

Ejemplo de esto puede ser los Check lists. Asimismo, el registro de riesgos permite que la información sea colectada durante la GRC, comenzando con la identificación de riesgos, para ser revisada en etapas posteriores, actualizándose según el proyecto va avanzando. (Merna, 2004).

El APM (PRAM, 1997) añade que la siguiente información básica es necesaria para el registro de riesgos:

- a) Nombre y título del riesgo.

- b) Código único de identificación del riesgo.
- c) Breve descripción del riesgo y por qué ocurriría.
- d) Estimación de la probabilidad y potencial impacto.
- e) Persona encargada de monitorear el riesgo y sus efectos, así como de llevar a cabo las estrategias planteadas previamente por el Equipo de Proyecto).
- f) Detalles de las estrategias de reducción de riesgos.
- g) Probabilidad e impacto reducidos si es que el riesgo fuera gestionado con la estrategia inicialmente planteada.
- h) El periodo de tiempo de aplicación de estrategias para los riesgos, y
- i) Fecha de registro y de última modificación.

Asimismo, indica que todo registro de riesgos debe incluir explicaciones de la escala usada en el análisis de probabilidad e impacto y proveer un resumen de los diez principales riesgos (PRAM, 1997).

Por otro lado, Kliem y Ludin señalan que toda la documentación generada en proyectos pasados debe reusarse, en el sentido de que los datos para prevención, análisis de riesgos y planes de contingencias para casos similares puedan servir para futuros requerimientos. Además, señalan que todo reporte de riesgo que se genere en el proyecto debe reunir las siguientes características:

Tabla N° 02 – Características de reporte de riesgo

| <i>Características Cualitativas</i> | <i>Contenido</i> | <i>Formato</i> |
|-------------------------------------|-----------------------|---|
| -Claridad | -Contexto | -Incluir solo lo que audiencia necesita |
| -Brevedad | -Indicar suposiciones | -Ilustraciones o Gráficos |
| -Honestidad | -Entendible | -No recargar de información |
| -Objetividad | -Crítico | |
| -Relevancia | -Descriptivo | |
| -Puntualidad | -Hechos e información | |

Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis; “Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción” (2009)

A continuación, se presentan dos formatos básicos recomendados por Kliem y Ludin para el registro de riesgos.

Tabla N° 03 – Formato para registro de riesgo (antes de ocurrir)

| | | | |
|--|-------------|--------------|-------------|
| <u>Descripción de riesgo</u> | | | |
| <u>Suposiciones</u> | | | |
| <u>Probabilidad de ocurrencia</u> | | | |
| Marcar uno | <i>alta</i> | <i>media</i> | <i>baja</i> |
| <u>Impacto</u> | | | |
| Técnico | | | |
| Operacional | | | |
| Funcional | | | |
| <u>Respuesta</u> | | | |

Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis; “Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción” (2009)

Tabla N° 04 – Formato para registro de riesgos ocurridos

| Tarea Nro- | Descripción de riesgo | Prioridad | Impacto | Responsabilidad | Fecha estimada de inicio | Fecha de término |
|-----------------------|----------------------------------|------------------|----------------|------------------------|---|-----------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis; “Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción” (2009)

c) Análisis con lista de verificación (Checklist)

Las listas de verificación para la identificación de riesgos se desarrollan sobre la base de la información histórica y del conocimiento acumulado a partir de proyectos anteriores similares y de otras fuentes de información. También puede utilizarse como lista de verificación de riesgos el nivel más bajo de la RBS. Si bien una lista de verificación puede ser rápida y sencilla, es imposible elaborar una lista exhaustiva, y se debe tener cuidado para asegurar que la lista de verificación no sea utilizada para evitar el esfuerzo de una adecuada identificación de riesgos.

d) Análisis de supuestos

Cada proyecto y su plan se conciben y desarrollan sobre la base de un conjunto de hipótesis, escenarios o supuestos. El análisis de supuestos explora la validez de los supuestos según se aplican al proyecto. Identifica los riesgos del proyecto relacionados con el carácter inexacto, inestable, inconsistente o incompleto de los supuestos.

e) Técnicas de diagramación

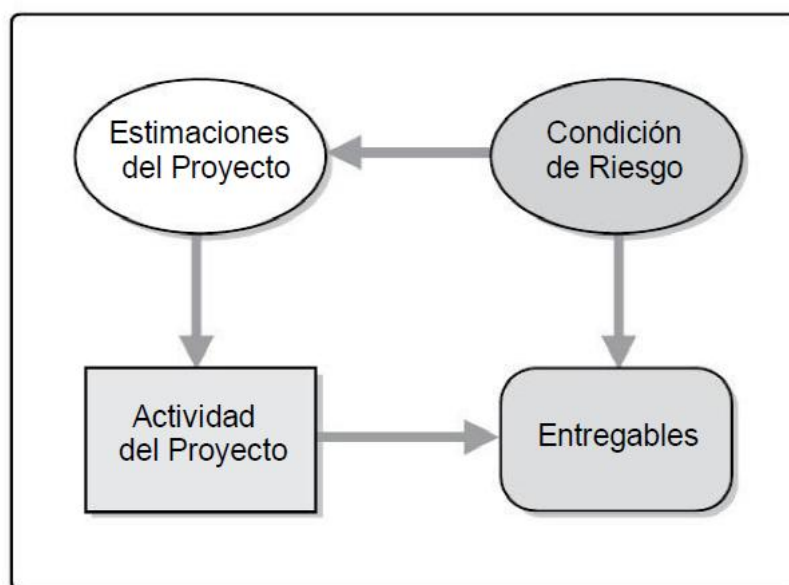
Las técnicas de diagramación de riesgos pueden incluir:

e.1) Diagramas de causa y efecto. Estos diagramas también se conocen como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado y son útiles para identificar las causas de los riesgos.

e.2) Diagramas de flujo de procesos o de sistemas. Estos diagramas muestran cómo se relacionan entre sí los diferentes elementos de un sistema, y el mecanismo de causalidad.

e.3) Diagramas de influencias. Son representaciones gráficas de situaciones que muestran las influencias causales, la cronología de eventos y otras relaciones entre las variables y los resultados, como muestra la figura 21.

Figura N° 21. Ejemplo de un diagrama de influencias



Fuente: Project Management Institute, "Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos" (2013)

f) Análisis FODA

Esta técnica examina el proyecto desde cada uno de los aspectos FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) para aumentar el espectro de riesgos identificados, incluidos los riesgos generados internamente. La técnica comienza con la identificación de las fortalezas y debilidades de la organización, centrándose ya sea en el proyecto, en la organización o en el negocio en general. El análisis FODA identifica luego cualquier oportunidad para el

proyecto con origen en las fortalezas de la organización y cualquier amenaza con origen en las debilidades de la organización. El análisis también examina el grado en el que las fortalezas de la organización contrarrestan las amenazas, e identifica las oportunidades que pueden servir para superar las debilidades.

g) Juicio de Expertos

Los expertos con la experiencia adecuada, adquirida en proyectos o áreas de negocio similares, pueden identificar los riesgos directamente. El director del proyecto debe identificar a dichos expertos e invitarlos a considerar todos los aspectos del proyecto, y a sugerir los posibles riesgos basándose en sus experiencias previas y en sus áreas de especialización. En este proceso se deben tener en cuenta los sesgos de los expertos.

2.5.2.2.9.3. Herramientas y técnicas de análisis de riesgos

Existen dos categorías de herramientas correspondientes al proceso de análisis de riesgos, las cuales están ligadas a las dos técnicas: análisis cualitativo y análisis cuantitativo de riesgos. Las herramientas de análisis cualitativo buscan comparar las importancias relativas de los riesgos en un proyecto en términos del efecto económico que podrían ocasionar si es que llegan a ocurrir (Merna, 2004).

Por otro lado, las herramientas de análisis cuantitativo buscan determinar rangos de valores discretos y distribuciones de probabilidades de los riesgos, con el fin de cuantificar muy aproximadamente lo que podría ser la ocurrencia de un riesgo en el proyecto. Este proceso es más sofisticado e involucra muchas veces el uso de computadoras (Merna, 2004).

Simon *et al* (1997) sugiere que la información obtenida del análisis cualitativo es casi siempre más importante que la del análisis cuantitativo, y que éste no siempre es necesaria. El SERC (1992) recomienda que la elección de las técnicas de análisis de riesgos deben ir en función de principalmente:

- a) El tiempo y tamaño del proyecto,
- b) La información disponible,
- c) El costo que representa llevarlo a cabo y el tiempo requerido, y

d) La experiencia y capacidad del Equipo de Proyecto.

Sin mayor preámbulo se procede a presentar brevemente a las herramientas y técnicas de análisis cualitativo y análisis cuantitativo.

2.5.2.2.9.3.1. Análisis cualitativo

De lo señalado por el PMI (PMBOK, 2013) y el ingeniero Altez (2009), se puede resumir en las siguientes herramientas y técnicas:

a) Evaluación de Probabilidad e Impacto de los riesgos

La evaluación de la probabilidad de los riesgos estudia la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo específico. La evaluación del impacto de los riesgos estudia el efecto potencial de los mismos sobre un objetivo del proyecto, tal como el cronograma, el costo, la calidad o el desempeño, incluidos tanto los efectos negativos en el caso de las amenazas, como los positivos, en el caso de las oportunidades.

b) Matriz de Probabilidad e Impacto

Los riesgos se pueden priorizar con vistas a un análisis cuantitativo posterior y a la planificación de respuestas basadas en su calificación. Las calificaciones se asignan a los riesgos en base a la probabilidad y al impacto previamente evaluados. Por lo general, la evaluación de la importancia de cada riesgo y de su prioridad de atención se efectúa utilizando una tabla de búsqueda o una matriz de probabilidad e impacto.

Dicha matriz especifica las combinaciones de probabilidad e impacto que llevan a calificar los riesgos con una prioridad baja, moderada o alta. Dependiendo de las preferencias de la organización, se pueden utilizar términos descriptivos o valores numéricos.

Cada riesgo se califica de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y con el impacto sobre un objetivo, en caso de que se materialice. La organización debe determinar qué combinaciones de probabilidad e impacto dan lugar a una clasificación de riesgo alto, riesgo moderado y riesgo bajo. En una matriz en blanco y negro, estas condiciones se representan mediante diferentes tonalidades de gris.

Por lo general, la organización define las reglas de calificación de los riesgos antes del inicio del proyecto y se incluyen entre los activos de los procesos de la organización. Las reglas de calificación de los riesgos pueden adaptarse al proyecto específico durante el proceso Planificar la Gestión de los Riesgos.

Figura N° 22. Matriz de probabilidad e impacto

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

Impacto (escala numérica) sobre un objetivo (p.ej., costo, tiempo, alcance o calidad)

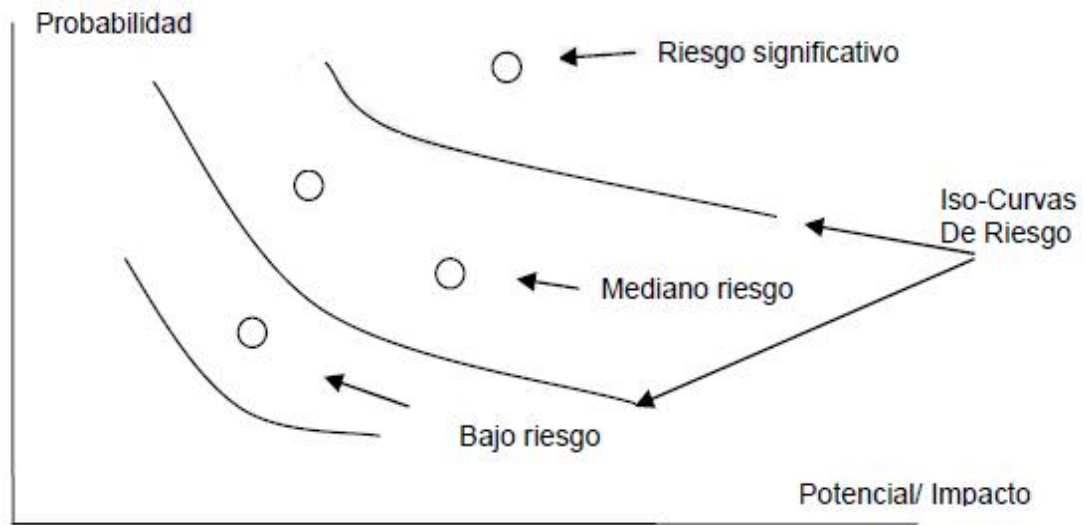
Cada riesgo es calificado de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y el impacto sobre un objetivo en caso de que ocurra. Los umbrales de la organización para riesgos bajos, moderados o altos se muestran en la matriz y determinan si el riesgo es calificado como alto, moderado o bajo para ese objetivo.

Fuente: Project Management Institute, “Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos” (2013)

c) Risk Mapping

Esta herramienta es definida por Merna (2004) como una representación gráfica de los riesgos en un gráfico bidimensional donde un eje corresponde a la severidad o impacto del riesgo y el otro eje a su probabilidad de ocurrencia. Las líneas de referencia que dividen el gráfico sirven de ayuda para establecer el grado relativo de importancia de los riesgos. A continuación, se muestra un gráfico conceptual del Risk Mapping.

Figura N° 23. Concepto de Risk Mapping (Adaptado de Witt, 1999)



Fuente: ALTEZ VILLANUEVA, Luis; “Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción” (2009)

d) Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos

La evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos es una técnica para evaluar el grado de utilidad de los datos sobre riesgos para llevar a cabo la gestión de los mismos. Implica examinar el grado de entendimiento del riesgo y la exactitud, calidad, fiabilidad e integridad de los datos relacionados con el riesgo.

e) Categorización de riesgos

Los riesgos del proyecto se pueden categorizar por fuentes de riesgo (p.ej., utilizando la RBS), por área del proyecto afectada (p.ej., utilizando la EDT/WBS) o por otras categorías útiles (p.ej., fase del proyecto) a fin de determinar qué áreas del proyecto están más expuestas a los efectos de la incertidumbre. Los riesgos también se pueden categorizar por causas raíces comunes. Esta técnica ayuda a determinar los paquetes de trabajo, las actividades, las fases del proyecto o incluso los roles del proyecto que pueden conducir al desarrollo de respuestas eficaces frente al riesgo.

f) Evaluación de la urgencia de riesgos

Los riesgos que requieren respuestas a corto plazo pueden ser considerados de atención más urgente.

Entre los indicadores de prioridad se pueden incluir la probabilidad de detectar el riesgo, el tiempo para dar una respuesta a los riesgos, los síntomas y las señales de advertencia, y la calificación del riesgo. En algunos análisis cualitativos, la evaluación de la urgencia de un riesgo se combina con la calificación del riesgo obtenida a través de la matriz de probabilidad e impacto para obtener una calificación final de la severidad del riesgo.

g) Juicio de Expertos

El juicio de expertos es necesario para evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo, para determinar su ubicación dentro de la matriz representada en la figura 22. Por lo general, los expertos son aquellas personas que ya han tenido experiencia en proyectos similares recientes. La obtención del juicio de expertos se consigue a menudo mediante talleres de facilitación o entrevistas. En este proceso se deben tener en cuenta los sesgos de los expertos.

2.5.2.2.9.3.2. Análisis cuantitativo

De acuerdo con los que sostienen PMI (PMBOK, 2013) y el ingeniero Altez (2009), se puede resumir en las siguientes herramientas y técnicas:

a) Técnicas de recopilación y representación de datos

a.1) Entrevistas

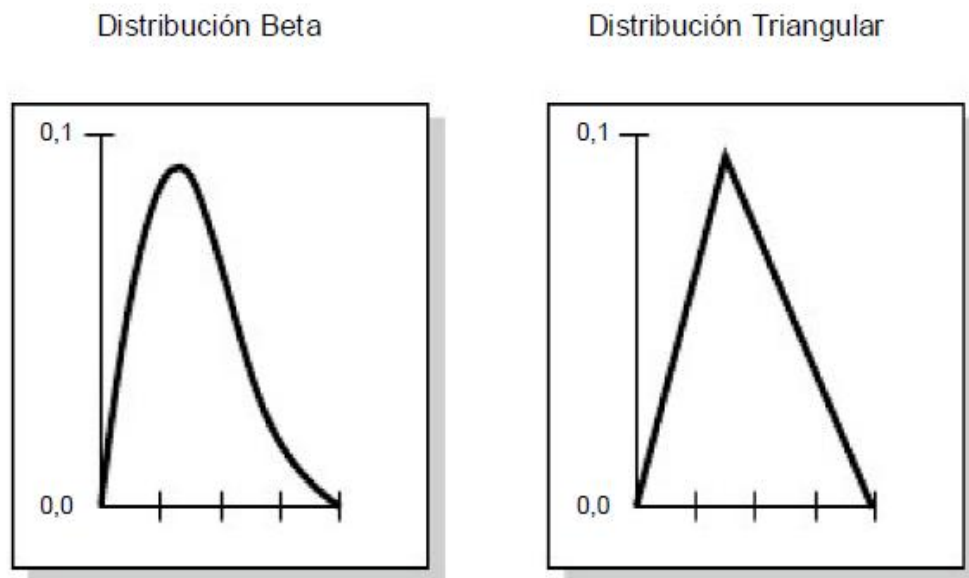
Se basan en la experiencia y en datos históricos para cuantificar la probabilidad y el impacto de los riesgos sobre los objetivos del proyecto.

a.2) Distribuciones de probabilidad

Las distribuciones continuas de probabilidad, utilizadas ampliamente en el modelado y simulación, representan la incertidumbre en valores tales como las duraciones de las actividades del cronograma y los costos de los componentes del proyecto. Las distribuciones discretas pueden emplearse para representar eventos inciertos, como el resultado de una prueba o un posible escenario en un árbol de decisiones. La figura 24 muestra dos ejemplos de distribuciones continuas ampliamente utilizadas. Estas distribuciones describen formas que son compatibles con los datos que se generan habitualmente durante el análisis cuantitativo de riesgos.

