

**Universidad Católica de Santa María**  
**Escuela de Postgrado**  
**Maestría en Gerencia de la Construcción**



**GESTIÓN DE RIESGOS BAJO EL ENFOQUE DEL PMI EN OBRAS VIALES  
EXISTENTES – CASO: PUENTE BAJO GRAU, AREQUIPA - 2018**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Paredes Pinto, José Carlos**

Para optar el Grado Académico de:

**Maestro en Gerencia de la Construcción**

Asesor:

**Dr. Velarde Bedregal, Héctor Raúl**

**Arequipa – Perú**  
**2019**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

## DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

**Dirigido a** : Dr. José Antonio Villanueva Salas  
Director de la Escuela de Postgrado de la Universidad Católica de Santa María

**Graduando** : Paredes Pinto, José Carlos

**Título** : “Gestión de riesgos bajo el enfoque del PMI en puentes existentes – Caso: Puente bajo Grau, Arequipa 2018”

**Para optar** : Grado académico de maestro en gerencia de la construcción


**Fecha** : Arequipa, 11 de Abril del 2019

---

Sr. Director de la Escuela de Postgrado de la Universidad Católica de Santa María, me permito comunicarle que, visto el borrador de tesis presentado, considero que el mismo es conforme y se estima como **APROBADO CON OBSERVACIONES**, la observación a mejorar es la siguiente:

- ✓ Dado el aporte de la investigación, se recomienda se pueda cambiar el alcance de la investigación de “puentes” a “obras de infraestructura vial”, requiriéndose la modificación del nombre de la investigación a: “Gestión de riesgos bajo el enfoque del PMI en obras de infraestructura vial existentes – Caso: Puente bajo Grau, Arequipa 2018”

Atentamente,



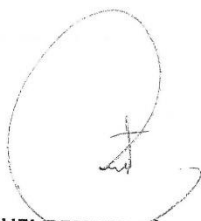
Mgtr. Roberto Carlos Acero Condori, PMP

## DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

Luego de haber revisado el Borrador de Tesis titulado “GESTIÓN DE RIESGOS BAJO EL ENFOQUE DEL PMI EN PUENTES EXISTENTES – CASO: PUENTE BAJO GRAU, AREQUIPA 2018”, presentado por la Sr. Bachiller, JOSÉ CARLOS PAREDES PINTO, para poder optar el Grado Académico de Maestro en Gerencia de la Construcción, mi dictamen es el siguiente:

**APROBADO**

Arequipa, abril del 2019



**Dr. MIGUEL RENATO DÍAZ GALDOS**  
Docente Maestría Gerencia de la Construcción  
Código Docente N° 1949

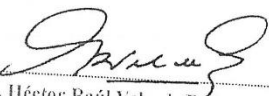
**DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS PARA  
OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN  
GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**Título** : "GESTION DE RIESGOS BAJO EL ENFOQUE DEL PMI EN  
PUENTES EXISTENTES – CASO: PUENTE BAJO GRAU,  
AREQUIPA 2018"  
**Graduando** : Paredes Pinto, José Carlos  
**Fecha** : Arequipa, 2019 abril 11

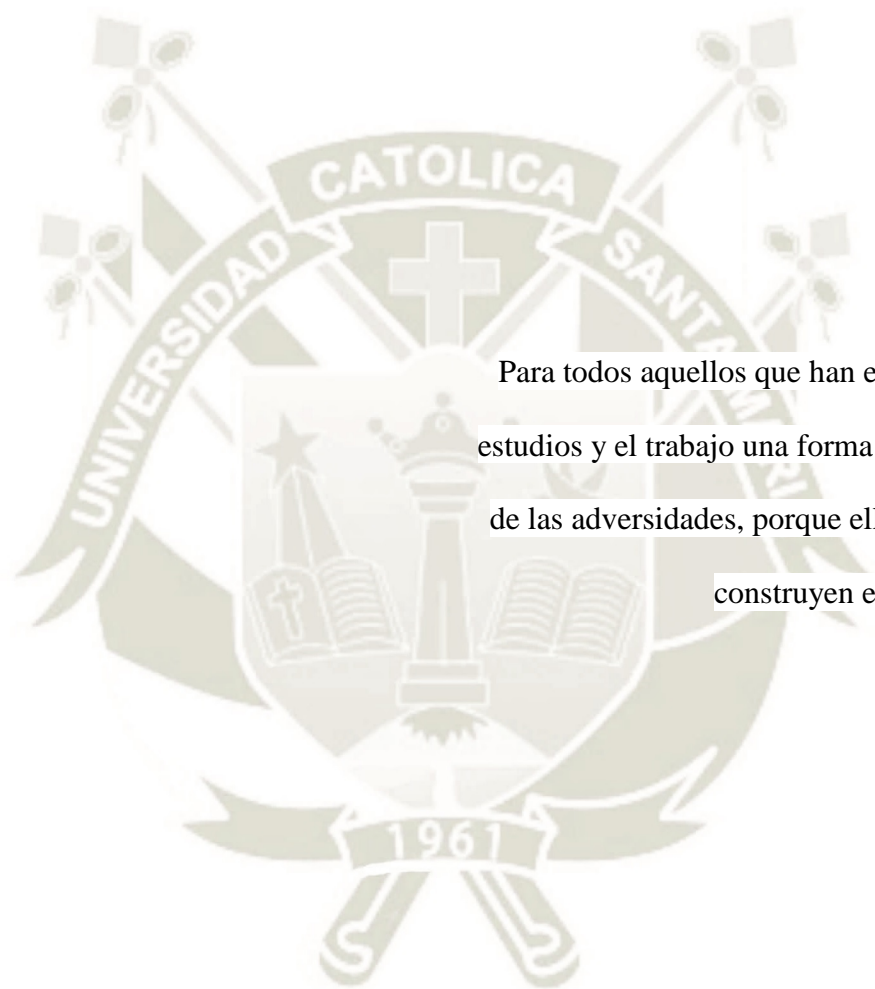
Visto el Borrador de Tesis presentado y no teniendo observaciones, nuestro dictamen es  
**PROCEDENTE.**