Las distribuciones uniformes se pueden emplear cuando no hay un valor obvio que sea más probable que cualquier otro entre los límites superior e inferior especificados, como ocurre en la etapa inicial de concepción de un diseño.

Figura N° 24. Ejemplos de distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas.



Las distribuciones beta y triangular se utilizan frecuentemente en el análisis cuantitativo de riesgos. Los datos mostrados en la parte izquierda del gráfico (Distribución Beta) son un ejemplo de una familia de dichas distribuciones, determinada por dos "parámetros de forma". Otros tipos de distribuciones comúnmente utilizadas son la distribución uniforme, la normal y la lognormal. En estos diagramas, los ejes horizontales (X) representan los valores posibles de tiempo o costo, y los ejes verticales (Y) representan la probabilidad relativa.

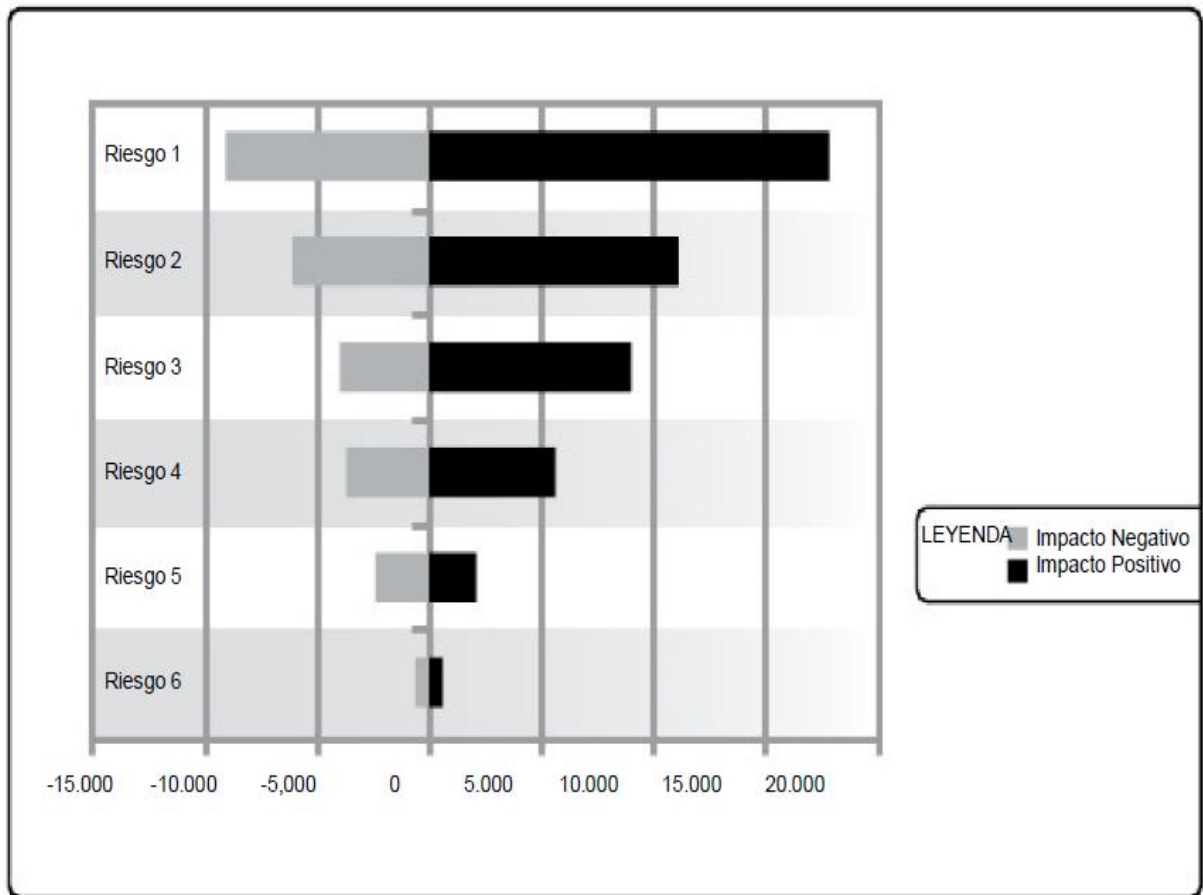
Fuente: Project Management Institute, "Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos" (2013)

b) Técnicas de análisis cuantitativo de riesgos y de modelado

b.1) Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad ayuda a determinar qué riesgos tienen el mayor impacto potencial en el proyecto. Ayuda a comprender la correlación que existe entre las variaciones en los objetivos del proyecto y las variaciones en las diferentes incertidumbres. Por otra parte, evalúa el grado en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta al objetivo que se está estudiando cuando todos los demás elementos inciertos son mantenidos en sus valores de línea base. Una representación típica del análisis de sensibilidad es el diagrama con forma de tornado (Figura 25), el cual resulta útil para comparar la importancia y el impacto relativos de las variables que tienen un alto grado de incertidumbre con respecto a las que son más estables.

Figura N° 25. Ejemplo de Diagrama con forma de tornado.



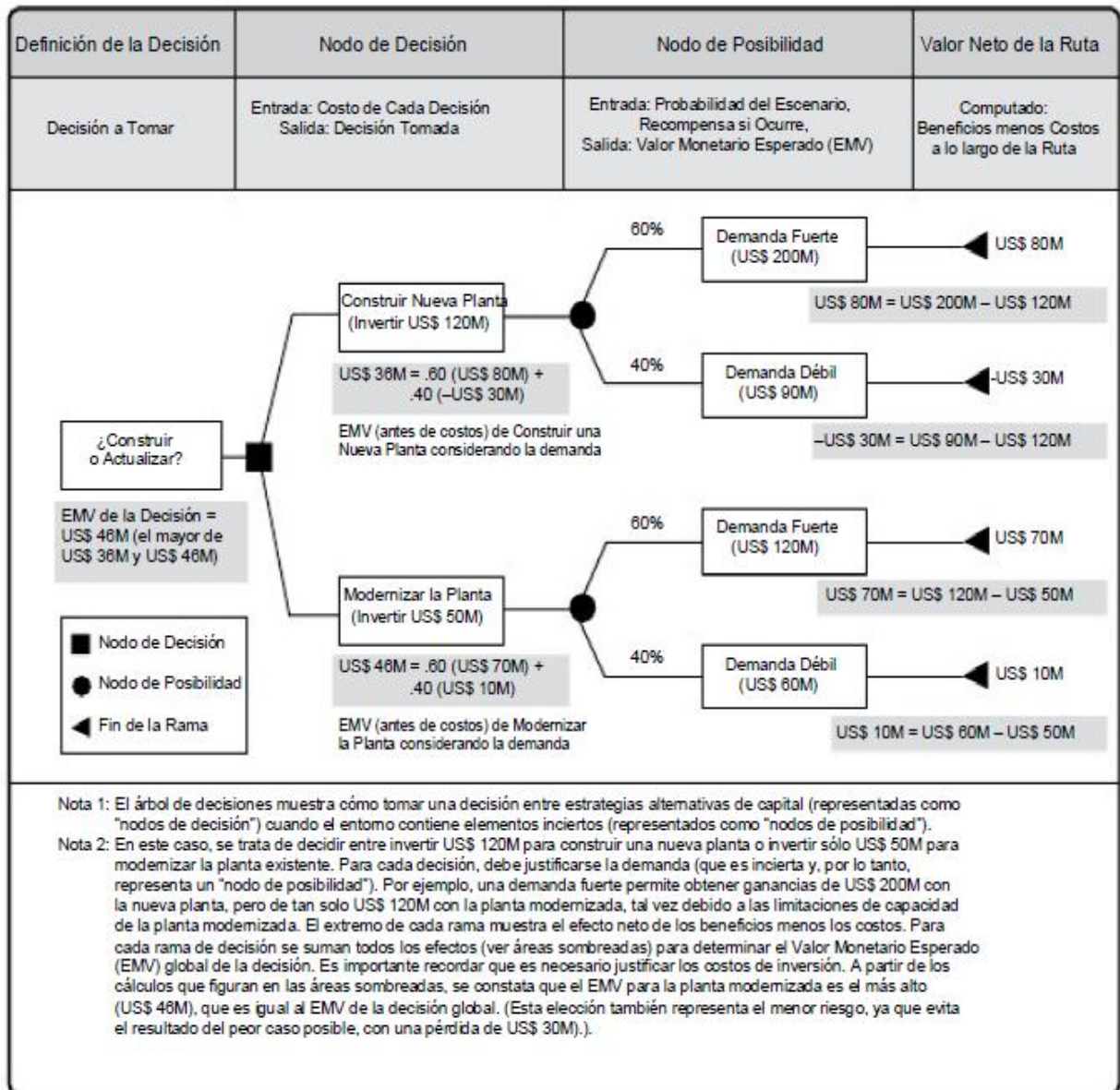
Fuente: Project Management Institute, “Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos” (2013)

b.2) Análisis de valor monetario esperado mediante el árbol de decisiones

Esta técnica se basa en un concepto estadístico que calcula el resultado promedio tomando en cuenta escenarios futuros de los eventos que pueden ocurrir o no, es decir, considerando de esta manera la incertidumbre. Se calcula multiplicando el valor de cada posible resultado, en términos financieros, de tiempo o de costos, por la probabilidad de ocurrencia y sumando finalmente los resultados.

El diagrama de árbol de decisiones es una manera sencilla y útil de mostrar los resultados obtenidos, ya que se usa para describir las situaciones que se están considerando, las implicancias de cada una de las opciones y los posibles escenarios, incluyendo el costo de cada opción y sus probabilidades. Al resolver el árbol de decisiones, se obtiene el valor monetario esperado u otra medida bajo el criterio de la organización (PMBOK, 2004).

Figura N° 26. Diagrama de árbol de decisiones.



Fuente: Project Management Institute, "Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos" (2013)

b.3) Análisis mediante simulación de Monte Carlo

Las simulaciones se realizan habitualmente mediante la técnica Monte Carlo.

El análisis cuantitativo usando la simulación de Monte Carlo consiste en generar un número determinado de posibles escenarios mediante un software, presentando una serie de gráficos de probabilidad que sirven para el análisis y la toma de decisiones. Los usos más comunes son la estimación de costos y de tiempos.

Lo que hace el método en el programa es procesar la información de entrada, también llamada inputs, en un número determinado de iteraciones, haciendo cálculos probabilísticos para así obtener múltiples valores resultantes posibles, o outputs, a los cuales denominamos escenarios. Para lograr esto, se le debe indicar al programa el tipo de distribución de cada variable a ser considerada, el número de iteraciones y los rangos de valores dentro de las cuales las variables combinadas van a formar distintos escenarios (PRAM Guide, 1997).

Los resultados de la simulación son datos probabilísticos, como puede ser la media, mediana, valores más probables, etc. Asimismo, pueden construirse gráficos de histogramas, probabilidad acumulada ascendente, descendente, etc. Es importante saber que el método no establece un resultado, sino una gama de resultados que hay que saber interpretar y analizar para llegar a una adecuada decisión.

c) Juicio de expertos

El juicio de expertos (que idealmente recurre a expertos con experiencia relevante y reciente) se requiere para identificar los impactos potenciales sobre el costo y el cronograma, para evaluar la probabilidad y definir las entradas tales como las distribuciones de probabilidad a las herramientas.

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

2.5.2.2.10. Herramientas y técnicas de respuesta a los riesgos

El **PMI** (PMBOK, 2013) propone estrategias para los riesgos negativos y también para los riesgos positivos, inherentes al proyecto:

a) Estrategias para Riesgos Negativos o Amenazas

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

a.1) Evitar, es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto actúa para eliminar la amenaza o para proteger al proyecto de su impacto. Por lo general implica cambiar el plan para la dirección del proyecto, a fin de eliminar por completo la amenaza. El director del proyecto también puede aislar los objetivos del proyecto del impacto del riesgo o cambiar el objetivo que se encuentra amenazado. Ejemplos de lo anterior son la ampliación del cronograma, el cambio de estrategia o la reducción del alcance.

a.2) Transferir, es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto traslada el impacto de una amenaza a un tercero, junto con la responsabilidad de la respuesta. La transferencia de un riesgo simplemente confiere a una tercera parte la responsabilidad de su gestión; no lo elimina. La transferencia no implica que se deje de ser el propietario del riesgo por el hecho de transferirlo a un proyecto posterior o a otra persona sin su conocimiento o consentimiento. Transferir el riesgo casi siempre implica el pago de una prima de riesgo a la parte que asume el riesgo.

a.3) Mitigar, es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto actúa para reducir la probabilidad de ocurrencia o impacto de un riesgo. Implica reducir a un umbral aceptable la probabilidad y/o el impacto de un riesgo adverso. Adoptar acciones tempranas para reducir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y/o su impacto sobre el proyecto, a menudo es más eficaz que tratar de reparar el daño después de ocurrido el riesgo.

a.4) Aceptar, es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto decide reconocer el riesgo y no tomar ninguna medida a menos que el riesgo se materialice. Esta estrategia se adopta cuando no es posible ni rentable abordar un riesgo específico de otra manera. Esta estrategia indica que el equipo del proyecto ha decidido no cambiar el plan para la dirección del proyecto para hacer frente a un riesgo, o no ha podido identificar ninguna otra estrategia de respuesta adecuada. Esta estrategia puede ser pasiva o activa. La aceptación pasiva no requiere ninguna acción, excepto documentar la estrategia dejando que el equipo del proyecto aborde los riesgos conforme se presentan, y revisar periódicamente la amenaza para asegurarse de que no cambie de manera significativa. La estrategia de aceptación activa más común consiste en establecer una reserva para contingencias, que incluya la cantidad de tiempo, dinero o recursos necesarios para manejar los riesgos.

b) Estrategias para Riesgos Positivos u Oportunidades

El PMI (PMBOK, 2004) sugiere tres tipos de respuestas para tratar los riesgos que tienen posibles impactos positivos sobre los objetivos del proyecto.

b.1) Explotar. Esta estrategia busca eliminar la incertidumbre asociada con un riesgo, orientando su gestión positivamente para que ocurra favorablemente en el proyecto. Esto puede requerir la participación de personal más experimentado, o equipos más rápidos o efectivos para obtener una mejor calidad que la planificada originalmente.

b.2) Mejorar. Esta respuesta consiste en compartir el posible impacto positivo con un tercero que está más capacitado para capturar la oportunidad para beneficio del proyecto. Un ejemplo para este caso es formar asociaciones o consorcios con empresas de mayor experiencia o infraestructura.

b.3) Compartir. Esta estrategia modifica el tamaño de una oportunidad, aumentando la probabilidad y/o los impactos positivos, para lo cual se requiere identificar, facilitar y fortalecer los factores clave que los originan.

2.5.2.2.11. Herramientas y técnicas de control de riesgos

El PMI (PMBOK,2013) señala las siguientes herramientas y técnicas para el control/seguimiento de la gestión de riesgos en el proyecto:

a) Reevaluación de los riesgos

Controlar los Riesgos a menudo da lugar a la identificación de nuevos riesgos, la reevaluación de los riesgos actuales y el cierre de riesgos obsoletos. Deben programarse periódicamente revaluaciones de los riesgos del proyecto. La cantidad y el nivel de detalle de las repeticiones que corresponda hacer dependerán de la manera en que el proyecto avanza con relación a sus objetivos.

b) Auditorías de los riesgos

Las auditorías de riesgos examinan y documentan la eficacia de las respuestas a los riesgos identificados y sus causas, así como la eficacia del proceso de gestión de riesgos. El director del proyecto es el responsable de asegurar que las auditorías de riesgos se realicen con una frecuencia adecuada, tal y como se definiera en el plan de gestión de los riesgos del proyecto. Las auditorías de riesgos se pueden incluir en las reuniones de rutina de revisión del proyecto, o bien,

pueden celebrarse reuniones específicas de auditoría de riesgos si el equipo así lo decide. El formato de la auditoría y sus objetivos deben definirse claramente antes de efectuar la auditoría.

c) Análisis de variación y de tendencias

Numerosos procesos de control utilizan el análisis de variación para comparar los resultados planificados con los resultados reales. Con el propósito de controlar los riesgos, deben revisarse las tendencias en la ejecución del proyecto utilizando la información relativa al desempeño. El análisis del valor ganado y otros métodos de análisis de variación y de tendencias del proyecto pueden utilizarse para monitorear el desempeño global del proyecto. Los resultados de estos análisis pueden pronosticar la desviación potencial del proyecto en su conclusión con respecto a los objetivos de costo y cronograma. La desviación con respecto al plan de línea base puede indicar el impacto potencial de amenazas u oportunidades.

d) Medición del desempeño técnico

La medición del desempeño técnico compara los logros técnicos durante la ejecución del proyecto con el cronograma de logros técnicos. Requiere la definición de medidas objetivas y cuantificables del desempeño técnico que se puedan utilizar para comparar los resultados reales con los planificados. Dichas mediciones del desempeño técnico pueden incluir pesos, tiempos de transacción, número de piezas defectuosas entregadas, capacidad de almacenamiento, etc. Una desviación, como por ejemplo ofrecer una mayor o menor funcionalidad con respecto a la planificada para un hito, puede ayudar a predecir el grado de éxito que se obtendrá en el cumplimiento del alcance del proyecto.

e) Análisis de reservas

A lo largo de la ejecución del proyecto se pueden materializar algunos riesgos, con impactos positivos o negativos sobre las reservas para contingencias del presupuesto o del cronograma. El análisis de reservas compara la cantidad de reservas para contingencias restantes con la cantidad de riesgo remanente en un momento dado del proyecto, con objeto de determinar si la reserva restante es suficiente.

f) Reuniones

La gestión de los riesgos del proyecto debe ser un punto del orden del día en las reuniones periódicas sobre el estado del proyecto. El tiempo requerido para tratar este asunto variará en función de los riesgos que se hayan identificado, de su prioridad y de la dificultad de respuesta. La gestión de riesgos se torna más sencilla conforme se practica con mayor frecuencia. Los debates frecuentes sobre los riesgos aumentan las posibilidades de que las personas identifiquen los riesgos y las oportunidades.

2.5.3. Marco conceptual: definición de términos

Para obtener una interpretación uniforme presento un vocabulario en el que figuran términos que pueden tener varias acepciones en el lenguaje común, con el fin de que sean entendidos de acuerdo con la definición que se expone.

Proyecto.- Un proyecto consiste en el conjunto de tareas que se llevan a cabo para crear un producto o servicio. Son de naturaleza temporal, es decir, tienen un principio y un final.

Gestión.- Son todas aquellas actividades que se realizan de forma coordinada para la dirección y control de una entidad y/o proyecto.

Calidad.- La calidad es un indicador de medida respecto al cumplimiento de requisitos de entrega de un producto y/o servicio.

Riesgo.- En la gestión de proyectos el riesgo hace referencia de cualquier evento o condición incierta que de llegar a materializarse podría tener impactos positivos o negativos en la performance del proyecto.

Oportunidad.- Es el resultado de un impacto positivo de los riesgos en uno o más objetivos del proyecto.

Amenaza.- Es el resultado de un impacto negativo de los riesgos en uno o más objetivos del proyecto.

Proceso.- Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Mejora continua.- Ciclo de actividades permanentes a lo largo de la gestión de proyectos que se realizan con el objetivo de mejorar los niveles de madurez organizacional.

Entregable.- Es el resultado esperado de un proyecto a requerimiento del cliente/usuario y que debe ser completado a plena satisfacción de las partes interesadas.

Conformidad.- Es un indicador de cumplimiento de requisitos, especificaciones y normativa vigente en los entregables del proyecto.

No conformidad.- Es un indicador de incumplimiento de requisitos, especificaciones y normativa vigente en los entregables del proyecto.

Línea base de costos.- Es la estructura del presupuesto de obra inicial, conformado por un listado de partidas. Los costos parciales están basados en metrados referenciales y costos unitarios.

Costos Unitarios.- Es el costo de una partida por unidad de medida que incluye la mano de obra, materiales, equipos, herramientas manuales e implementación de seguridad.

Línea base de cronograma.- Es el cronograma inicial de obra que se presenta comúnmente en barras y que arroja la duración del proyecto basado en el análisis de la ruta crítica.

Acción preventiva.- Es una actividad que se incluye dentro del plan de ejecución del proyecto y que tiene como objetivo principal asegurar el desempeño futuro del trabajo a fin de evitar sucesos no deseados

Acción correctiva.- Es una actividad no planificada que tiene como objetivo corregir desviaciones en el desarrollo de tareas que puedan comprometer uno o más objetivos del proyecto.

2.5.3. Marco Histórico

En su trabajo de investigación, Romero y Pérez (2012) coinciden en que a lo largo de la historia los humanos han buscado perfeccionar sus actividades en pro del desarrollo y la tecnología. La calidad también ha influido en dicho proceso de evolución del hombre convirtiéndose en parte fundamental en todas sus prácticas.

En tiempos de la pre historia, los antiguos humanos procuraban buscar productos alimenticios cada vez más óptimos para el consumo, incursionando en el agro y la ganadería, además de la

caza, para obtener por ellos mismos productos saludables, creando herramientas y métodos mejorados paulatinamente.

En las culturas antiguas como la egipcia, la maya, la azteca y las demás culturas occidentales y orientales, la calidad se ve reflejada en sus obras que hoy se imponen ante el mundo como muestra del afán por ofrecer lo mejor a sus dioses o jefes tribales. Prueba de ello es El Código de Hammurabi (1752 a. C.), que imponía lo siguiente: “Si un albañil construye una casa para un hombre, y su trabajo no es fuerte y la casa se derrumba matando a su dueño, el albañil será condenado a muerte”. La calidad estaba tan profusamente en las civilizaciones antiguas que una equivocación podría significar la muerte.

Perú no era ajeno a esta realidad. Nuestras culturas pre-incas e incas eran muestra de ello. La perfección en sus construcciones, templos, caminos, obras hidráulicas, orfebrería, cerámicas, tejidos y agricultura demuestran que indirectamente manejaban los estándares de la calidad al mínimo detalle. Incluso eran sabios en escoger las mejores hierbas y preparar brebajes para mejorar sus beneficios en la aplicación de la medicina.

En la edad media, ya se capacitaban a las personas para el aseguramiento de la calidad en los bienes y servicios para la corona y la iglesia. La organización de los trabajadores fue fundamental para mantener los reinados de la época. Se crearon personas con cargos de supervisores o testadores para la corona, no solo en productos alimenticios, sino herramientas, armas, transportes, etc. Todos los productos eran más elaborados, tenían procesos definidos y ya se hablaba de la satisfacción del cliente respecto del producto final. En las guerras por ejemplo, las armas que estén mejores diseñadas, sean más funcionales y tengan mejor performance, eran fundamentales para la victoria.

Sandholm(1995) , al respecto dice que antes de la revolución industrial, los productos eran hechos a mano. La calidad garantizaba el conocimiento del artesano, quien tenía la visión de todos los procesos que estaban involucrados para obtener el producto final.

La industrialización y el incremento en la producción masiva han llevado a la especialización dentro de las compañías. Cada una de las personas se concentra en su pequeña sección de la empresa y no es posible tener una visión global de ésta. Se volvió imposible confiar en el conocimiento y la capacidad del empleado para evitar que los productos salieran al mercado. La inspección se hizo necesaria, e inicialmente ésta era realizada por el jefe o capataz de cada

sección. Las actividades de la inspección se incrementaron progresivamente con el desarrollo industrial y fue necesario relevar entonces al capataz de algunas funciones en las que estaba involucrado. Más tarde se desarrolló un nuevo grupo de trabajo, llamado inspectores, al inicio de la Primera Guerra Mundial. Años más tarde aparece el departamento de inspección, que tuvo sus inicios en los años 20.

En la Segunda Guerra Mundial, se hizo necesaria la producción masiva pero el problema era que acceder a la fuerza de trabajo era bastante limitado, entonces se tuvo que hacer un trabajo de inspección mucho más eficiente y como consecuencia surge el control estadístico de la calidad, como un medio efectivo para lograr aquel cometido.

Al pasar el tiempo, la complejidad de los productos se incrementó a la par de los riesgos de defectos en sus funciones. Debido a esto es que se da el interés respecto a la fiabilidad y este a su vez abre paso a los métodos de fiabilidad.

Ya en los años 60 se empezó a hablar acerca del control total de la calidad, puesto que se encontró que concentrarse en funciones aisladas no era suficiente, sino que se requería de actividades planeadas de calidad que cubrieran todas las funciones.

Al final de los años 60 surgió un nuevo concepto que se hizo notar, llamado aseguramiento de la calidad.

Durante los años 70 surgieron preguntas concernientes a la seguridad de los productos y a los daños que estos producían, por lo que se puso atención a estos aspectos relevantes. En muchos de los casos, sobre todo en Estados Unidos, las altas compensaciones que se aplican a los fabricantes, han llevado a que los principios de control de calidad sean aplicados en mayor extensión. Se ha encontrado que el control de calidad es un medio efectivo en el trabajo para la manufactura de productos sin riesgos.

Sobre los años 80, los ejecutivos y altos directivos de las empresas empezaron a mostrar interés por la calidad de los productos. La razón es que se hizo obvio para muchos de ellos que la calidad iba a significar mucho para el futuro de las compañías. Además, se hizo claro que podían incrementarse las utilidades por medio de tener un esfuerzo consciente de producir con calidad. Filosofías japonesas y americanas forjaron lo que es hoy en día la calidad como parte fundamental en cualquier tipo de organización. La calidad ya no solo se ve como un concepto,

sino como una metodología en un proceso o actividad para obtener resultados esperados (Romero y Pérez, 2012).

Al día de hoy, existen varios organismos internacionales dedicados a la elaboración de normas de control y aseguramiento de la calidad y también estas organizaciones son encargadas de entregar certificaciones a las empresas que cumplen con sus normativas. Estas certificaciones dan un valor agregado a la empresa que los obtiene, ofreciendo al cliente ya no solo calidad sino también garantía de un producto o servicio excelente (Romero y Pérez, 2012).

Con respecto a la Gestión de Riesgos, comprendiendo el concepto general, entendemos que desde la aparición del hombre en la Tierra, siempre ha estado sometido a procesos de tomas de decisiones en escenarios de incertidumbre, para seleccionar sus alimentos y para subsistir en todas las condiciones de riesgo que su agresivo entorno proporcionaba.

Avanzando en la historia y ya involucrándonos directamente en el ámbito de la construcción, es evidente que la no integración de los procesos de planificación, diseño y ejecución conllevan a problemas de compatibilidad que son factores de riesgo para el logro de objetivos del proyecto. Esto no bien de ahora, pero es causal de preocupación en la alta dirección de proyectos que muestran interés para su implementación en sus proyectos.

2.6. Hipótesis a demostrar

Efectuando un adecuado proceso de aplicación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos, según los estándares y lineamientos del Project Management Institute, se podrá determinar la incidencia de estos en los costos y tiempo del proyecto de estabilización en ladera del Rímac, en la vía de acceso a túnel San Martín, distrito del Rímac, Lima Metropolitana y así con el conocimiento generado proponer y recomendar la aplicación de herramientas y técnicas de gestión de calidad y riesgos en proyectos de construcción que propendan a la generación de valor.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Recursos humanos

3.1.1.1. Tesista investigador.

3.1.1.2. Profesor asesor.

3.1.1.3. Profesionales colaboradores.

3.1.1.4. Digitador de textos.

3.1.2. Recursos materiales

3.1.2.1. Textos especializados.

3.1.2.2. Información recopilada en obra.

3.1.2.3. Material de cómputo.

3.1.2.4. Material de oficina y fotográfico.

3.1.3. Recursos de equipos

3.1.3.1. Equipos de oficina.

3.1.3.2. Cámara fotográfica digital.

3.1.3.3. Equipo de cómputo e impresión de textos y planos.

3.1.4. Otros recursos

3.1.4.1. Software de ingeniería.

3.1.4.2. Información digital de Internet.

3.1.4.3. Movilidad hacia la zona de estudio.

3.1.4.4. Copias, impresiones, anillados y empastado/encuadernaciones.

3.2. Metodología

3.2.1. Universo, muestra y población

3.2.1.2. Universo

El universo lo conforman todas las obras civiles en ejecución en el ámbito nacional que no empleen las herramientas y técnicas de gestión de la calidad y los riesgos durante el ciclo de vida del proyecto.

3.2.1.3. Población

La población tiene que ver con el tamaño del universo, al ser este amplio y diversificado, la población para esta investigación está conformada por las obras geotécnicas en ejecución dentro del ámbito nacional que no empleen las herramientas y técnicas de gestión de la calidad y los riesgos durante el ciclo de vida del proyecto.

3.2.1.4. Muestra

La muestra está determinada por la obra geotécnica “Estabilización de Ladera del Rímac – Túnel Santa Rosa II” en el distrito del Rímac, Lima, Perú.

3.2.2. Sistema de variables

3.2.2.2. Variable independiente

- a) Las herramientas y técnicas de gestión de la calidad.
- b) Las herramientas y técnicas de gestión de los riesgos.

3.2.2.3. Variable dependiente

- a) El tiempo y costo.

3.2.3. Diseño de la investigación

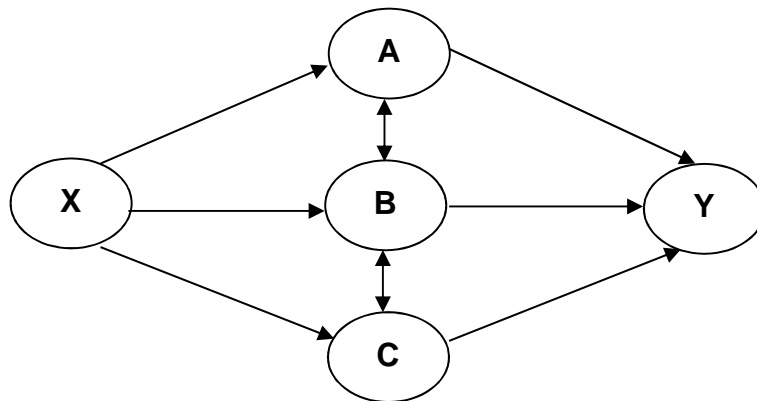
a. Tipo y nivel de investigación

La investigación a realizar es de tipo Descriptivo-Correlacional.

b. Diseño de investigación

El diseño de investigación es No Experimental-Transversal.

Figura N° 27. Diseño de investigación



Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X= Necesidad de estudiar la afectación de costos y tiempo del proyecto por deficiente gestión de calidad y de los riesgos en obras geotécnicas.

A= Selección del proyecto geotécnico a estudiar.

B= Recolección de información de campo, procedente de obra.

C= Procesamiento de la información obtenida.

Y= Resultado, incidencia de la aplicación de herramientas y técnicas de gestión de calidad y riesgos en relación a costos y tiempo en el proyecto.

3.2.4. Diseño de instrumentos

Con la finalidad de brindar el soporte científico, técnico y tecnológico a esta investigación se ha procedido a efectuar lo siguiente:

En primer lugar, a recopilar información de campo, sobre el proceso de ejecución de los trabajos de la obra geotécnica, en lo referente a costos y tiempos.

En relación a costos se requiere:

- 1) Presupuesto base.
- 2) Presupuesto cliente.
- 3) Presupuesto adendas.

4) Costos generales de calidad durante la ejecución.

5) Costos de factores de riesgo durante la ejecución.

En relación a tiempos se requiere:

1) Cronograma de obra base.

2) Cronograma real ejecutado.

En segundo lugar, se procedió a recopilar información bibliográfica existente en los textos especializados en relación al tema de investigación.

En tercer lugar, se procesó la información de campo y de planteamiento de propuesta, para luego realizar las respectivas comparaciones.

3.2.5. Procesamiento de la información

Este ítem corresponde a la realización del plan de gestión de calidad y de los riesgos, haciendo uso de sus respectivas herramientas y técnicas en el proyecto “Trabajos de estabilización de la Ladera del Rímac en la Obra Recuperación y Reforzamiento de los túneles Santa Rosa y San Martín entre los distritos del Rímac y San Juan de Lurigancho”, como propuesta de cómo se hubiera procedido con la finalidad de obtener parámetros de comparación en relación a la incidencia de estos en materia de costos y tiempo.

El proyecto contempló la ejecución de trabajos para garantizar el sostenimiento de un talud rocoso con probabilidades altas de falla, así como también la prevención de la caída de rocas en la vía de acceso al túnel San Martín con la construcción del sistema de protección contra caída de rocas o Rockfall Barrier System®.

El sostenimiento del talud rocoso consistía en el tratamiento con anclajes helicoidales, malla hexagonal doble torsión y una red de cables de acuerdo a la propuesta técnica presentada por el proyectista. Es importante señalar que la propuesta diferencia entre dos sectores claramente definidos y delimitados, que se conocen como sostenimiento y deslizamiento respectivamente, tal como se presenta en la figura N° 28. Para el caso del sector sostenimiento, el tratamiento a proporcionar consiste en la colocación de malla hexagonal doble torsión, anclajes de coronación en talud y pernos en sistema tresbolillo 1.90 m x 1.90 m, siendo estos últimos de longitud variable, en función al plano de falla; por último también considera la instalación de una red de doble cable. En el sector deslizamiento, considera la misma situación, con la diferencia de que

las distancias para el tresbolillo varían de acuerdo con las necesidades de los sectores críticos identificados en los estudios preliminares.

En la última etapa del proyecto, sobre el portal del túnel norte aparecen fisuras en el macizo rocoso, generando alertas de todo tipo que eran un evidente riesgo para la continuidad de los trabajos al interior del túnel, tanto por el tema de seguridad como por el cumplimiento de plazos requeridos por la autoridad municipal competente.

Ante aquella situación, es que se presentan adendas para cubrir los alcances originales, de modo tal que se garantizara la estabilización de la zona afectada sin perjudicar los criterios de valor que el cliente propone.

Con aquella salvedad, la otra parte del proyecto consiste en la instalación del sistema de protección contra caída de rocas (barrera dinámica) que es una estructura metálica conformada por postes con la fundación de acuerdo con los requerimientos de disipación de energía, cables de transmisión de esfuerzos, disipadores en los extremos, malla tipo HEA PANEL y malla hexagonal doble torsión como parte contenedora ante la probable caída de rocas (ver figura N° 29).