Atentamente,

EPG Universidad Católica de Santa María

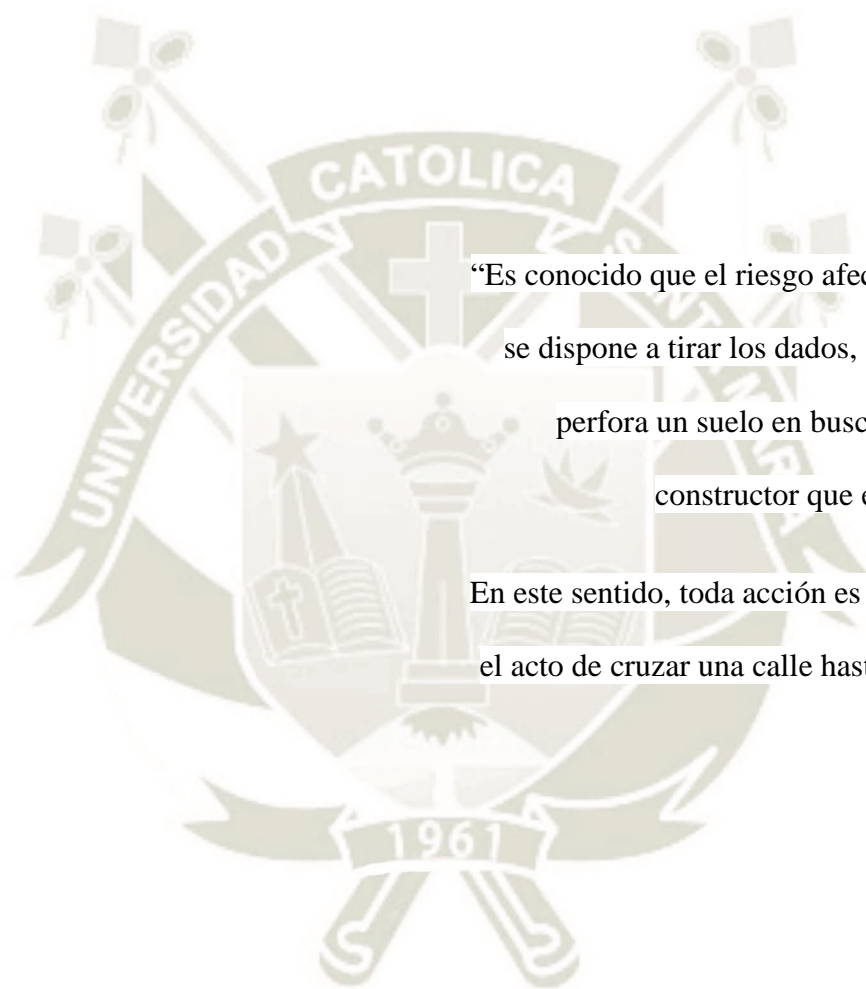


Dr. Héctor Raúl Velarde Bedregal  
Docente Principal de la UCSM  
Dictaminador



### **Dedicatoria**

Para todos aquellos que han encontrado en los estudios y el trabajo una forma de salir adelante de las adversidades, porque ellos representan y construyen el verdadero país.



### **Epígrafe**

“Es conocido que el riesgo afecta al jugador que se dispone a tirar los dados, al explorador que perfora un suelo en busca de petróleo o al constructor que ejecuta una presa.

En este sentido, toda acción es arriesgada, desde el acto de cruzar una calle hasta la construcción de un puente”

Palisade.

## Tabla de Contenidos

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>4</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>Análisis operacional de variables.....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo I Marco Teórico.....</b>	<b>6</b>
<i>1.1 Estado del Arte.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2 Bases Conceptuales.....</i>	<i>8</i>
<b>1.2.1 Fundamentos del “Project Management Institute” (PMI).....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1.1 Proyectos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1.2 Gestión de los interesados.....</b>	<b>10</b>
<i>a) Identificación a los interesados.....</i>	<i>10</i>
<i>b) Gestionar el involucramiento de los interesados.....</i>	<i>11</i>
<b>1.1.1.3 Gestión de Riesgos.....</b>	<b>12</b>
<i>Definición de Riesgos.....</i>	<i>12</i>
<i>Características del Riesgo.....</i>	<i>13</i>
<i>c) Identificar los riesgos.....</i>	<i>13</i>
<i>d) Análisis cualitativo de riesgos.....</i>	<i>15</i>
<i>e) Análisis cuantitativo de riesgos.....</i>	<i>17</i>
<i>f) Planificar la respuesta a los riesgos.....</i>	<i>19</i>
<i>g) Implementar la respuesta a los riesgos.....</i>	<i>20</i>
<b>1.2.1 Puente Bajo Grau.....</b>	<b>21</b>