El proyecto de estabilización ha sido concebido en el marco del proyecto integral denominado Túnel Santa Rosa etapa II, en virtud al deslizamiento ocurrido en las cercanías del portal túnel norte en el primer trimestre del año 2013, que implicó entre otras cosas la paralización de cualquier trabajo en las inmediaciones por un tema de seguridad y garantizar la continuidad de las operaciones y transitabilidad durante su etapa de servicio.

Este proyecto, es uno de los más emblemáticos para Lima Metropolitana, puesto que tiene como principal objetivo reducir los tiempos de viaje al unir al distrito más grande del Perú, como lo es San Juan de Lurigancho, con un distrito histórico, como lo es el Rímac, que da ingreso estratégico al centro de la ciudad. Precisamente los problemas geotécnicos se presentan en el lado del Rímac, en la ladera de corte, el material del terreno es básicamente un macizo rocoso con una resistencia a la compresión simple que oscila entre los 150 y 260 MPa, de acuerdo a lo señalado por los estudios realizados por el proyectista, la empresa española Geocontrol.

Al inicio de la fase de ejecución no se contaba con un plan de gestión de riesgos, salvo el de los programas correspondientes a riesgos ocupacionales, que son obligatorios por regulación del ministerio del trabajo, amparado en la norma G.050. Con respecto a la gestión de la calidad, no existía un plan, pero sí la estructura que propone el contratista principal Graña y Montero,

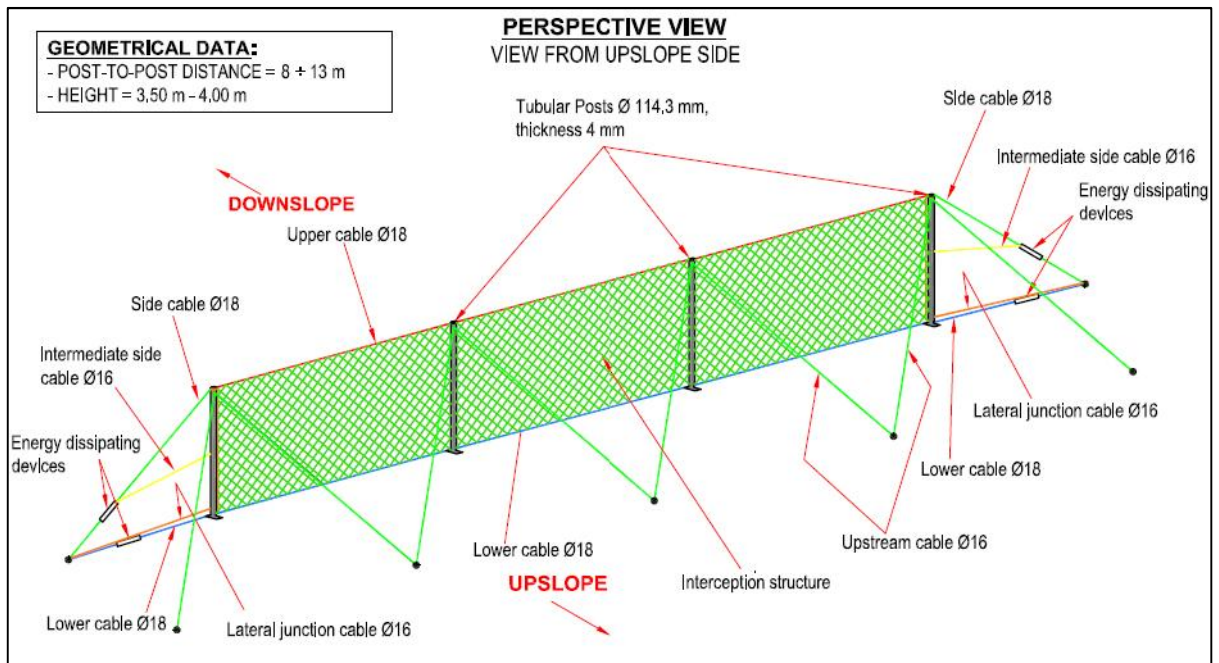
basados en su sistema integrado de gestión al que la empresa Maccaferri Construction tuvo a bien adaptarse.

Figura N° 28. Sectores de tratamiento en Ladera del Rímac



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 29. Estructuración de Barrera Dinámica



Fuente: Especificaciones Técnicas de Barreras Dinámicas contra caída de rocas (Maccaferri International Group, 2014)

Al no contar con los planes respectivos de gestión de calidad y de riesgos, y mucho menos sin hacer el uso de las herramientas y técnicas que nos brindan los modelos de dirección de proyectos, se presenta un panorama con gran incertidumbre respecto de los criterios de valor definidos por el cliente, como lo son el costo y/o economía del proyecto así como también el cumplimiento de los objetivos en el plazo determinado, a fin de no comprometer su tren de actividades, que claramente está condicionado en primer lugar, por la reputación de la empresa de gran experiencia así como también la presión mediática ejercida por parte de la autoridad municipal y el periodismo respecto de la puesta en funcionamiento de los túneles Santa Rosa y San Martín.

El proceso constructivo se inició la segunda semana del mes de octubre del 2014, contando con un plazo máximo de entrega de 7 meses (210 días calendarios), estimándose en ese sentido la finalización del proyecto de sostenimiento el 15 de mayo del 2015, contándose en obra con la presencia del residente de obra, el responsable de producción y su asistente, el responsable de seguridad, un especialista en perforaciones rotopercutivas y un especialista en barreras dinámicas. Mis funciones dentro del proyecto eran de asistencia al responsable de producción, es decir en campo para supervisión directa de actividades relacionadas con el cumplimiento de objetivos.

Ante todo lo descrito, y con la preocupación por la no implementación de planes de gestión de calidad y gestión de los riesgos, empleando para ello las herramientas y técnicas acorde con las necesidades, sobre todo al hacerse una cuestión bastante común en la ejecución de proyectos civiles (incluidos los geotécnicos) no contemplar estos dos aspectos, es que surge la propuesta de evaluar mediante comparaciones, el desarrollo del proyecto bajo las condiciones reales versus el mismo proyecto con el uso de los planes de gestión de calidad y de riesgos, a fin de determinar la incidencia en materia de costos y tiempo. Por esa razón es que a continuación se plantea cómo se debe elaborar un plan de gestión de calidad y de riesgos, basado en procesos.

3.2.5.2. Gestión de la calidad

3.2.5.2.1. Planificación de la gestión de la calidad

Para el desarrollo de este proceso dentro de la gestión de la calidad del proyecto, resultan imprescindibles contar con información del plan para la dirección del proyecto, es decir se deben disponer de la línea base de los alcances (enunciado del alcance del proyecto, estructura de desglose del trabajo o EDT y diccionario de la EDT), línea base del cronograma y línea base de costos, entre otros. En ese sentido, se proporcionan los alcances, el cronograma y los costos del

proyecto según los lineamientos del contrato desarrollado entre el Consorcio Túneles Viales y Maccaferri Construction.

A) Línea base del alcance

A.1) Enunciado del alcance del proyecto

El presente proyecto se denomina “Trabajos de estabilización en Ladera del Rímac en la Obra Recuperación y Reforzamiento de los Túneles Santa Rosa y San Martín entre los distritos del Rímac y San Juan de Lurigancho”.

El proyecto de sostenimiento de taludes y prevención de caída de bloques a la vía de acceso al túnel San Martín surge en virtud al evidente riesgo de falla del talud, dado que en el primer trimestre del año 2013 mientras se desarrollaban los trabajos de corte mediante voladura en el macizo rocoso, ocurrió un evento inesperado, el deslizamiento de un sector del talud en las proximidades al acceso del túnel norte o túnel San Martín, entre las progresivas 0+715 a la 0+750 aproximadamente. Esto motivó a la paralización temporal de los trabajos, ya que existía incertidumbre con respecto al tratamiento brindado y la probabilidad de ocurrencia de un nuevo evento similar en otro sector de la vía de acceso. Ya posteriormente se realizaron los estudios geológicos y geotécnicos, que al final determinaron una nueva intervención para tratamiento del macizo rocoso, definiendo y delimitando zonas específicas, con tratamiento específico según las necesidades establecidas por los estudios.

Básicamente se definen dos sectores: Sostenimiento y Deslizamiento, el primero comprendido entre las progresivas 0+540 a 0+710 y el segundo de 0+710 a 0+750. El sector sostenimiento a su vez se subdivide en tres zonas, denominadas Sostenimiento ST-I, Sostenimiento ST-II y Sostenimiento ST-III; del mismo modo el sector deslizamiento se subdivide en otras tres zonas de tratamiento denominados Sector 1, Sector 2 y Sector 4.

De forma general, se puede señalar que Maccaferri Construction debe proporcionar todos los elementos requeridos para realizar y entregar los resultados esperados en materia de suministro de equipos y materiales, supervisión de campo y mano de obra calificada, transporte, carga y descarga y programas de trabajo, almacenaje, manipulación y transporte de materiales y todos los trabajos que sean necesarios para la correcta ejecución de las actividades del proyecto.

Los entregables y las características principales para su aceptación están plenamente descritos en el Anexo 1 – Enunciado del alcance del proyecto.

A.2) Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)

La estructura de desglose de trabajo es parte fundamental para la descomposición del todo (proyecto) en parte más pequeñas (entregables); en el caso particular del proyecto de Estabilización en Ladera del Rímac está en función de las partidas de la propuesta económica y algunos ítems adicionales necesarios para el logro de los objetivos del proyecto, que están implícitos dentro del contrato. La EDT la encontraremos en el Anexo 2.

A.3) Diccionario de la EDT

El diccionario de la EDT forma parte del pack de documentos la línea base del alcance del proyecto, incluidos el enunciado del alcance y la EDT. Su importancia radica en que establece las descripciones, hitos, requisitos que satisface, criterios de aceptación, referencias técnicas y en caso especiales consideraciones contractuales.

Por lo tanto, este se adjunta en el Anexo 3 de la presente investigación y servirá como base para las futuras evaluaciones de incidencia de la gestión de la calidad en el desarrollo del proyecto.

B) Línea base del cronograma

La línea base del cronograma lo constituye la programación de obra inicial, en donde se indican las fechas de inicio y finalización del proyecto. Este se encuentre adjunto en el Anexo 4.

C) Línea base de costos

La línea base de costos está determinado por el presupuesto de obra. Este documento lo encontraremos adjunto en el Anexo 5.

Con la información preliminar disponible, definiremos las herramientas y técnicas, correspondientes a este proceso, y que sean aplicables al proyecto y sus características.

Herramientas y técnicas de planificación de la calidad

1. Análisis de Costo-Beneficio

Es de utilidad para determinar los costos de planes de calidad versus los beneficios esperados; a continuación se presenta el análisis de costo beneficio en relación a la calidad del proyecto.

Cuadro N° 01 – Análisis Costo Beneficio para planificación de la calidad

| COSTOS | | BENEFICIOS | |
|-------------------------------------|-------------------|--|-------------------|
| ✚ Equipos certificados | 25,814.06 | ✚ Trabajo no rehecho | 96,733.67 |
| ✚ Capacitaciones | 3,271.10 | ✚ Prevención y reducción de no conformidades | 33,995.03 |
| ✚ Calibración de equipos | 2,000.00 | ✚ Reducción de desperdicios | 19,410.95 |
| ✚ Herramientas certificadas | 1,955.28 | ✚ No corrupción del alcance | 19,175.28 |
| ✚ Materiales certificados | 19,410.95 | | |
| ✚ Supervisión de campo | 42,000.00 | | |
| ✚ Visitas técnicas de especialistas | 12,000.00 | | |
| ✚ Personal con experiencia | 19,552.78 | | |
| ✚ Pruebas y ensayos | 9,082.80 | | |
| Costos Totales | 135,086.97 | Beneficios Totales | 169,314.93 |

Fuente: Elaboración propia

La relación Beneficio/Costo es igual a 1.25, esto quiere decir que por cada nuevo sol invertido tendremos aproximadamente un beneficio de 1.25 nuevos soles, con lo que en base a este pequeño y simple análisis se tomarán en cuenta los factores señalados para ser incluidos dentro del plan de gestión de calidad, que como se verá más adelante se basan en el ciclo de Deming o de mejora continua.

2. Costo de la Calidad

De acuerdo con la estructura señalada en el acápite 2.5.2.1.9, para el presente proyecto se estima que:

Cuadro N° 02 – Costo de la calidad

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | METRADO | P.U. | Parcial |
|--|--------------------------------------|--------|---------|----------|---------------------|
| A COSTOS DE CALIDAD | | | | | 30,022.51 |
| A.1 | COSTOS DE PREVENCIÓN | | | | 24,852.51 |
| 1 | Capacitación de personal | hh | 7.00 | 467.30 | 3,271.10 |
| 2 | Pruebas en obra | glb | 1.00 | 3,500.00 | 3,500.00 |
| 3 | Área de calidad - supervisión de cam | mes | 7.00 | - | - |
| 4 | Calibración de equipos de medición | glb | 1.00 | 2,000.00 | 2,000.00 |
| 4 | Mantenimiento de equipos | glb | 1.00 | 2,581.41 | 2,581.41 |
| 5 | Visita Técnica de especialista | und | 4.00 | 3,000.00 | 12,000.00 |
| 6 | Gastos Varios | glb | 1.00 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| A.2 | COSTOS DE EVALUACIÓN | | | | 5,170.00 |
| 1 | Llave dinamométrica | und | 1.00 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| 2 | Moldes para dados de concreto | und | 3.00 | 250.00 | 750.00 |
| 3 | Wincha metálica x 5 m | und | 5.00 | 25.00 | 125.00 |
| 4 | Nivel de mano | und | 2.00 | 60.00 | 120.00 |
| 5 | Eclímetro | und | 1.00 | 750.00 | 750.00 |
| 6 | Termómetro digital | und | 1.00 | 45.00 | 45.00 |
| 7 | Equipo Topográfico | mes | 7.00 | - | - |
| 8 | Manómetros | und | 10.00 | 180.00 | 1,800.00 |
| 9 | Impresiones | glb | 1.00 | 30.00 | 30.00 |
| 10 | Ploteo de planos | glb | 1.00 | 50.00 | 50.00 |
| B COSTOS DE NO CALIDAD | | | | | 18,413.97 |
| B.1 | COSTOS POR FALLAS INTERNAS | | | | 7,082.30 |
| | Meta 0.25% del presupuesto de obra | - | - | - | 7,082.30 |
| B.2 | COSTOS POR FALLAS EXTERNAS | | | | 11,331.68 |
| | Meta 0.4% del presupuesto de obra | - | - | - | 11,331.68 |
| Total | | | | | 48,436.48 |
| Presupuesto de la obra | | | | | 2,832,919.14 |
| Porcentaje de calidad con respecto al presupuesto | | | | | 1.71% |

Fuente: Elaboración propia

Es bueno señalar que el proyecto, no contempló muchos de estos aspectos para el proceso de ejecución, es decir son costos que no están incluidos dentro del presupuesto y que como se verá al final serán determinantes en los resultados tanto en cuestión de plazos como en los costos de obra.

3. Siete Herramientas Básicas de Calidad

3.1. Diagrama causa-efecto

Para el proyecto de sostenimiento en Ladera del Rímac en esta fase se hace indispensable el uso del diagrama causa-efecto. Este se encuentra adjunto en el anexo 6.4.1.

3.2 Diagrama de flujo

Del mismo modo, también se establece el diagrama de flujo. Este se encuentra adjunto en el anexo 6.4.2.

3.3. Hoja de verificación

Las hojas de verificación las encontraremos adjuntas en el anexo 6.4.3

3.4. Diagrama de Pareto

No se dispone información histórica, por lo tanto no se considera su aplicación para el presente trabajo.

3.5. Histograma

No se considera su uso en el presente proceso por la no existencia de información

3.6. Diagramas de Control

No se considera su uso en el presente proceso por la no existencia de información.

3.7. Diagramas de dispersión

No se considera su uso en el presente proceso por la no existencia de información

Es preciso señalar que la limitación en cuanto al uso de la totalidad de las siete herramientas de calidad es debido fundamentalmente a que no existen registros dentro de la empresa referente a problemas generados en referencia a la calidad en obras anteriores.

4. Muestreo Estadístico

El muestreo estadístico es la herramienta mediante la cual estableceremos el número de muestras para los ensayos y pruebas a lo largo de la fase de construcción.

Es importante señalar que este número, es conforme con lo establecido con las especificaciones del proyecto, que a su vez se basan en la normativa nacional e internacional vigente.

5. Reuniones

Las reuniones de coordinación resultan importantes al momento de consolidar la información procesada para ser sintetizada en un documento final, en este caso es el plan de gestión de Calidad el cual se encuentra adjunto en el anexo 6.1.

Además señalar que esta herramienta emplea otras técnicas como la del brainstorming que es de muchísima utilidad para la consolidación de información relevante para el proyecto.

Finalmente con la conclusión de este acápite, al hacer el uso de la herramientas y técnicas para la planificación de la calidad, y tomando en cuenta la documentación requerida por la norma internacional ISO, obtenemos como resultado el plan de gestión de calidad (Anexo 6.1), las métricas de calidad (Anexo 6.5) y las listas de verificación de calidad (Anexos 6.3.1 a 6.3.12).

3.2.5.2.2. Aseguramiento de la calidad

Disponiendo de la información de entrada proveniente de la fase anterior, iniciamos el proceso de aseguramiento de calidad y procedemos a la aplicación y uso de sus herramientas y técnicas.

Herramientas y técnicas de aseguramiento de la calidad

1. Herramientas de Gestión y Control de Calidad

1.1. Diagrama de Afinidad

Se realizó de manera conjunta con los miembros del equipo de trabajo del proyecto. El consolidado lo encontraremos adjunto en el Anexo 6.6.

1.2. Gráficas de programación de decisiones de proceso

Esta información la encontraremos adjunta en el Anexo 6.7.

1.3. Dígrafos de interrelaciones

El presente gráfico se encontrará adjunto en el Anexo 6.8.

1.4. Diagramas de árbol

Se encuentra adjunto en el Anexo 6.9.

1.5. Matrices de priorización

Se encuentra adjunto en el Anexo 6.10.

1.6. Diagramas matriciales

Se encuentra adjunto en el Anexo 6.11.

2. Auditorías de Calidad

Está considerada dentro del plan de gestión de calidad (Anexo 6.1) y es de gran ayuda para el análisis de procesos, enmarcados en la mejora continua.

3. Análisis de procesos

Esta herramienta está incluida como parte de la mejora continua dentro del plan de gestión de calidad (Anexo 6.1).

Finalmente, con el Aseguramiento de la Calidad obtendremos dos documentos importantes para las solicitudes de cambio, la Instrucción de Campo o IC en el Anexo 6.12 y el Request For Information o RFI (Solicitud de Información, en español) en el Anexo 6.13.

3.2.5.2.3. Control de la calidad

Disponiendo de la información de entrada proveniente de las fases anteriores, iniciamos el proceso de aseguramiento de calidad y procedemos a la aplicación y uso de sus herramientas y técnicas.

Herramientas y técnicas de control de la calidad

1. Siete Herramientas Básicas de Calidad

1.1. Diagrama causa-efecto

En este proceso, el diagrama causa efecto nos facilita la detección de errores durante el proceso constructivo y en la gestión documentaria. Este archivo se encuentra adjunto en el Anexo 6.4.1.

1.2 Diagrama de flujo

Se ha establecido en el proceso de planificación de la Gestión de la Calidad, véase el Anexo 6.4.2.

1.3. Hojas de verificación

Se han establecido en los Anexos 6.3.1 a 6.3.12.

1.4. Diagrama de Pareto

Por la naturaleza del proyecto, no se considera su uso durante este proceso.

1.5. Histograma

Por la naturaleza del proyecto, no se considera su uso durante este proceso.

1.6. Diagramas de Control

Por la naturaleza del proyecto, no se considera su uso durante este proceso.

1.7. Diagramas de dispersión

Por la naturaleza del presente estudio, no se considera su aplicación durante este proceso.

2. Muestreo Estadístico

Se han seleccionado las muestras para su inspección conforme a lo estipulado en las especificaciones del proyecto.

3. Inspección

Las inspecciones se realizaron de manera permanente para los trabajos de inyección de anclajes con lechada de cemento y de manera aleatoria y de acuerdo a la muestra seleccionada para las

actividades restantes, a fin de efectuar un adecuado proceso de control de calidad que propenda a reducir las fallas internas y externas con la alteración en los costos y en los plazos a que esto conlleva.

Las inspecciones se han registrado en los protocolos (entiéndase listas de verificación) a fin de evitar la omisión de pasos.

Dentro de las inspecciones, también están incluidos los punch list, que se efectúa al proyecto en general y donde quedan registradas las observaciones finales previa a la entrega y aceptación definitiva de los trabajos.

4. Revisión de solicitudes de cambio aprobadas

En el proyecto no han existido solicitudes de cambio, por lo que esta herramienta no se tomará en cuenta, pero que sí reviste importancia dado que ayuda a verificar que los cambios solicitados se han implementado conforme a las indicaciones.

Finalmente, con la conclusión de estos tres procesos (Planificación, Aseguramiento y Control) se deben obtener los entregables verificados y cerrados en un acta de entrega de obra, información del desempeño de trabajo y de ser necesario según la experiencia evaluar la aplicabilidad de algunos cambios en los estándares como parte del proceso de mejora continua o ciclo PDCA.

3.2.5.3. Gestión de los riesgos

3.2.5.3.1. Planificación de la gestión de riesgos

Tal como se especifica en el marco teórico, éste es un proceso para definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.

Al igual que para la gestión de la calidad, hay que reunir información mínima para más adelante poder establecer el plan de gestión de riesgos. En ese sentido se incluyen como parte del desarrollo de esta investigación el acta de constitución del proyecto (Anexo 7.1), el registro de interesados en el Anexo 7.2, y la OBS (Organizational Breakdown Structure) en el Anexo 7.3.

Herramientas y técnicas de planificación de riesgos

1. Técnicas Analíticas

Nos permite establecer el apetito y tolerancia al riesgo de los interesados del proyecto. Todo esto lo encontraremos como parte del contenido del plan de gestión de riesgos

2. Juicio de Expertos

En el caso de la presente investigación se toma en cuenta las opiniones de los ingenieros y especialistas de mayor experiencia de la empresa.

3. Reuniones

Fueron de utilidad para la conciliación de opiniones en el ámbito de la aplicación de la técnica del juicio de expertos.

A la conclusión del presente ítem, obtendremos el plan de gestión de riesgos y se encuentra adjunto en el Anexo 7.4. Su importancia radica en que nos permite asignar los recursos, definir tiempos y mejorar el proceso para la toma de decisiones frente a la ocurrencia de alguna eventualidad, además de que esta es la mejor manera en la que podemos asegurar que los gerentes de proyecto respondan a los riesgos eficaz y eficientemente sin esperar a que las cosas pasen y luego tomar acciones, que lo que fomentan a es la reacción y no la proacción.

3.2.5.3.2. Identificación y registro de riesgos

Este proceso nos permite determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto y a la vez documentar sus características.

Con la información básica disponible se procede a la identificación y registro de riesgos tomando como referencia a las herramientas y técnicas, que mejor se adecúen a la realidad de nuestros proyectos, presentadas en el desarrollo de esta tesis.

Herramientas y técnicas de identificación y registro de riesgos

1. Revisiones a la documentación

Esta es una herramienta de gran utilidad, porque tomando como base a las categorías de riesgos podemos recurrir a toda la documentación del proyecto para identificar y clasificar los riesgos existentes, lo que a su vez ofrece un mejor panorama para la gestión del proyecto.

2. Tormenta de ideas

Toma parte en las reuniones y permite a todos los miembros del equipo del proyecto verter sus opiniones que fomentan la participación y un mayor grado de involucramiento, lo encontraremos adjunto en el Anexo 7.6.

3. Reuniones

Las reuniones están programadas para efectuarse una vez por semana, donde se tocarán diversos puntos, entre los que se considera la gestión del riesgo en el proyecto durante cada periodo específico.

4. Análisis FODA

Es la herramienta de mayor utilidad y que encontraremos adjunto en el Anexo 7.5.

5. Juicio de Expertos

La opinión de los especialistas y de personal de experiencia de la empresa juega un papel preponderante en la identificación de riesgos.

Finalmente con la aplicación de estas herramientas, obtenemos como resultado la lista de riesgos por entregable, según lo desarrollado en la técnica de tormenta de ideas (Anexo 7.6), que será de mucha utilidad y que debe ser actualizada permanentemente y según los requerimientos propios de las labores de ejecución.

3.2.5.3.3. Análisis de riesgos

3.2.5.3.3.1. Análisis cualitativo

De manera simplificada, esta actividad permite priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos.

Herramientas y técnicas para el análisis cualitativo

1. Evaluación de probabilidad e impactos

Se encuentra incluida dentro del plan de gestión de riesgos en el Anexo 7.4.

2. Matriz de probabilidad e impacto

Se encuentra incluida dentro del plan de gestión de riesgos en el Anexo 7.4.

3. Categorización de riesgos

Se encuentra incluido en el plan de gestión de riesgos en el Anexo 7.4.

4. Evaluación de urgencia de riesgo

De acuerdo con la matriz de probabilidad e impacto, podemos establecer lo siguiente:

a) **Riesgos tolerables.**- Se ubican entre 0.005 y 0.040 del umbral de riesgo, su atención se hace a largo plazo y no implica afectación a los costos, plazos, alcances y calidad del proyecto.

b) Riesgos que deben ser mitigados.- Se ubican entre 0.060 y 0.140 del umbral de riesgo, deben atenderse y se deben establecer estrategias para mitigar sus impactos, porque no se pueden evitar.

c) Riesgos que deben ser evitados.- Se ubican entre 0.180 y 0.720 del umbral de riesgo y deben tener una respuesta inmediata, y ser evitados ya que tienen alto potencial de comprometer los costos, los plazos, los alcances y la calidad del proyecto.

Finalmente la mejor forma de realizar este análisis es con la actualización permanente del registro de riesgos, para el proyecto se toman en consideración el lookahead, análisis de restricciones y evaluación de porcentaje de plan completado porque combinan la identificación de riesgos en el plazo, dado que se basan en la Estructura de Desglose de Trabajo.

3.2.5.3.3.2. Análisis cuantitativo

Este proceso no se realiza siempre, pero de ser el caso permite analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados y registrados sobre los objetivos generales y/o entregables del proyecto.

Como la presente investigación se trata de la evaluación de la incidencia en materia de costos y tiempo en el proyecto, consideraremos estos dos factores para la realización del análisis cuantitativo.

Herramientas y técnicas para el análisis cuantitativo

1. Modelado y simulación (Método de Monte Carlo)

La simulación de Monte Carlo viene regida por los estándares del American Society for Testing and Materials (ASTM), por lo que antes de iniciar con el procedimiento de análisis cuantitativo es preciso conocer los parámetros y consideraciones que la ASTM ha evaluado para su correcta aplicación en la gestión de riesgos de los proyectos de construcción.

Bajo esa premisa, se proceder a la realización del análisis cuantitativo para el proyecto, sobre todo para los dos aspectos de mayor sensibilidad como lo son los costos y tiempo.

Para esto es importante identificar los costos de elementos críticos, así como también las actividades enmarcadas dentro de la ruta crítica que son las que determinan el tiempo de ejecución del proyecto.

Posteriormente se deben eliminar interdependencias entre los elementos críticos, dado que es mejor trabajar todo bajo una misma función.

Elegimos la función de densidad probabilística, que por la información disponible será la de distribución triangular.

Creamos un modelo y ejecutamos la simulación de Monte Carlo

Esta simulación se ha efectuado con el apoyo del programa @RISK® y del cual se obtendrán los resultados correspondientes según se puede ver en el Anexo 7.7.

3.2.5.3.4. Planificación de respuestas a los riesgos

Superadas las etapas anteriores, corresponde desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades (riesgos positivos) y reducir las amenazas (riesgos negativos) a los objetivos y/o entregables del proyecto.

El cumplimiento de los demás procesos nos lleva a este punto, en el que con la priorización de los riesgos es preciso conocer las acciones a tomar con respecto a ellas ante una eventual ocurrencia, de manera tal que no se comprometan los objetivos del proyecto.

Herramientas y técnicas para planificación de respuestas a los riesgos

1. Estrategias para riesgos negativos o amenazas

Tomando en consideración lo establecido en el proceso de análisis cualitativo de riesgos, específicamente la matriz de probabilidad e impacto, optaremos por los siguientes criterios:

Si $0.180 \leq R < 0.720$, el riesgo se debe EVITAR.

Si $0.060 \leq R < 0.140$, el riesgo se debe TRANSFERIR Y/O MITIGAR.

Si $0.005 \leq R < 0.050$, el riesgo puede ACEPTAR.

2. Estrategias para riesgos positivos u oportunidades

Si $0.180 \leq R < 0.720$, el riesgo se debe EXPLOTAR.

Si $0.060 \leq R < 0.140$, el riesgo se debe tomar para MEJORAR Y COMPARTIR.

Si $0.005 \leq R < 0.050$, el riesgo se debe ACEPTAR.

3. Estrategias de respuestas a contingencias

Para el presente trabajo de investigación no se considera la implementación de planes de contingencia como tales, sin embargo se incluirá un plan de respuesta a riesgos y se encuentra adjunto en el Anexo 7.8.

3.2.5.3.5. Seguimiento y control de riesgos

Como indica el nombre este proceso da seguimiento a los riesgos identificados, monitorear riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de riesgos a través del proyecto.

El seguimiento en el proyecto se basará fundamentalmente en el registro de interferencias y el porcentaje de plan completado tomando como base al cronograma y a la programación cuatro semanas o lookahead, cuya actualización debe ser de manera semanal y los datos deben ingresarse diariamente, de manera tal que se disponga de información para el manejo de la incertidumbre en el marco de la gestión del riesgo en el proyecto.

Herramientas y técnicas para el seguimiento y control de riesgos

1. Revaluación de riesgos

Con la aplicación del lookahead y la evaluación del porcentaje del plan completado, se identificarán todas las causales de incumplimiento y restricciones que ponen en evidente riesgo los costos y el tiempo del proyecto.

2. Auditorías de los riesgos

Se evaluará el plan de respuestas a los riesgos, en lo referente a su eficacia y de manera general al plan de gestión de riesgos.

Con esta herramienta se logrará identificar nuevos riesgos no previstos originalmente y fomentarán el ciclo de mejora continua en el proyecto y la empresa.

3. Análisis de variación y de tendencias

El lookahead será la herramienta que nos permitirá realizar esta actividad y es de mucha utilidad para la toma de decisiones debido a que proporciona el panorama del proyecto para las siguientes cuatro semanas para que en la medida de lo posible anticiparse a eventuales situaciones que acarreen secuelas en materia de los costos y el tiempo del proyecto.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación y están en función a los anexos que se indican.

Antes que nada es preciso descomponer el proyecto en partes más pequeñas, en razón a la cual se tiene que:

- a) De acuerdo a los lineamientos del PMI, se define el enunciado del proyecto en el Anexo 1.
- b) El proyecto se ha desdoblado, para su mejor entendimiento y desarrollo en 3 entregables, de acuerdo a lo presentado en la EDT, Anexo 2.
- c) Para una mejor conceptualización del EDT se genera el diccionario respectivo, conforme a las instrucciones del PMI y se encuentra adjunto en el Anexo 3.

4.1. Gestión de la calidad

- a) Los lineamientos para la gestión de la calidad se encuentra adjuntos en el Plan de Gestión de la Calidad, Anexo 6.1. (tomando como base a las herramientas básicas de gestión de la calidad, Anexo 6.4.)
- b) Los planos del proyecto se encuentran adjuntos en el Anexo 6.2.
- c) Los registros de control (protocolos) se encuentran adjuntos en el Anexo 6.3.
- d) Las métricas de calidad se encuentran adjuntos en el Anexo 6.5.
- e) Los formatos de solicitud de instrucción de campo y solicitud de información, se encuentran adjuntos en los Anexos 6.12 y 6.13 respectivamente.

4.2. Gestión de los riesgos

- a) En el Acta de constitución del proyecto (Anexo 7.1) se exponen los riesgos principales del proyecto y los objetivos para generar valor y serán contrastados con los costos y tiempo del proyecto.
- b) Se definen los interesados del proyecto (Anexo 7.2).
- c) El organigrama se encuentra adjunto en el Anexo 7.3.

d) Los lineamientos para la gestión de riesgos se encuentran adjuntos en el Anexo 7.4, basados en los riesgos identificados con análisis FODA y tormenta de ideas (Anexo 7.5 y 7.6).

e) Mediante la importante herramienta de la simulación de Monte Carlo, haciendo uso del programa @RISK®, basados en análisis probabilísticos se determinan el tiempo y costo estimados en la fase de ejecución del proyecto. Esta información se encuentra adjunto en el Anexo 7.7.

f) Finalmente se expone el plan de respuesta a los riesgos identificados, este se encuentra adjunto en el Anexo 7.8

4.3. Costos del proyecto

A la conclusión del proyecto de estabilización en Ladera del Rímac, se obtienen los siguientes resultados en materia de costos:

a) En el Anexo 8.1 el costo de la adenda 01, relacionado a trabajos de desate de rocas no previstos en la fase de planificación y que indudablemente impactan negativamente en la economía del proyecto.

b) En el Anexo 8.2 el costo de la adenda 02, referida a trabajos no previstos en el portal del túnel norte (San Martín) y otras actividades que no estaban consideradas en los alcances contractuales. Estos sin lugar a dudas afectarán la economía del proyecto.

c) En el Anexo 8.3 el presupuesto cliente, con las partidas contractuales y los metrados ejecutados en la fase de construcción.

d) En el Anexo 8.4 están consignados todos los costos relacionados a la calidad en el proyecto, de acuerdo con la estructura presentada en el marco teórico.

e) Y en el Anexo 8.5 se encuentran todos los costos generados por efectos de los riesgos no controlados, no evitados ni controlados en el proyecto.