<b>Capítulo II Metodología.....</b>	<b>25</b>
<i>2.1 Variable Independiente: Gestión de Riesgos .....</i>	<i>27</i>
2.1.1 Inspección técnico-visual del puente Bajo Grau .....	27
2.1.2 Gestión de interesados.....	28
2.1.3 Identificar los riesgos.....	29
2.1.3.1 Matriz de identificación de interesados.....	29
2.1.3.2 Involucramiento de los interesados.....	29
2.1.4 Análisis cualitativo.....	30
2.1.7 Análisis cuantitativo .....	33
<i>2.2 Variable Dependiente: Puente Bajo Grau .....</i>	<i>38</i>
2.2.1 Planificar las respuestas a los riesgos.....	38
2.2.2 Gestión de respuestas a riesgos.....	39
<b>Capítulo III Cálculos y Resultados .....</b>	<b>40</b>
<i>3.1 Variable Independiente: Gestión de Riesgos .....</i>	<i>40</i>
3.1.1 Inspección técnico-visual del puente Bajo Grau.....	40
3.1.2 Gestionar de los interesados.....	42
3.1.2.1 Identificación de los interesados.....	42
3.1.2.2 Gestionar el involucramiento de los interesados.....	43
3.1.3 Identificar los riesgos.....	51
3.1.3.1 Riesgos en el proyecto.....	51
a) Matriz FODA.....	51
b) Estructura de desglose de riesgos.....	52
3.1.3.2 Valorización del riesgo.....	60
3.1.3.3 Disparadores del riesgo.....	62
3.1.4 Análisis cualitativo.....	64
3.1.4.1 Calidad de datos.....	64
3.1.4.2 Probabilidad de impacto de riesgos.....	65

a) <i>Riesgos técnicos</i> .....	65
b) <i>Riesgos de gestión</i> .....	70
c) <i>Riesgos comerciales</i> .....	72
d) <i>Riesgos externos</i> .....	74
<b>3.1.4.3 Ranking de riesgos</b> .....	<b>78</b>
<b>3.1.5 Análisis cuantitativo</b> .....	<b>80</b>
<b>3.1.5.1 Simulación del impacto</b> .....	<b>80</b>
a) <i>Colapso por inundación de la superestructura</i> .....	80
b) <i>Fallas de infiltración en el estribo este</i> .....	85
c) <i>Arrastre de material rocoso y obstrucción</i> .....	89
d) <i>Obras de mejoramiento en la superestructura</i> .....	91
<b>4.1.5.2 Análisis de sensibilidad</b> .....	<b>94</b>
<b>4.1.5.3 Nivel de riesgo general</b> .....	<b>95</b>
<b>3.2 Variable Dependiente: Puente Bajo Grau</b> .....	<b>96</b>
<b>3.2.1 Planificar las respuestas a riesgos</b> .....	<b>96</b>
<b>3.2.2 Gestión de respuestas a riesgos</b> .....	<b>99</b>
<b>Capítulo IV Discusión de resultados</b> .....	<b>103</b>
<b>4.1 Gestión de interesados</b> .....	<b>103</b>
<b>4.2 Gestión de riesgos: análisis cualitativo</b> .....	<b>103</b>
<b>4.3 Gestión de riesgos: análisis cuantitativo</b> .....	<b>103</b>
<b>Capítulo V Conclusiones y recomendaciones</b> .....	<b>104</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>104</b>
<b>Recomendaciones y trabajos futuros</b> .....	<b>106</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>107</b>

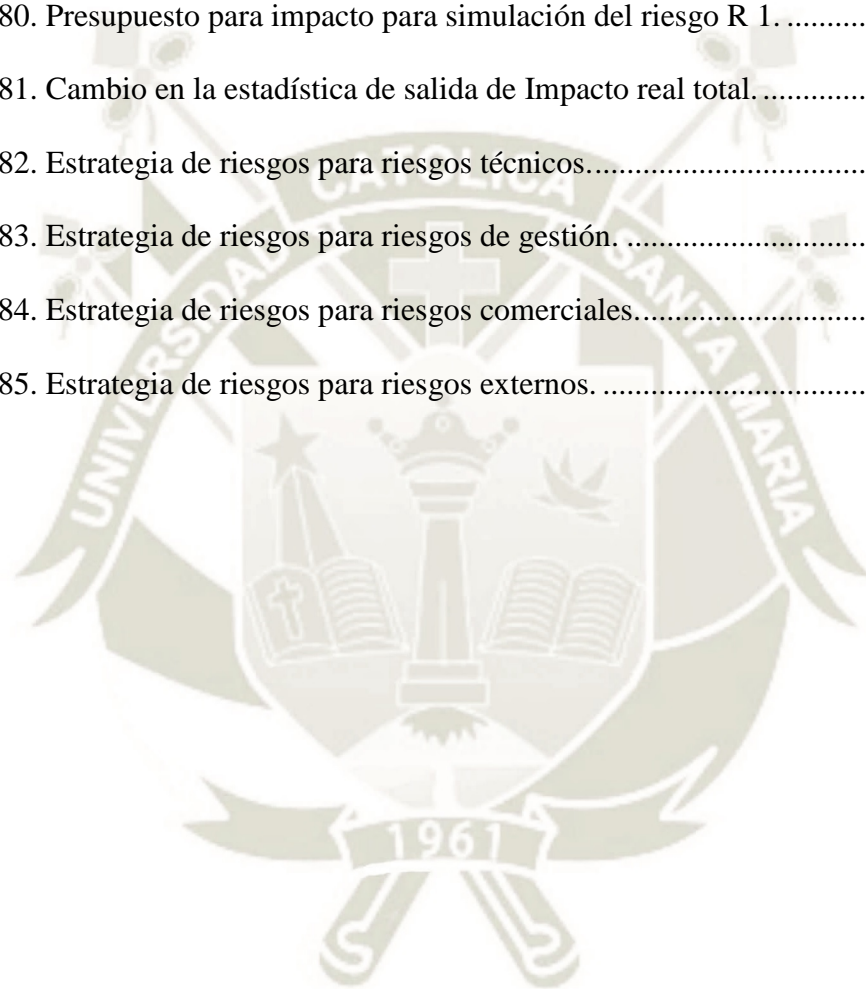
## Lista de tablas

Tabla 1. Definición y operacionalización de las variables .....	26
Tabla 2. Metodología de operacionalización de la inspección técnico – visual.....	27
Tabla 3. Metodología de operacionalización para gestión de interesados .....	28
Tabla 4. Metodología de operacionalización para identificar los riesgos .....	29
Tabla 5. Probabilidad del riesgo .....	31
Tabla 6. Impacto del riesgo .....	31
Tabla 7. Metodología de operacionalización del análisis cualitativo de los riesgos .....	32
Tabla 8. Metodología de operacionalización para el análisis cuantitativo de los riesgos ...	37
Tabla 9. Metodología de operacionalización para la respuesta a riesgos .....	38
Tabla 10. Metodología de operacionalización para gestionar la respuesta a riesgos .....	39
Tabla 11. Caudales máximos del río chili 1969-2018 .....	41
Tabla 12. Identificación de los interesados .....	42
Tabla 13. Distribución de frecuencia edades encuestados .....	43
Tabla 14. Distribución de frecuencia grado de instrucción .....	44
Tabla 15. Distribución de frecuencia lugar de domicilio .....	44
Tabla 16. Distribución de frecuencia importancia de puentes.....	45
Tabla 17. Distribución de frecuencia importancia de puentes.....	46
Tabla 18. Distribución de frecuencia uso del puente seleccionado.....	47
Tabla 19. Distribución de frecuencia riesgo puentes Arequipa.....	47
Tabla 20. Distribución de frecuencia riesgo puente vulnerable .....	48
Tabla 21. Distribución de frecuencia nivel de riesgo del puente.....	49
Tabla 22. Distribución de frecuencia utilización de puentes.....	50
Tabla 23. Estructura de Desglose de Riesgos.....	53
Tabla 24. RBS – Descripción del Riesgo (Técnicos) .....	54

Tabla 25. RBS – Descripción del Riesgo (Gestión) .....	55
Tabla 26. RBS – Descripción del Riesgo (Comercial).....	55
Tabla 27. RBS – Descripción del Riesgo (Comercial).....	56
Tabla 28. Causa raíz para riesgos técnicos .....	57
Tabla 29. Causa raíz para riesgos de gestión.....	58
Tabla 30. Causa raíz para riesgos comerciales .....	58
Tabla 31. Causa raíz para riesgos externo .....	58
Tabla 32. Análisis de frecuencia para las causas del riesgo .....	59
Tabla 33. Valoración para riesgos técnicos .....	60
Tabla 34. Valoración para riesgos de gestión.....	60
Tabla 35. Valoración para riesgos comerciales .....	61
Tabla 36. Valoración para riesgos externos .....	61
Tabla 37. Disparadores para riesgos técnicos.....	62
Tabla 38. Disparadores para riesgos comerciales.....	62
Tabla 39. Disparadores para riesgos de gestión .....	63
Tabla 40. Disparadores para riesgos externos .....	63
Tabla 41. Índice de evaluación de riesgo 1.1 .....	64
Tabla 42. Índice de evaluación de riesgo 1.1 .....	65
Tabla 43. Índice de evaluación de riesgo 1.2 .....	66
Tabla 44. Índice de evaluación de riesgo 1.3 .....	66
Tabla 45. Índice de evaluación de riesgo 1.4 .....	67
Tabla 46. Índice de evaluación de riesgo 1.5 .....	67
Tabla 47. Índice de evaluación de riesgo 1.6 .....	68
Tabla 48. Índice de evaluación de riesgo 1.7 .....	68
Tabla 49. Índice de evaluación de riesgo 1.8 .....	69

Tabla 50. Índice de evaluación de riesgo 1.9 .....	69
Tabla 51. Índice de evaluación de riesgo 1.10 .....	69
Tabla 52. Índice de evaluación de riesgo 2.1 .....	70
Tabla 53. Índice de evaluación de riesgo 2.2 .....	70
Tabla 54. Índice de evaluación de riesgo 2.3 .....	71
Tabla 55. Índice de evaluación de riesgo 2.4 .....	71
Tabla 56. Índice de evaluación de riesgo 2.5 .....	72
Tabla 57. Índice de evaluación de riesgo 2.6 .....	72
Tabla 58. Índice de evaluación de riesgo 3.1 .....	73
Tabla 59. Índice de evaluación de riesgo 3.2 .....	73
Tabla 60. Índice de evaluación de riesgo 3.3 .....	73
Tabla 61. Índice de evaluación de riesgo 3.4 .....	74
Tabla 62. Índice de evaluación de riesgo 4.1 .....	74
Tabla 63. Índice de evaluación de riesgo 4.2 .....	75
Tabla 64. Índice de evaluación de riesgo 4.3 .....	75
Tabla 65. Índice de evaluación de riesgo 4.4 .....	76
Tabla 66. Índice de evaluación de riesgo 4.5 .....	76
Tabla 67. Índice de evaluación de riesgo 4.6 .....	76
Tabla 68. Análisis cualitativo del riesgo .....	77
Tabla 69. Ranking de riesgos mediante el análisis cualitativo .....	78
Tabla 70. Informe de riesgos analizados cualitativamente .....	79
Tabla 71. Metrados de volúmenes de movimiento de tierras .....	82
Tabla 72. Presupuesto para impacto del riesgo R 1.6.....	83
Tabla 73. Presupuesto para impacto del riesgo R 1.6.....	83
Tabla 74. Metrados para el muro de contención del riesgo R – 1.1 .....	85

Tabla 75. Presupuesto para impacto del riesgo R 1.1.....	87
Tabla 76. Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.1 .....	87
Tabla 77. Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.4 .....	89
Tabla 78. Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.2 .....	92
Tabla 79. Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.2 .....	92
Tabla 80. Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1. ....	94
Tabla 81. Cambio en la estadística de salida de Impacto real total. ....	95
Tabla 82. Estrategia de riesgos para riesgos técnicos.....	96
Tabla 83. Estrategia de riesgos para riesgos de gestión.....	97
Tabla 84. Estrategia de riesgos para riesgos comerciales.....	98
Tabla 85. Estrategia de riesgos para riesgos externos. ....	98