4.4. Tiempo del proyecto

En el Anexo 9.1 se muestra el cronograma de obra ejecutado, con la duración total del proyecto.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de resultados

El análisis de los resultados obtenidos los haremos tomando como base los dos criterios de valor para el cliente y en el que más han incidido el uso de las herramientas y técnicas para la gestión de la calidad y de los riesgos.

a) Costos del proyecto

En relación a los costos del proyecto, tenemos que:

a.1) De acuerdo con lo señalado en el Anexo 5 – Línea base de costos, el presupuesto inicial del proyecto ascendía a S/. 2, 832, 929.30. A la finalización del mismo, este terminó costando un total de S/. 3, 238, 776.07, es decir un 14.32 % más de lo previsto. Desde luego estos costos son generales y no contemplan las componentes que se darán detalle líneas abajo.

a.2) En el cuadro que se muestra a continuación:

Cuadro N°03. Cuadro comparativo entre valores de costo base, simulados y reales del proyecto

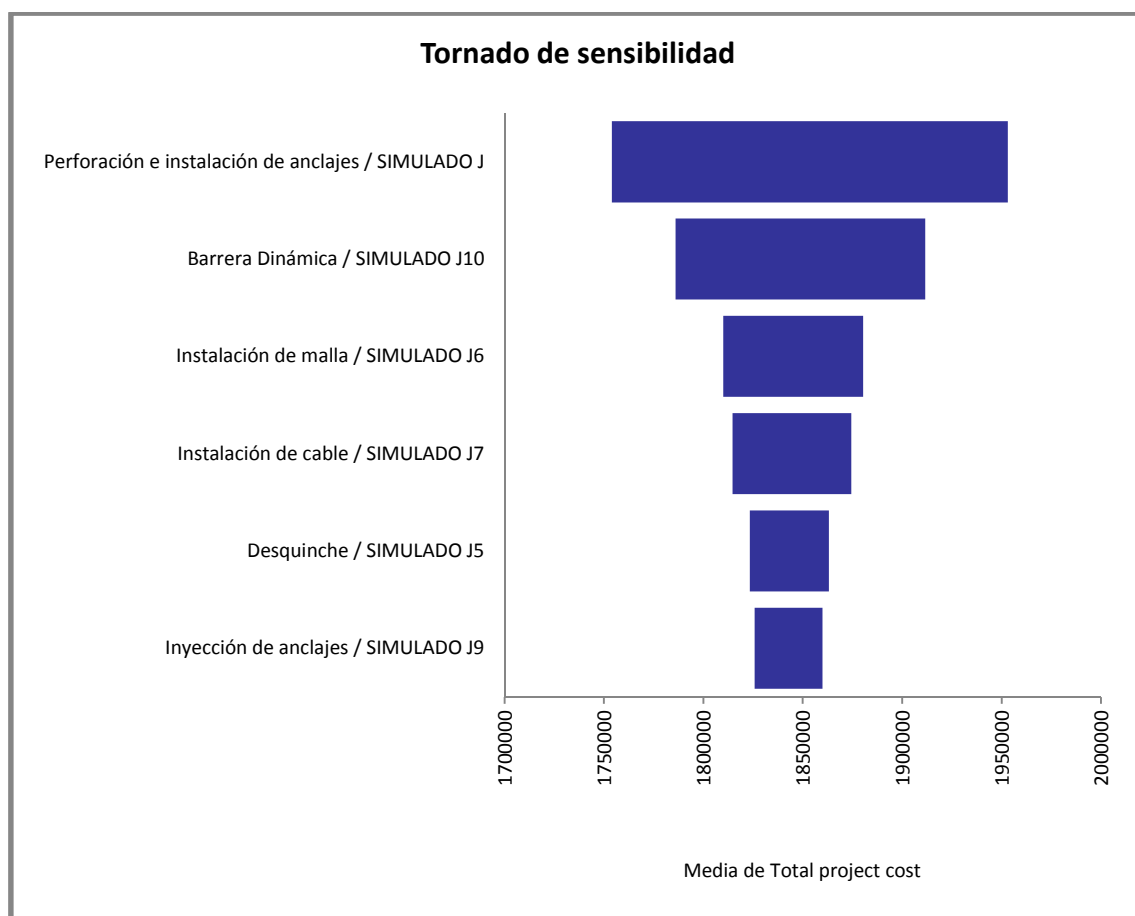
| ACTIVIDAD | COSTO BASE | SIMULADO | REAL |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Desquinche | 131,876.98 | 138,470.83 | 83,494.35 |
| Instalación de malla | 233,395.93 | 245,065.73 | 223,335.18 |
| Instalación de cable | 198,348.19 | 208,265.60 | 249,674.66 |
| Perforación e instalación de anclajes | 660,329.50 | 693,345.98 | 686,433.16 |
| Inyección de anclajes | 112,941.90 | 118,589.00 | 38,953.80 |
| Barrera Dinámica | 416,094.73 | 436,899.47 | 479,773.80 |
| Total | 1,752,987.23 | 1,840,636.59 | 1,761,664.96 |

Fuente: Elaboración propia

Tenemos los valores que se han introducido para el uso de la herramienta de simulación de Monte Carlo, mediante el programa @RISK® y de los cuales apreciamos que, descontando las adendas 01 y 02, además de los costos de movilización, trazo y replanteo y el ítem otros del presupuesto, la variación final en realidad fue del orden del 0.49%.

a.3) De la figura que se presenta a continuación:

Figura N° 30. Tornado de sensibilidad en relación a los costos de mayor incidencia en el proyecto.



Fuente: Elaboración propia

Fácilmente podemos arribar a la conclusión de que la actividad de mayor incidencia en los costos del proyecto es la de perforación e instalación de anclajes, y a su vez es la que presenta altas probabilidades de sufrir variaciones significativas, que en efecto es lo que ha ocurrido en el proyecto.

Dicho de otro modo, con el incremento de los costos de perforación e instalación de anclajes los costos del proyecto podrían sufrir incrementos de hasta el 25%.

a.4) Del cuadro que se muestra a continuación:

Cuadro N°04 - Cuadro comparativo entre costos asumidos por el cliente y costos asumidos por el contratista

| Descripción | Costo Directo | Gastos Generales | Utilidades | Total | Asumido por Cliente | Asumido por Contrata |
|---------------------|---------------|------------------|------------|--------------|---------------------|----------------------|
| Presupuesto base | 1,917,527.86 | 666,122.82 | 249,278.62 | 2,832,929.30 | 3,238,776.67 | |
| Presupuesto Cliente | 1,941,160.00 | 666,122.36 | 252,350.80 | 2,859,633.16 | | |
| Adenda 01 | 57,507.85 | - | 7,476.02 | 64,983.87 | | |
| Adenda 02 | 193,804.70 | 95,160.34 | 25,194.61 | 314,159.65 | | |
| Costos Calidad | 60,841.92 | - | - | 60,841.92 | | 159,778.58 |
| Costos Riesgos | 98,936.66 | - | - | 98,936.66 | | |

Fuente: Elaboración propia

Observamos que el costo asumido por el cliente, asciende a S/. 3, 238,776.67, es decir que es el precio que estuvo dispuesto a pagar por las actividades que han contribuidos con el logro de sus objetivos propuestos con el desarrollo del proyecto.

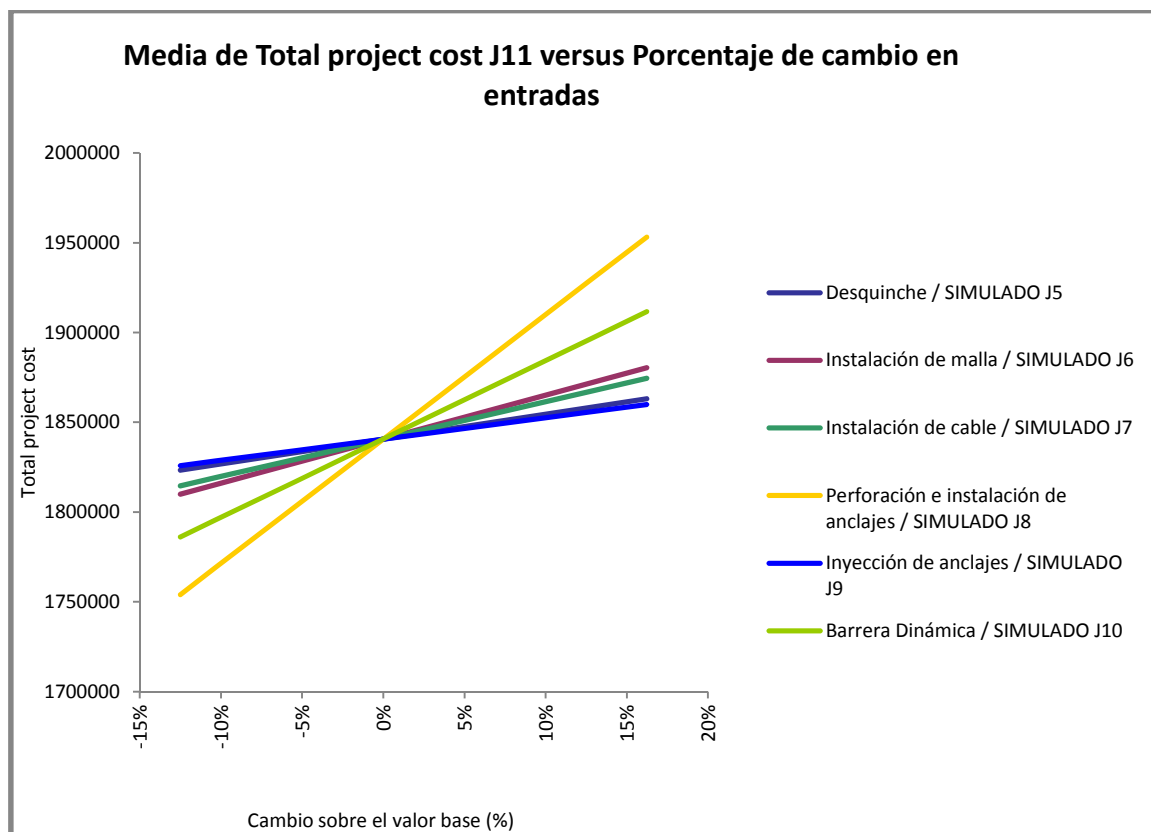
Pero también observamos un dato no menor y a la vez alarmante, estamos hablando del monto ascendente a S/. 159,778.58 que vienen a ser los costos generados en el proyecto productos de dos factores preponderantes: la deficiente gestión de la calidad y la no aplicabilidad de las herramientas y técnicas de gestión de riesgos que desde luego han sido asumidos por el contratista, en perjuicio de sus utilidades y consecuentemente en la economía del proyecto.

Si observamos el detalle de estos costos, rápidamente nos damos cuenta que el 40.60% están directamente relacionados con las actividades de perforación. Es decir, se confirma la tendencia

mostrada por el análisis de riesgos, que esta es la actividad que más incide dentro de los costos del proyecto. Por lo tanto, de haberse siquiera considerado su utilidad dentro del desarrollo, probablemente estaríamos hablando de otros resultados, y no estar cerca de cerrar las estadísticas en negativo respecto de la rentabilidad de la realización de los trabajos de estabilización.

a.5) Finalmente, observemos el gráfico siguiente:

Figura N° 31. Gráfico de porcentaje de cambio en sensibilidad avanzado



Fuente: *Elaboración propia*

Para recalcar que la tendencia al cambio para la componente PERFORACIÓN E INSTALACIÓN DE ANCLAJES es del orden 25%, y que indudablemente según se puede apreciar, marca la pauta en cuanto a la variabilidad de los costos dentro del proyecto.

Nótese que la intersección de las líneas de sensibilidad, es el punto de concordia el cual nos indica que si las demás variables no sufren alteraciones sustanciales, de allí se obtendrá el costo más probable del proyecto, el cual evidentemente terminará resultando mayor al previsto en la línea de base de costos.

Si ese hubiese sido el caso, la empresa habría podido proyectar un fondo de contingencia igual a S/. 87,649.36, el cual indudablemente tendría beneficios positivos, generando la optimización de los recursos empleados en aproximadamente el 55%.

b) Tiempo del proyecto

Respecto de la duración del proyecto, tenemos que:

b.1) Inicialmente se tenían proyectados 210 días calendarios o su equivalente de 7 meses, contados a partir del 15 de octubre del 2014 con la firma del acta de entrega de terreno. Cabe aclarar que esta fue de manera parcial, para el sector denominado sostenimiento ya que en la parte del deslizamiento no se tenía la certeza ni se garantizaban la seguridad de las operaciones ya que la zona estaba colmada de grietas y fisuras en toda su extensión, sumándose la presencia de bloques de rocas sueltas que eran necesarias retirar.

Este aspecto reviste importancia dado que influyó en la modificación del plan original, por lo que al final se decide iniciar con la parte del sostenimiento.

b.2) A la finalización del proyecto, con fecha 30 de junio del 2015 tenemos un acumulado de 255 días calendarios o su equivalente de 8 meses y medio lo cual representa el 21,42% más de lo estimado en un principio y que sin lugar a dudas implica la postergación del inicio de nuevas actividades para el cliente en su frente de trabajo del túnel norte. Si se hubiera tomado en cuenta la gestión de riesgos, aprovechando la simulación de Monte Carlo, este margen se habría reducido en un 7.07% y se habría destinado un fondo de contingencia para contrarrestar los impactos negativos en este importantísimo criterio que agrega valor a los proyectos, no sólo geotécnicos sino a los civiles en general.

b.3) Otro aspecto importante a tomar en cuenta en este análisis es que durante el proyecto se generaron dos adicionales. El primero de ellos, sobre las actividades de desate de rocas no incide bajo ningún concepto en el normal desempeño del proyecto ni mucho menos comprometen el cumplimiento de plazos.

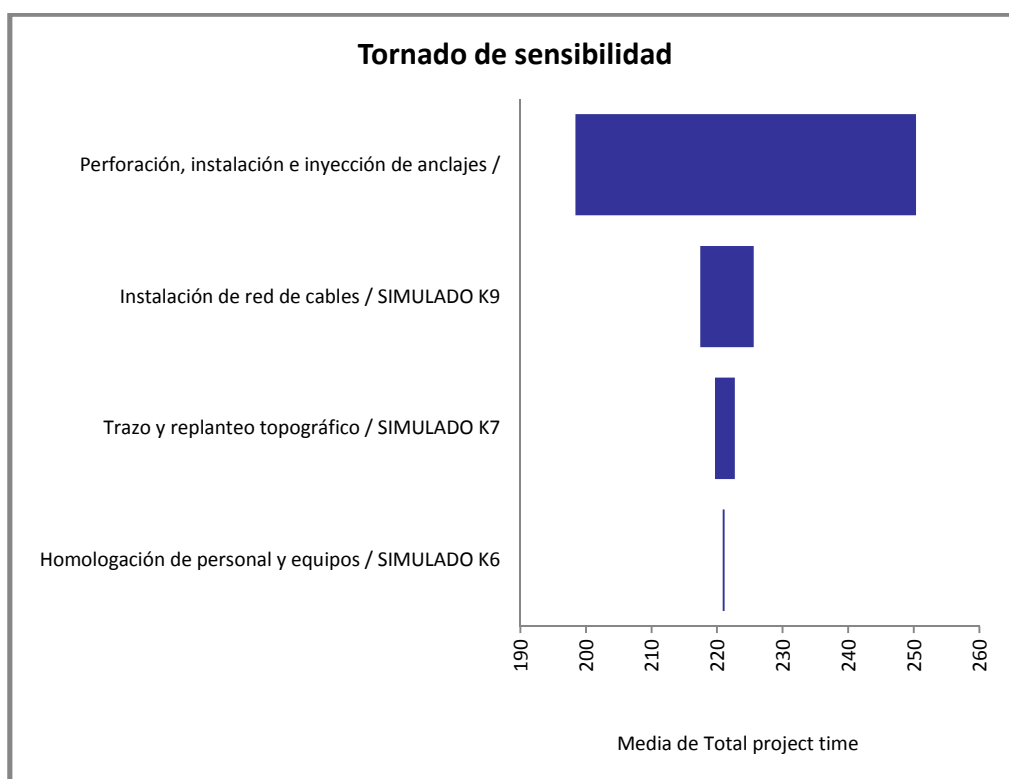
Pero el segundo de ellos, sí que influyó significativamente, porque en primer lugar implicó la realización de actividades ajenas al contrato principal y en segundo lugar generó la apertura de un nuevo frente de trabajo para la perforación e instalación de anclajes sobre el portal del túnel norte (San Martín) el cual se realizó en 30 días calendarios.

Tomando en cuenta esto, en realidad tendríamos que el tiempo efectivo empleado para la realización del proyecto fue de 225 días, que en contraste con los 223 días estimados empleando la simulación de Monte Carlo (Anexo 7.7) se tendría un margen de error igual al 0.89%. Considerando que el nivel de confianza es del 95%, tendríamos una alta confiabilidad respecto del uso de esta herramienta para la estimación de tiempos del proyecto.

b.4) No olvidemos que el tiempo requerido por el cliente fue de 210 días, por lo que frente a este panorama de haberse tomado en consideración lo obtenido en la simulación de Monte Carlo, se hubieran podido prever las actividades necesarias para evitar el retraso o en el peor de los casos destinar un fondo de contingencia para la mitigación de los impactos negativos durante el desarrollo del proyecto.

b.5) En el siguiente gráfico de tornado, tenemos que:

Figura N°32. Tornado de sensibilidad en relación a los tiempos de mayor incidencia en el proyecto.



Fuente: Elaboración propia

Según lo mostrado, es fácil notar que la actividad que más impacta sobre los tiempos del proyecto es la de perforación, instalación e inyección de anclajes, y a su vez es la que presenta mayores probabilidades de sufrir variaciones significativas, que finalmente fue lo que determinó la variación en los tiempos de ejecución requeridos por el cliente.