## Lista de figuras

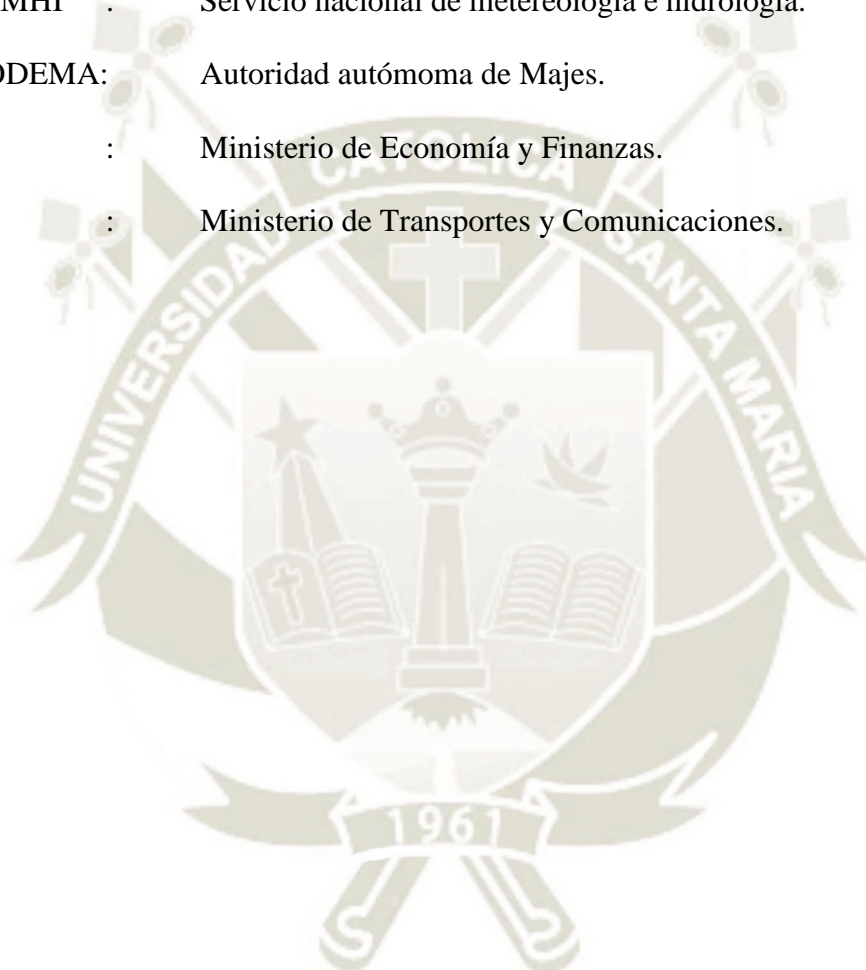
Figura 1 Transición del estado de una organización en un proyecto.....	9
Figura 2. Contexto de iniciación de Proyecto .....	9
Figura 3. Contexto de iniciación de Proyecto.....	10
Figura 4 .Procesos para la gestión de riesgos .....	12
Figura 5. Análisis Cualitativo: Diagrama de Flujo de Datos.....	16
Figura 6. Análisis Cuantitativo: Diagrama de Flujo de Datos.....	17
Figura 7. Implementar la respuesta a riesgos: Diagrama de Flujo de Datos .....	20
Figura 8. Vista de planta del puente Bajo Grau.....	21
Figura 9. Sección transversal del puente de Bajo Grau .....	21
Figura 10. Puente Bajo Grau – Vista Sur .....	22
Figura 11. Puente Bajo Grau – Vista Norte.....	22
Figura 12. Falla en Puente Bajo Grau.....	23
Figura 13. Infografía de falla en el Puente Bajo Grau 2012.....	23
Figura 14. Interrupción del tránsito en Puente Bajo Grau .....	24
Figura 15. Desborde del río Chili .....	24
Figura 16. Diagrama de flujo para metodología de la investigación.....	25
Figura 17 Diagrama de flujo para la gestión de interesados.....	28
Figura 18. Escala de valoración de riesgos .....	29
Figura 19 Diagrama de flujo para el análisis cualitativo .....	30
Figura 20. Escala de valoración de riesgos .....	32
Figura 21 Diagrama de flujo para el análisis cuantitativo .....	33
Figura 22 Proceso para la estimación de impactos económicos.....	33
Figura 23 Diagrama de flujo del método de Montecarlo.....	34
Figura 24 Interfaz de ingreso de datos en @Risk para simulación del presupuesto .....	35

Figura 25 Interfaz de ingreso de datos en @Risk para análisis probabilístico de sensibilidad .....	35
Figura 26 Diagrama de flujo para el diagrama de tornado del proyecto .....	36
Figura 27 Diagrama de flujo para el diagrama de tornado del proyecto .....	37
Figura 28 Diagrama de flujo para el diagrama de tornado del proyecto .....	38
Figura 29 Vista de planta del puente Bajo Grau.....	40
Figura 30 Gráfico de distribución circular para edades.....	43
Figura 31 Gráfico de distribución circular para grado de estudios.....	44
Figura 32 Gráfico de distribución circular para distrito de domicilio.....	45
Figura 33 Gráfico de distribución circular sobre distrito de trabajo.....	46
Figura 34 Gráfico de distribución circular para evaluación de importancia de puentes .....	46
Figura 35 Gráfico de distribución circular para uso de los puentes .....	47
Figura 36 Gráfico de distribución circular para percepción del riesgo. ....	48
Figura 37 Gráfico de distribución circular para vulnerabilidad de riesgo.....	49
Figura 38 Histograma de frecuencia para nivel de riesgo del puente.....	49
Figura 39 Gráfico de distribución circular sobre uso de puentes .....	50
Figura 40 Matriz FODA .....	51
Figura 41 Niveles de la estructura de desglose de riesgo .....	52
Figura 42 Identificación de causas raíz .....	57
Figura 43 Identificación de causas raíz .....	59
Figura 44 Cálculo del tirante en la zona de estudio.....	81
Figura 45 Transición alabeada de ingreso .....	81
Figura 46 Esquema de transición de alabeo entre puentes .....	82
Figura 47 Curva S - Simulación del presupuesto R-1.6.....	84
Figura 48 Histograma de frecuencia – Simulación del presupuesto R-1.6 .....	84

Figura 49 Esquema de muro de protección en estribo este del Puente.....	86
Figura 50 Esquema de muro de protección en estribo este del Puente.....	86
Figura 51 Curva S - Simulación del presupuesto R-1.1 .....	88
Figura 52 Histograma Montecarlo - Simulación del presupuesto R-1.1 .....	88
Figura 53 Curva S - Simulación del presupuesto R-1.4 .....	90
Figura 54 Histograma Montecarlo - Simulación del presupuesto R-1.4.....	90
Figura 55 Vista en planta del puente Bajo Grau – Área a pavimentar .....	91
Figura 56 Curva S - Simulación del presupuesto R-1.2.....	93
Figura 57 Histograma Montecarlo - Simulación del presupuesto R-1.2.....	93
Figura 58 Diagrama de frecuencias - Simulación del impacto de riesgos combinados .....	94
Figura 59 Diagrama de tornado .....	95
Figura 60 Hoja de riesgo 1.6. ....	99
Figura 61 Hoja de riesgo 1.1. ....	100
Figura 62 Hoja de riesgo 1.4. ....	101
Figura 63 Hoja de riesgo 1.2. ....	102

### Lista de Abreviaturas

PMI	:	Instituto de gestión de proyectos.
PMBOK	:	Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.
RBS	:	Estructura de desgloce de los riesgos.
SENAMHI	:	Servicio nacional de meteorología e hidrología.
AUTODEMA:		Autoridad autónoma de Majes.
MEF	:	Ministerio de Economía y Finanzas.
MTC	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



## Resumen

El presente trabajo de investigación ha sido realizado con un enfoque en los estándares propuestos por el Project Management Institute “PMI” referidos a la gestión de riesgos, adaptándolos de manera no convencional para la intervención de obras viales existentes en el Perú.

La investigación parte de una adaptación metodológica de estándares ya establecidos en la Guía de los fundamentos para la dirección de proyecto “PMBOK” para el estudio de obras viales de construcción ya finalizadas y en operación, para su posterior evaluación y generación de nuevos proyectos constructivos; y con esto demostrar la aplicabilidad universal de los estándares PMI a cualquier tipo de proyecto en general.

El trabajo toma como punto de medición, análisis y validación el caso del puente Bajo Grau, ubicado en la ciudad y distrito de Arequipa, construcción que data del año 1989 y que ha presentado daños a lo largo de su utilización en los últimos años estando siempre vulnerable al riesgo y sin recibir mayores obras de intervención al largo de su vida útil.

Los objetivos de los que parte el estudio, son gestionar con las herramientas brindadas por el PMI los riesgos para el caso del puente citado, administrar a los interesados, así como, realizar los análisis cualitativo y cuantitativo para medir el nivel general de riesgo en el proyecto y de este modo buscar la operatividad del proyecto.

Luego del procesamiento de datos con el apoyo del complemento informático @Risk®, se concluye que el nivel general de riesgo al que se ve sometido el proyecto es mediano, lo que permite obras de intervención programadas para mitigar y mejorar el cumplimiento de sus objetivos para el que fue construido.

**Palabras clave:** obras viales, puentes, gestión de riesgos, gestión de proyectos.

## Summary

The present investigation has been developed with a focus on the standards proposed by the Project Management Institute "PMI" referring to risk management, adapting them in an unconventional manner for the intervention of existing road works in Peru.

The essay is based on a methodological adaptation of standards established on the Project Management Body of Knowledge "PMBOK" for the study of road's construction works already completed and in operation, for subsequent evaluation and generation of new construction projects; and with this demonstrate the universal applicability of the PMI standards to any type of project in general.

The investigation takes as a point of measurement, analysis and validation the case of the Bajo Grau bridge, located in the city and district of Arequipa, a construction that dates back to 1989 and that has presented damages throughout its use in recent years, it was in constantly vulnerability to risk and without receiving major intervention works throughout its useful life.

The objectives of the part of the study, are to manage with the tools provided by the PMI the risks for the case of the aforementioned bridge, stakeholder's management, as well as perform the qualitative and quantitative analysis to measure the general level of risk in the project and in this way seek the operation of the project.

Finally, with the support of the software @ Risk®, it is concluded that the general level of risk to which the project is subject is medium, which allows programmed intervention works to mitigate and improve the fulfillment of its objectives for the one that was built.

**Keywords:** road works, bridges, risk management, project management.

## Introducción

El Project Management Institute, es una institución encargada de proporcionar estándares para la buena gestión y control de proyectos, dentro de ellos, el octavo apéndice es la gestión de riesgos, encargada de estudiar la incidencia de factores externos e internos al proyecto para completar los objetivos bajo los cuales fueron concebidos.

Los riesgos pueden ser de diversos tipos: ambientales, laborales, de diseño, entre otros; es por ello que siendo el Perú es un país diverso geográfica y climatológicamente se ven potenciados e incrementados, sobretodo tratándose de obras de infraestructura y servicios. Una de las infraestructuras viales más importantes, la misma que sirve de conexión entre dos extremos geográficamente separados, son los puentes; estructuras que son altamente vulnerables no solo a sus riesgos inherentes (de diseño, construcción y operación), sino a una serie de factores externos medioambientales.