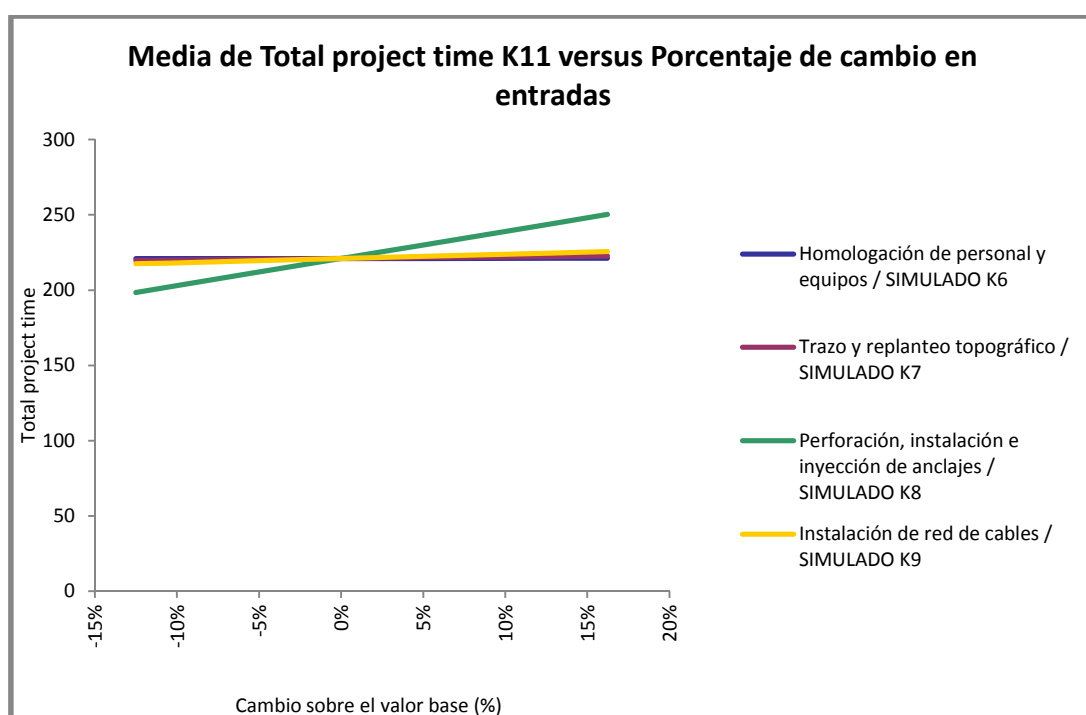
Notaremos además, que otras actividades que comprometen significativamente a los tiempos son las de instalación de red cables y el trazo y replanteo topográfico; esto desde luego tiene sentido partiendo del hecho de que sin el replanteo aprobado por la línea de supervisión no se pueden dar comienzo a los trabajos de perforación y si no se completan los trabajos de perforación,

instalación e inyección de anclajes es altamente improbable que se pueda completar la instalación de red de cables.

Ahora otro punto a considerar para comprender el gráfico, es que mientras mayor altura existen para las perforaciones, aumentan los riesgos negativos (amenazas), la probabilidad de ocurrencia de incidentes operacionales y consecuentemente los rendimientos se ven reducidos, lo cual una vez más comprometerán a los tiempos del proyecto.

b.6) Finalmente, observemos el gráfico siguiente:

Figura N° 33. Gráfico de porcentaje de cambio en sensibilidad avanzado



Fuente: *Elaboración propia*

Para recalcar que la tendencia al cambio para la componente PERFORACIÓN E INSTALACIÓN DE ANCLAJES es del orden 25%, y que indudablemente según se puede apreciar, marca la pauta en cuanto a la variabilidad de los tiempos dentro del proyecto.

Nótese que la intersección de las líneas de sensibilidad, es el punto de concordia el cual nos indica que si las demás variables no sufren alteraciones sustanciales, de allí se obtendrá el tiempo más probable del proyecto, el cual evidentemente terminará resultando mayor al previsto en la línea de base del cronograma.

Como ya se ha explicado en la primera parte del análisis de resultados, en cuanto a la variable tiempo, queda claro que si se tomaba la decisión considerar los resultados evidenciados por la simulación de Monte Carlo, la empresa hubiese tenido la posibilidad de fomentar el desarrollo de

actividades y las acciones pertinentes para evitar el incumplimiento de los plazos, de manera tal que económicamente la actividad hubiera resultado mucho más rentable de lo que resultó al final. Indudablemente tendría beneficios positivos, generando la optimización del tiempo empleado en aproximadamente el 10%, lo que hubiera sido excelente en el marco del desarrollo de un proyecto exitoso, además de destinar un fondo para las contingencias a fin de mitigar los impactos negativos.

5.2. Discusión de resultados

De los resultados obtenidos, realizaremos algunos comentarios sobre estos, esta vez considerando todos los aspectos vinculados a la investigación, es decir a las herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos aplicados así como también a sus efectos directos e indirectos respecto a las variables costo y tiempo como parte de los criterios que agregan valor y son fundamentales para la realización proyectos que se pueden considerar exitosos.

a) Sobre la gestión de la calidad, herramientas y técnicas

Al respecto, de lo desarrollado en la presente investigación podemos afirmar que:

a.1) Al definir los alcances del proyecto y plasmarlos clara y detalladamente en un documento como lo es el enunciado del proyecto (Anexo 1), que al ser desarrollado por el equipo de trabajo fomenta la participación activa y se consolida el grado de involucramiento con el desarrollo de todas actividades. Esto es beneficioso en el sentido de que se pueden evitar situaciones como la de corrupción de alcances, con las consecuentes afectaciones a la economía del proyecto; se fomenta el conocimiento de la parte técnica para el desarrollo de las operaciones, lo que indudablemente contribuye con mejorar los mecanismos para el control de la calidad, a la par de minimizar los desperdicios.

a.2) La EDT es fundamental para cualesquiera fuera el tipo y la magnitud del proyecto, este debe ir siempre acompañado de su respectivo diccionario que nos ayude a su mejor comprensión. A la luz de los resultados, podemos señalar que la creación de una EDT ha facilitado enormemente la aplicación de herramientas y técnicas para la gestión del proyecto en general. Esto porque permite su descomposición en partes más pequeñas y más manejables, reduciendo de manera notable la omisión de aspectos que vistos de manera panorámica pueden ser dejados de lado sin considerar los impactos que podrían tener en el desenvolvimiento y performance del proyecto. Y esto en forma práctica se puede asociar con el principio aritmético que nos indica que el todo es la suma de las partes, y esa es precisamente la finalidad de la creación de una EDT.

a.3) Cuando se inició con el desarrollo de este trabajo, uno de los objetivos era enmarcar la gestión de la calidad dentro de un plan. Tomando como base a las directrices para la elaboración de planes de calidad, se ha desarrollado uno acorde a las necesidades en el que se señalan los requerimientos fundamentales para la aceptación de trabajos. La real importancia de estos planes es que permiten generar el compromiso de la organización, asignar responsabilidades en el equipo de trabajo, definir la gestión de los recursos además de fomentar el ciclo de la mejora continua, esta última fundamental sobre todo si se trata de alcanzar altos niveles de madurez con los beneficios que estos acarrearán, tanto en la parte económica como en la imagen que la empresa proyecta en el mercado.

a.4) Todas y cada una de las herramientas y técnicas para la gestión de la calidad empleadas en el presente trabajo lo que han permitido es una mejor comprensión de la importancia de la calidad para los proyectos, porque a través de ellas podemos visualizar las fortalezas, los potenciales a explotar así como también las deficiencias, y principales problemas con los que se deben lidiar y que deben ser evitados a fin de reducir a cero las no conformidades, todo esto dentro del marco de la gestión estratégica de proyectos exitosos propuestos por el PMI, los modelos de madurez y el ya tantas veces mencionado ciclo de Deming o mejor conocido como mejora continua.

a.5) Los procedimientos de trabajo forman parte del manejo de un Sistema Integrado de Gestión (SIG), según lo señalado por la norma ISO 900. Su finalidad es proporcionar luces sobre la manera correcta de realizar los trabajos, paso a paso y con las medidas necesarias a implementar para un trabajo con seguridad. En esta investigación, por temas de espacio y tiempo sólo se han abarcado 5, aunque lo recomendable es efectuar uno por cada actividad o conjunto de actividades afines a desarrollar. Las herramientas y técnicas de gestión de la calidad revisten gran importancia en ellas, ya que nos facilitan la organización de información necesaria para la implementación de estos procedimientos.

a.6) El resultado más favorable dentro del acápite de la gestión de calidad fue la creación de registros de control, a modo de lista de verificación, basados en todas aquellas características y requerimientos técnicos de los entregables que se generaron con el proyecto. Esto es sin lugar a dudas un aporte significativo y que contribuye con la minimización y/o erradicación de observaciones en inspecciones futuras. Como bien se dijo en la introducción, la construcción en general debe propender a la prevención antes que a la inspección.

b) Sobre la gestión de los riesgos, herramientas y técnicas

b.1) Con la elaboración del acta de constitución, se da el paso previo para la inserción de un modelo de gestión de riesgos dentro de los proyectos. En el presente trabajo gracias a la creación de este importante documento, que desde luego sigue una estructura según los lineamientos del Project Management Institute, se pudieron anticipar prácticamente la mayor parte de los problemas ocasionados merced de los riesgos existentes, que como era de esperarse comprometerían principalmente los costos y el tiempo de ejecución del proyecto, pero además a la calidad y los alcances. Es decir comprometerían a lo que se conoce en el campo de la gestión estratégica de proyectos como la triple restricción o pirámide de restricción. Debido a que no se tuvo en consideración este documento para la realización de los trabajos del proyecto, fue imposible concentrar la atención en los problemas salvo en el momento en que estos ocurrieron y en algunos casos por observación directa del cliente.

b.2) Al identificar a los interesados, registrarlos es el siguiente paso a fin de conocer las expectativas e influencia que tienen en el proyecto. La idea de todo esto es fomentar las comunicaciones y deslindar requerimientos primordiales de cada uno de ellos, con el objetivo de desarrollar un proyecto exitoso, que satisfaga todas y cada una de las necesidades que le dieron origen.

b.3) Si a nivel macro tenemos el registro de interesados, en la interna de la empresa se hace imprescindible la creación del organigrama, para definir jerarquías, roles y responsabilidades lo que permite dividir el trabajo en partes, de manera similar a una EDT. La pregunta básica sería de su relación con respecto a la gestión de riesgos en el proyecto, y la respuesta es sencilla. Es que importante definir a quien o quienes le compete todos y cada uno de los problemas identificados y hacia donde deben ser derivados para su atención a fin de disminuir tiempos de respuesta, que resultan fundamentales en el marco de una gestión dinámica.

b.4) Dentro de la múltiples herramientas y técnicas existentes en el ámbito de la gestión de riesgos basado en procesos, se han considerado las siguientes:

b.4.1) En la identificación y registro de riesgos, herramientas clave son el análisis FODA y la *brainstorming*, porque sencillamente la primera nos permite hacer una revisión introspectiva a la par de evaluar factores externos que podrían comprometer la integridad del proyecto. La segunda, como indica su nombre arroja una serie de ideas de cada uno de los miembros participantes y en consecuencia amplía el espectro y reduce notablemente las posibilidades de omisión, ya que se abarcan todos los aspectos del proyecto, tanto administrativos, de ingeniería, de construcción, seguridad y salud ocupacional, entre otros. Además de consolidar el grado de involucramiento y fomentar la participación activa de todos los integrantes del equipo de trabajo.

b.4.2) Dentro del análisis cuantitativo de riesgos se resalta la implementación de la matriz de Impacto vs Probabilidad, que permite establecer una regla rápida, práctica y sencilla para la evaluación de riesgos. En cuanto al análisis cuantitativo, siempre que se requiera se puede emplear la utilísima herramienta de simulación de Monte Carlo. Su importancia radica en hecho de que mediante iteraciones, puede estimar datos relevantes como pueden ser los costos y plazos de un proyecto, considerando escenarios favorables y desfavorables. De allí que si se presentara el caso de mayores costos y/o plazos, la empresa podría destinar fondos de contingencia para mitigar impactos negativos y asegurar que se cumplan con los objetivos trazados.

b.4.3) Finalmente, tomando como base a todo lo anterior, resulta sencillo establecer un plan de gestión de riesgos y las respuestas a las mismas.

De haberse aplicado en la realidad, otros hubiesen sido los resultados.

c) Sobre los costos del proyecto

Sobre la base del análisis de resultados, es necesario señalar lo siguiente:

c.1) Con respecto al primer punto, si tomamos en cuenta todos los costos asumidos por el cliente resulta elevadísimo el porcentaje de variación obtenido y por lo tanto el proyecto desde esta perspectiva puede considerarse como un total fracaso. El por qué es simple de responder, dado que en el plan de gestión de riesgos, las tolerancias máximas respecto de este ítem no deberían ser en ningún caso superiores o menores al 10%.

c.2) En el siguiente punto, la perspectiva cambia, dado que el costo total del proyecto incluye dos adendas, por concepto de trabajos adicionales no previstos por el proyecto original, pero que si eran necesarios y urgentes para garantizar la seguridad de las operaciones y puesta en servicio de los túneles Santa Rosa y San Martín. Si aquellas situaciones no hubiesen ocurrido, en teoría la variación hubiera sido ínfima y prácticamente se ajustaría a lo calculado. Pero es importante indicar que esto ocurre gracias a un factor preponderante, que fue la caída abrupta de los metrados de las bolsas de cemento para los trabajos de inyección, además de la pérdida de metrados en el sector deslizamiento y que de alguna forma contuvieron una variación mayor.

c.3) El gráfico de sensibilidad en forma de tornado, es fundamental para determinar correlaciones y porcentajes de variabilidad con respecto a las variables de mayor afectación en los costos del proyecto. En virtud a la misma es preciso señalar que la variable que más afecta a los costos es la actividad perforación e instalación de anclajes, y en definitiva como ya se verá a continuación

esta fue la actividad en la que mayores problemas de calidad se tuvieron y la que más impactó de manera negativa en los objetivos que se tenían desde lo económico (utilidades).

c.4) Efectivamente, los costos de perforación son los que más han afectado a la performance económica del proyecto, tanto por problemas asociados a calidad como a los riesgos inherentes de deterioro de piezas de equipos por manipulación equivocada e incidentes provocados por estos, sumados aportan el 55% del total de costos de calidad y riesgos. Comparados con el 9.5% que representan los costos de prevención y evaluación, estos últimos son ínfimos si comparamos los pros que estos aportan versus los contras y todos los perjuicios que ocasionan los primero.

c.5) La figura N° 31 es reveladora y contundente, esto porque reafirma lo ya mostrado por el tornado de sensibilidad, que la tendencia a la variación de costos por efecto de los trabajos de perforación e instalación de anclajes es elevada (25%) y además nos dice que de haberse tomado las acciones necesarias para revertir, mitigar o evitar sus consecuencias, se hubiera llegado a optimizar hasta en un 55% los recursos empleados, que traducido en soles es igual S/. 87,649.36, el cual hubiese servido como fondo de contingencia y hubiese permitido estimar correctamente los costos del proyecto.

d) Sobre el tiempo del proyecto

Sobre la base del análisis de resultados, es necesario señalar lo siguiente:

d.1) Que el proyecto se completara en el tiempo previsto, al igual que en el caso de los costos, tiene mucho que ver con la duración de los trabajos de perforación, instalación e inyección de anclajes. Esto porque su incidencia es alta y podría haber ocasionado variaciones superiores a las realmente obtenidas. Considerando el hecho de la aparición de los adicionales de perforación en portal del túnel Norte, el proyecto pudo conservar su estatus de éxito, porque la variación final fue inferior al orden del 10%.

5.3. Selección de alternativas

Se han seleccionado las alternativas más convenientes, considerando el tipo de investigación desarrollada por lo que se tiene lo siguiente:

5.3.1. Para la elección de las herramientas y técnicas para la gestión de la calidad y de los riesgos que son varias, de hecho para cada proceso existen múltiples. Se optaron por aquellas que están

indicadas por las directrices de gestión de proyectos propuestos por el Project Management Institute.

5.3.2. Para la determinación de los costos y presupuestos se eligió la metodología de los costos unitarios porque simplifican el proceso y brindan resultados bastante precisos.

5.3.3. Para la determinación de los costos de calidad, se tomaron en cuenta la estructura de costos totales de calidad.

5.3.4. Para la estimación de los tiempos del proyecto se ha optado por la programación mediante el gráfico de barras Gantt.

5.3.5. Para la evaluación de la incidencia del uso de las herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en los costos y tiempos del proyecto, se han empleado cuadros comparativos y el método de Monte Carlo, tomando la distribución triangular debida a la escasa información histórica de la que se disponía.

5.4. Contrastación de hipótesis

La creación de los planes de gestión de calidad y de riesgos obedece en su mayor parte a la correcta aplicación de herramientas y técnicas. Así es como han sido desarrollados e implementados para efectos de análisis con respecto al desempeño del proyecto sin su uso.

A la luz de los resultados obtenidos, se puede afirmar que la aplicación los planes de gestión de calidad y de gestión de riesgos influyen notoriamente en los costos y tiempos del proyecto y que son decisivos al momento de establecer si este fue o no exitosos y que lecciones aprendidas nos dejan de cara al desarrollo de nuevos trabajos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Antes de dar paso a las conclusiones tras la realización de esta tesis, es preciso indicar que toda la información recabada tiene un común denominador que indica la existencia de una necesidad tangible por gestionar el riesgo en los proyectos no solo geotécnicos sino de manera general, esto con el objeto primordial de identificar y controlar todos los factores de riesgo de manera oportuna y temprana, ya que por estas causales los proyectos no alcanzan satisfacer por lo menos algún criterio de valor que el cliente establece.