El año 1989 se construye en la ciudad de Arequipa el Puente Bajo Grau, conectando así dos de las arterias principales: Av. La Marina y Av. Del Ejercito; sin embargo, este ha sido sometido a muchos cuestionamientos presentando problemas de interrupción en épocas de lluvias (enero y febrero) e incluso en el año 2012 su superestructura sufrió daños debidos a la erosión en su estribo (Correo, 2012).

El problema de investigación planteado es la funcionalidad de la gestión de riesgos en obras de infraestructura vial existentes adaptando estándares establecidos por el “Project Management Institute” (PMI), para determinar la operatividad de un caso particular, el puente Bajo Grau, ubicado en la ciudad de Arequipa – Perú.

Realizar una adecuada gestión de riesgos para determinar el grado de vulnerabilidad de la estructura permitirá tomar decisiones para el gerenciamiento de obras de mejora o

reemplazo, la investigación planteará una metodología para la gestión de riesgos basada en los estándares propuestos por el “Project Management Institute (PMI®).

La importancia del estudio radica en brindar una secuencia lógica para el análisis de riesgos en proyectos de infraestructura vial que ya se encuentran construidos y en operación y con ello poder asignar un nivel de riesgo y una contingencia continua para su correcto servicio, así mismo, concluir en si es necesaria

La investigación parte de la hipótesis planteada que las vías de conexión existentes, en particular el caso del Puente Bajo Grau, son importantes para el desarrollo de la ciudad de Arequipa; con ello es probable que una adecuada gestión de riesgos bajo adaptada del PMI permita diagnosticar su vulnerabilidad y necesidad de intervención.

su intervención para satisfacer los objetivos bajo los cuales fueron propuestas.

El objetivo principal de la investigación será entonces de gestionar los riesgos bajo el enfoque del “Project Management Institute” (PMI) en obras de infraestructura vial existente, aplicando el caso del puente Bajo Grau, ubicado en la ciudad de Arequipa, y para ello es necesario satisfacer los objetivos específicos establecidos: adaptar los estándares presentes en el PMBOK (2017) para emplearlos en una obra de arte existente de acuerdo a los niveles de riesgo pre-establecidos, punto que resulta el más importante, ya que tradicionalmente esta metodología es empleada para proyectos en su fase constructiva y no en proyectos ya culminados y en etapa de servicio, posteriormente, se identificarán correctamente los riesgos presentes en el puente Bajo Grau para el periodo actual, se plantea además el desarrollo cualitativo de los riesgos identificados en el proyecto asignando una incidencia y probabilidad a cada uno, como siguiente paso, se aplicará la herramienta informática @Risk 7.6 que mediante una simulación probabilística de Montecarlo entregue datos ensayados en “n” escenarios y de mayor confiabilidad para el análisis cuantitativo, todo lo indicado aterriza en la propuesta de un plan de respuestas ante los riesgos incidentes

y plantear el monitoreo de los riesgos permanentes que no podrán ser anulados con las optimizaciones.

Las limitaciones de la investigación están dadas por una aplicación directa al proyecto al no contar con permisos ni nexos establecidos con las entidades correspondientes.

El desarrollo de la investigación se ha dividido en cinco capítulos, el primero correspondiente al breve desarrollo de las bases teóricas y estado del arte en el que se han tomado como referencia a los principales autores y artículos científicos contemporáneo, en el segundo, se muestra el diseño metodológico empleado para responder a la hipótesis detallando paso a paso los instrumentos, técnicas y medios de validación dividido en dos partes: el primero correspondiente a la variable independiente (gestión de riesgos) y el segundo a la dependiente (Puente Bajo Grau), en el capítulo tercero se muestran los cálculos y resultados desglosados y detallados propuestos en la metodología esto va acompañado de las discusiones indicadas en el capítulo cinco que hace una crítica incisiva y técnica al instrumento culminado para concluir a respuesta a los objetivos en el último capítulo con las conclusiones que permiten plantear recomendaciones a futuras investigaciones.

Finalmente, se hace hincapié en que la tesis busca establecer cualitativa y cuantitativamente el riesgo asociado a un proyecto en servicio para poderlo asociar a medidas preventivas y generar nuevos proyectos de construcción.

## Planteamiento del problema

Funcionalidad de la gestión de riesgos en obras viales existentes, adaptando estándares establecidos por el “Project Management Institute” (PMI), para determinar la operatividad de una obra de infraestructura vial existente, enfocando el estudio en el puente Bajo Grau, ubicado en la ciudad de Arequipa – Perú.

## Hipótesis

Dado que las vías de conexión existentes, en particular el caso del Puente Bajo Grau, son importantes para el desarrollo de la ciudad de Arequipa; es probable que una adecuada gestión de riesgos adaptada del PMI permita diagnosticar su vulnerabilidad y necesidad de intervención.

## Objetivos

### General.

Gestionar los riesgos bajo el enfoque del “Project Management Institute” (PMI) en vías de conexión existentes aplicando el caso del puente Bajo Grau, ubicado en la ciudad de Arequipa.

### Específicos.

Presentar el grado de vulnerabilidad al que se encuentra expuesto el puente Bajo Grau y proponer las acciones de intervención constructivas.

Adaptar los estándares presentes en el PMBOK (2017) para emplearlos en una obra de arte existente de acuerdo a los niveles de riesgo pre-establecidos.

Identificar correctamente los riesgos presentes en el puente Bajo Grau, para el periodo actual incluyendo la ejecución de una matriz FODA.

Analizar cualitativa y cuantitativamente los riesgos identidades en el proyecto de acuerdo a los estándares adaptados del PMBOK.

Aplicar una herramienta informática para el análisis cuantitativo del riesgo mediante una simulación de Montecarlo y obtener datos de mayor confiabilidad.