En la región San Martín, y por qué no decirlo en todo el país, es bastante frecuente que las obras civiles siempre excedan los costos y plazos previstos inicialmente. Indudablemente son muchos los factores que le dan origen, pero lo realmente preocupante es el hecho que esto implique el incumplimiento de los lineamientos y estándares de calidad, es decir se trabaja a costa de ellos y no consideran los potenciales efectos negativos que estos acarrearán.

Además, muchas empresas gestionan sus proyectos sin contar con soporte previo alguno, con excepción de su propia experiencia, para poder manejar de manera objetiva, metodológica y sistematizada la calidad y los riesgos. Sin embargo, invertir este panorama es el objetivo principal a cumplir en el mediano y largo plazo por nuestra región y país, para tener proyectos mucho más rentables, que aprovechen eficientemente los recursos y se incrementen notablemente la probabilidad de éxito de los mismos.

Para cerrar la idea, también se resaltan los beneficios que traen consigo la gestión de la calidad, toda vez que agregan valor a los productos y generan satisfacción al cliente, un aspecto no menor toda vez que en estos tiempos aquella es una cuestión bastante tomada a la ligera, subestimada y subvalorada. En cuanto a la gestión del riesgo, todas las decisiones que se tomen en torno a ello de ninguna manera deben hacerse a la ligera ni mucho menos por intuición sino por el contrario deben estar enfocados en base a procesos, para lo cual se requiere de análisis y planificación.

6.1. Conclusiones

Tras todo lo investigado, estudiado y analizado a lo largo del desarrollo de esta tesis, podemos arribar a las siguientes conclusiones.

a) Para comprender la real dimensión de la calidad, es importante tener conocimientos elementales de los conceptos relacionados a ella para posteriormente poder asociarla con la actividad de la construcción y poder valorar su importancia. Es por esa razón que a través de este trabajo se ha logrado la familiarización de esta, además de verla a través del enfoque de la gestión en los proyectos, identificar los procesos que la componen junto con las herramientas y técnicas que facilitan su manejo de una forma mucho más organizada y sistematizada.

b) Con la implementación de un plan de gestión de calidad, se establecen y deslindan roles, responsabilidades, metodología de trabajo y se incentiva el uso del ciclo de Deming, toda vez que como parte de gestionar la calidad se debe propender a la mejora continua, tomando como base a las lecciones aprendidas.

c) La verdadera importancia de la aplicación de planes de gestión de calidad, haciendo uso de sus respectivas herramientas y técnicas es que estas en primer lugar se pueden traducir en beneficios económicos, ya que son proclives a generar ahorros significativos, al tener menores reprocesos (trabajos rehechos) y mejorar los ratios de productividad, así como también optimizar el uso de recursos, reduciendo de esta forma los desperdicios.

d) Tal como se ha mencionado en el prólogo que anteceden a las conclusiones, trabajar con un sistema de gestión de calidad implica que de todas formas, y si es que todos los involucrados cooperan para ello, exista un mayor grado de satisfacción de todas las partes interesadas, es decir tanto el cliente como los usuarios finales, reduciendo de esta forma el número de no conformidades, reclamos, además de evitar el pago de garantías por daños y perjuicios. A todo esto habría que sumarle la buena reputación de la empresa y su proyección en el mercado, que le agregan valor a sus servicios y que le dan ventajas competitivas frente a las demás.

e) Tanto la gestión de la calidad como la de los riesgos son procesos retroalimentativos, por lo que buscar que el proceso general de la gestión de la calidad y la gestión de los riesgos se transformen en herramientas de retroalimentación puede ser clave a nivel estratégico como gestión de negocio en las empresas que lo implementen.

f) Los procedimientos de trabajo están hechos para ser cumplidos, ya que allí están depositadas todas las experiencias de los profesionales involucrados en su desarrollo. Allí se indican la forma adecuada del desarrollo de las actividades, considerando la optimización de recursos y la salvaguarda de la seguridad y salud de todos los colaboradores.

Este aspecto sin lugar a dudas es otro de los aportes que son producto del desarrollo de la investigación.

g) Los registros de control nos proporcionan información relevante acerca de cómo se ejecutan las actividades y también son herramientas contundentes para los procesos de aseguramiento y control de la calidad. Allí radica su real importancia y desde mi perspectiva deben incluirse en todo tipo de proyectos a fin de garantizar los trabajos y comprometer al personal a cargo de la supervisión de los mismos.

h) La implementación de un plan de gestión de riesgos en un proyecto definitivamente es de gran ayuda, ya que de allí se desprenden los primeros registros de identificación de riesgos que permitirán a la entidad estar siempre un paso adelante, a fin de mejorar los tiempos de respuesta y fomentar el espíritu de prevenir a antes que reparar.

i) El uso de herramientas probabilísticas ayudan a predecir el comportamiento de las variables más sensibles de los proyectos, como en este caso lo fueron el tiempo y el costo. Hay que resaltar la utilidad de la simulación de Monte Carlo y la versatilidad del software @RISK, que en poco tiempo y con escasa información gracias al uso de la distribución triangular nos brinda resultados de alta confiabilidad con un margen de error menor o igual al 5%.

j) Con respecto a la evaluación de la incidencia de la aplicación de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y de los riesgos en el proyecto de estabilización en Ladera del Rímac, encarnados en los planes de calidad y de riesgos podemos afirmar que:

j.1) Los costos del proyecto sin la aplicación de estos planes evidencian una variación del orden del 14.32%, siendo el factor decisivo en esta la actividad de perforación con un factor de correlación igual a 0.78.

j.2) Si efectivamente se hubieran puesto en práctica estos planes el proyecto hubiera podido reducir en primer lugar a cero el trabajo rehecho, minimizar la pérdida de horas hombre a través de una respuesta oportuna y contundente a todos los problemas suscitados, así como también eliminar la ocurrencia de incidentes operacionales. Con todo ello, la empresa sólo requeriría de la mitad del fondo de contingencia estimado mediante la simulación Monte Carlo y por lo tanto este hubiese sido un factor decisivo para hacer de este un proyecto exitoso y con gran satisfacción del cliente. En síntesis, podemos establecer la relación de que mientras mejor se gestionen las

incertidumbres y se garanticen la calidad de los trabajos, las probabilidades de éxito del proyecto se incrementan.

j.3) En cuanto al tiempo del proyecto, tenemos una variación final del orden del 21.42%, a todas luces un poco más del doble de lo que se podría tolerar. Esto, como se podrá notar es consecuencia directa de la pérdida de horas hombre durante del desarrollo de las actividades. Al igual que para los costos, en el tema de los tiempos la actividad que mayor incidencia tuvo fue la de perforación e instalación de anclajes.

j.4) Si se hubieran tomado en consideración los planes de gestión del riesgo y de la calidad, se habría alcanzado una efectividad del 99.1% con respecto a las estimaciones efectuadas a través de la simulación de Monte Carlo. Es decir, se hubieran implementado todas las medidas y desarrollado las mejores estrategias, para prevenir, mitigar y evitar los riesgos que comprometen el éxito del proyecto. Con esto que nuevamente demostrada que a mejor manejo de incertidumbres y gestión de calidad mayores probabilidades de éxito.

k) Finalmente, con toda la información generada se abren las puertas para que todas las organizaciones en nuestro entorno tomen en serio la gestión de la calidad y de los riesgos, esto para beneficio suyo ya que lo óptimo para cualquier inversionista es minimizar la variabilidad de su inversión y queda claro que a partir de ello se pueden asegurar los presupuestos y a su vez considerar contingencias económicas para afrontar situaciones adversas, dentro del marco de las tolerancias que las partes interesadas estén dispuestas a aceptar.

6.2. Recomendaciones

a) Indudablemente la mejora continua es uno de los grandes anhelos en toda organización; es por eso que va la sugerencia de implementar formalmente en los proyectos las herramientas para la gestión de la calidad y ser manejados como un sistema, según las directrices y requerimientos que plantean la familia de Normas ISO 9000.

b) Está comprobado que las causales de no conformidades en los proyectos se deben a problemas relacionados con la mano de obra o a los materiales que se emplean. Para lo primero se recomienda la implementación de programas de capacitación permanente. Y respecto de lo segundo, va la recomendación de trabajar con materiales, herramientas y equipos certificados, que puedan sustentar mediante la documentación que son aptos para el tipo de actividad que se pretende desarrollar.

c) Todos los proyectos, sin importar su magnitud ni su tipología, están inmersos en un campo de incertidumbre. Algunas veces puede que tomar riesgos deriven en resultados óptimos y desde esta perspectiva pueden ser vistos como oportunidades, pero cuando ocurre lo contrario se convierten en serias amenazas. Por eso es que, a fin de mejorar el panorama para una buena toma de decisiones, se recomienda la implementación de planes de gestión de riesgo y su actualización constante, dado que este es un proceso dinámico y retroalimentativo.

d) Como todo plan, para que funcione se requiere de la participación activa de todos los miembros que conforman el proyecto, desde las altas gerencias hasta el personal obrero. Esta quizá sea una de las variables más complicadas, por lo que se recomienda que en investigaciones futuras se puedan evaluar la manera en que los recursos humanos pueden afectar la gestión de los proyectos, enfocados en el manejo de las incertidumbres y la calidad.

e) Se recomienda a todos los profesionales, de todas las áreas aplicar en todas sus actividades el ciclo de la mejora continua, ya que esta es una excelente herramienta para basar nuestro trabajo en lecciones aprendidas como parte de un proceso de retroalimentación a fin de contribuir con el incremento de los niveles de madurez en las organizaciones.

f) Tal como se ha realizado en la presente investigación en los proyectos se sugiere realizar la evaluación de resultados durante y al final de la gestión con la finalidad de evaluar los aciertos y errores cometidos en el análisis, la planificación y la implementación de las medidas tomadas para gestionar la calidad, los riesgos e incertidumbres.

g) Para asegurar el valor de los proyectos, considerando principalmente a los costos, tiempo y alcances se recomienda implementar en el marco de la gestión de la calidad y de los riesgos el seguimiento respectivo, de manera tal que siempre se disponga de información actualizada y confiable para la toma de decisiones.

h) En futuras investigaciones relacionadas al tema, se sugiere la implementación del uso de más herramientas tecnológicas que permitan hacer de la gestión de la calidad y de los riesgos actividades versátiles, que den alertas de los procesos críticos y faciliten la identificación de nuevos riesgos y riesgos residuales.

i) Se debe hacer efectiva la retroalimentación de las experiencias adquiridas entre los miembros del equipo de proyecto en primera instancia, y luego elevarlo a cierto nivel de la empresa u

organización. Para ello se pueden hacer conferencias, charlas específicas y extender la documentación necesaria en la base de datos, de la que se pueda rescatar información de valor para futuras referencias.

j) Es fundamental que la gestión de calidad y riesgos en la construcción sea tomada en cuenta como parte integral de la gerencia de proyectos y no solo como un sistema de herramientas y técnicas. No es cierto que sea solo un proceso aislado, simplemente debe ser parte de la cultura de una organización que quiere cumplir sus objetivos y los de sus clientes.

k) En el marco de la mejora continua la actualización y capacitación constante por parte de nuestros profesionales permitirá el manejo adecuado de herramientas modernas que permitan la buena práctica de la ingeniería al servicio de la sociedad.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.** Altez, L.F. (2009). Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción. Pontificia Universidad Católica del Perú, página 11.
- 2.** Altez, L.F. (2009). Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción. Pontificia Universidad Católica del Perú, páginas 12-21.
- 3.** Altez, L.F. (2009). Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción. Pontificia Universidad Católica del Perú, página 23.
- 4.** Altez, L.F. (2009). Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción. Pontificia Universidad Católica del Perú, página 26.
- 5.** Altez, L.F. (2009). Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción. Pontificia Universidad Católica del Perú, páginas 36,37,38,39 y 42.
- 6.** Altez, L.F. (2009). Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción. Pontificia Universidad Católica del Perú, página 47.
- 7.** Altez, L.F. (2009). Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción. Pontificia Universidad Católica del Perú, páginas 48-51.
- 8.** Altez, L.F. (2009). Tesis de grado: Asegurando el valor de un proyecto de construcción: Un estudio de técnicas y herramientas de gestión de riesgos en la etapa de construcción. Pontificia Universidad Católica del Perú, páginas 97- 98.
- 9.** Castre, R.G. (2006). Tesis de grado: Planeación, programación y control de una obra de edificación. Universidad Nacional de San Martín, página 189.
- 10.** Delgado, A. (s.f.). Sisbib Unmsm. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado el 15 de mayo de 2016 de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v50_n1/fauna_ponz.htm.
- 11.** Deming, E. (s.f.). Calidad, productividad y competitividad. Página 30.

- 12.** Distrito del Rímac (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 15 de mayo de 2016 de https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_del_R%C3%ADmac
- 13.** Gestión de riesgos (s.f.). En Wikipedia. Recuperados el 12 de enero de 2016 de: https://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n_de_riesgos.
- 14.** Gómez, R. (s.f.). Monografías: Administración y finanzas. Publicación de Monografías. Recuperado el 10 de enero de 2016 de: <http://www.monografias.com/trabajos73/costos-calidad-inversiones-peru/costos-calidad-inversiones-peru2.shtml>
- 15.** INEI (2014). Instituto Nacional de Estadística e Informática: Una mirada a Lima Metropolitana. Lima, Perú. Recuperado el 15 de mayo de 2016 de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1168/libro.pdf
- 16.** Jimeno, J. (2013). PDCA Home: Calidad sector industrial, calidad sector servicios. Publicación de Grupo PDCA Home. Recuperado el 10 de enero de 2016 de: <http://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>
- 17.** Lefcovich, M. (2005). Gestipolis: Administración. Publicación de gestipolis. Recuperado el 10 de enero de 2016 de: <http://www.gestipolis.com/los-30-factores-claves-para-lograr-la-calidad-total-en-la-empresa/>.
- 18.** León y Mariños (2014). Tesis de grado: Gestión de riesgos en el proyecto residencial Sol de Chan Chan. Universidad Privada Antenor Orrego, página 06.
- 19.** León y Mariños (2014). Tesis de grado: Gestión de riesgos en el proyecto residencial Sol de Chan Chan. Universidad Privada Antenor Orrego, páginas 09 y 10.
- 20.** Martínez, V. (s.f.). Portafolio Blogs. Colombia: Publicación de Portafolio Blogs. Recuperado el 10 de enero de 2016 de: <http://www.portafolio.co/opinion/blogs/buenas-practicas-auditoria-y-control-interno-las-organizaciones/11-principios-basicos->
- 21.** Mayta, M. (s.f.). Peru Inka: Geología de Lima. Lima, Perú. Recuperado el 15 de mayo de 2016 de: <http://peru.inka.free.fr/peru/pdf/geolim.pdf>.
- 22.** Norma Internacional ISO 9001 (2008). Sistemas de gestión de calidad – Requisitos. Página 3.
- 23.** Norma Internacional ISO 9001 (2008). Sistemas de gestión de calidad – Requisitos. Página 4.
- 24.** Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para dirección de proyectos. Página 227.
- 25.** Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 231.

26. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 233.
27. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 235.
28. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Páginas 236-238.
29. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 239.
30. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 240.
31. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 242.
32. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 245.
33. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 247.
34. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 248.
35. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 252.
36. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 252.
37. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 252.
38. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 252.
39. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 309.
40. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 309.
41. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 313.
42. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 315

43. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 319.
44. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 324
45. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 328.
46. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 330
47. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 333
48. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 336
49. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 342
50. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 344
51. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Páginas 349-350
52. Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Página 352
53. Romero y Pérez (2012). Tesis de grado: Impacto positivo del control de calidad en obras de edificaciones de vivienda. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, página 18.
54. Romero y Pérez (2012). Tesis de grado: Impacto positivo del control de calidad en obras de edificaciones de vivienda. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, página 19.
55. Romero y Pérez (2012). Tesis de grado: Impacto positivo del control de calidad en obras de edificaciones de vivienda. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, página 20.
56. Romero y Pérez (2012). Tesis de grado: Impacto positivo del control de calidad en obras de edificaciones de vivienda. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, páginas 170 -171.
57. Sandholm, L. (1995). Control total de calidad. Editorial Trillas, página 9.
58. Sandholm, L. (1995). Control total de calidad. Editorial Trillas, página 11.
59. Sandholm, L. (1995). Control total de calidad. Editorial Trillas, páginas 13 a la 18.
60. Sandholm, L. (1995). Control total de calidad. Editorial Trillas, página 141.
61. Sandholm, L. (1995). Control total de calidad. Editorial Trillas, página 142.

- 62.** Sandholm, L. (1995). Control total de calidad. Editorial Trillas, página 143.
- 63.** Sandholm, L. (1995). Control total de calidad. Editorial Trillas, página 192.
- 64.** Segura, Z. (2012). Tesis de grado: Propuesta de modelo de desarrollo de la gestión de la calidad en las empresas constructoras de edificaciones. Universidad Nacional de Ingeniería, página 21.
- 65.** Taguchi, G. (s.f.). Taguchi's Quality Engineering Handbook. Página 152.
- 66.** Yepes, V. (s.f.). Curso Virtual Aproximación al concepto de calidad. Universidad Politécnica de Valencia.
- 67.** Yepes, V. (s.f.). Curso Virtual Aproximación al concepto de calidad. Universidad Politécnica de Valencia.