Proponer el plan de respuestas ante los riesgos incidentes.

### Análisis operacional de variables

Las variables estudiadas en la presente investigación son: gestión de riesgos y obra de infraestructura vial existente: Puente Bajo Grau, su análisis se descompone en la tabla 1.

**Tabla 1.**  
*Definición y operacionalización de las variables*

Variable	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones
Gestión de Riesgos	Independiente.	Se define como la forma de administrar las incertidumbres asociadas a una amenaza, para evitar que se vea transformado en un peligro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inspección técnico-visual.</li> <li>– Gestión de interesados.</li> <li>– Identificar los riesgos.</li> <li>– Análisis cualitativo.</li> <li>– Análisis cuantitativo.</li> </ul>
Obra de infraestructura vial existente: Bajo Grau	Dependiente.	Puente de concreto armado ubicado en el distrito, provincia, y región de Arequipa; construido en el año 1989 y constantemente sometido a riesgos pluviales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Planificar las respuestas a riesgos.</li> <li>– Gestión de respuestas a riesgos.</li> </ul>

**Fuente: Elaboración propia**

## Capítulo I Marco Teórico

### 1.1 Estado del Arte

Partiendo que la gestión de riesgos es una rama vanguardista de la gestión de proyectos desarrollada como una herramienta metodológica que combate la incertidumbre a la que se ve sometida cualquier obra de construcción, servicio u operación. Múltiples investigadores vienen actualmente estudiando a profundidad la implicancia de una buena gestión y administración de los riesgos en cualquier etapa del proyecto. A continuación, se presentarán cinco de las investigaciones más relevantes realizadas en los últimos dos años, las mismas que se encuentran publicadas en revistas indizadas de alto impacto y cargadas al directorio Web of Science.

Ansah, Sorooshian y Oluyinka (2017) comentan acerca de la importancia que es para los interesados en cualquier proyecto identificar y evaluar adecuadamente los riesgos; el estudio resalta que la gestión de riesgos es una herramienta decisiva en la ejecución y administración de proyectos o servicios. Los reconoce, además, como característicos e inherentes a todas las fases de vida de un proyecto, partiendo desde su concepción, operación y servicio. El artículo está enfocado en Malasia, y prioriza en la gestión de riesgos, una correcta evaluación, categorización, planificación y priorización.

En el 20017, Park, Sun y Lee publicaron (2017) sobre lo fundamental que resulta a la hora de tomar decisiones sobre el mantenimiento y/o reposición de puentes la utilización de matrices de riesgos compuestas en las que podamos incluir todas las variables que juegan un papel importante. También proponen un modelo de acuerdo al nivel de riesgo e importancia de cada puente, esto realizado a raíz del análisis de un gran número de diferentes estructuras. Muestra, además, un rendimiento para un puente representativo como un nivel de riesgo que está en función del estado de condición, factor de seguridad y el valor de reemplazo. La validación del método se da con el análisis de un gran número de puentes

reales, concluyendo que es posible prevenir el colapso o falla de un puente con una correcta distribución del presupuesto para cuantificar los riesgos ambientales.

Aziz (2017) expuso en la tercera conferencia de construcción e ingeniería, como las fuentes de riesgo pueden incidir en el colapso de un puente. Aziz identificó alrededor de 15 riesgos en el puente Kutai Kartanegara, de los cuales se concluyen con 6 altamente incidentes. Expone, además que la mitigación para riesgos en puentes es inaceptable y por ello plantea diversas soluciones para prevenir su colapso.

Sacks, Kedar, Borrman, Brilakis y Huthwohl (2018) plantean el uso de soluciones innovadoras y ágiles para la evaluación de riesgos en puentes en servicio de todo el mundo,” consideran que esto es necesario para la reparación, modernización y reconstrucción de puentes en servicio. Proponen un sistema integrado de inspección de última generación llamado SeeBridge.

El riesgo en puentes existentes y el planteamiento de soluciones que mejoren su optimización basado en un análisis de costo-beneficio son estudiados por Mondoro y Frangopol (2018), enfocándose en el planteamiento de soluciones que mejoren su optimización basado en un análisis de costo-beneficio, su enfoque principal fueron los riesgos hidrológicos extremos como inundaciones pluviales, huracanes y otros. Presentan una aplicación para puentes pluviales ante diversos escenarios de exposición. El estudio contempla la incorporación de todos los modos posibles de fallas hidrológicos.

## 1.2 Bases Conceptuales

### 1.2.1 Fundamentos del “Project Management Institute” (PMI).

El Project Management Institute “PMI”, es una organización fundada en 1969 en los Estados Unidos de norte américa, cuyo principal objetivo es difundir las prácticas de la gerencia de proyectos, en 1990 realiza su primera publicación: el PMBOK® “Guide to the Project Management Body of Knowledge”. Los estándares publicados en el PMBOK son buenas prácticas ensayados en diversos proyectos, los cuales deben ser adecuados ante cada situación y de acuerdo a las necesidades.

La dirección de proyectos, por ende, comprende la aplicación del conocimiento, herramientas y técnicas para satisfacer las necesidades del usuario. Los estándares a usarse son únicos y propios para cada proyecto, por lo que deben ser seleccionados y rediseñados de manera única (PMI, 2017).

Para efectos de la presente investigación definiremos tres puntos del PMBOK:

- Proyectos.
- Gestión de los interesados.
- Gestión de riesgos.

#### 1.2.1.1 *Proyectos.*

De acuerdo a la conceptualización brindada por el “Project Management Institute” (PMI, 2017, p.4): “Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”.

Lo expuesto en el párrafo anterior define que los proyectos son llevados a cabo para el cumplimiento de los objetivos mediante la aplicación de métricas. Tomando la definición de objetivo del PMBOK (2017, p.4) “El objetivo es una meta hacia la cual se debe dirigir el

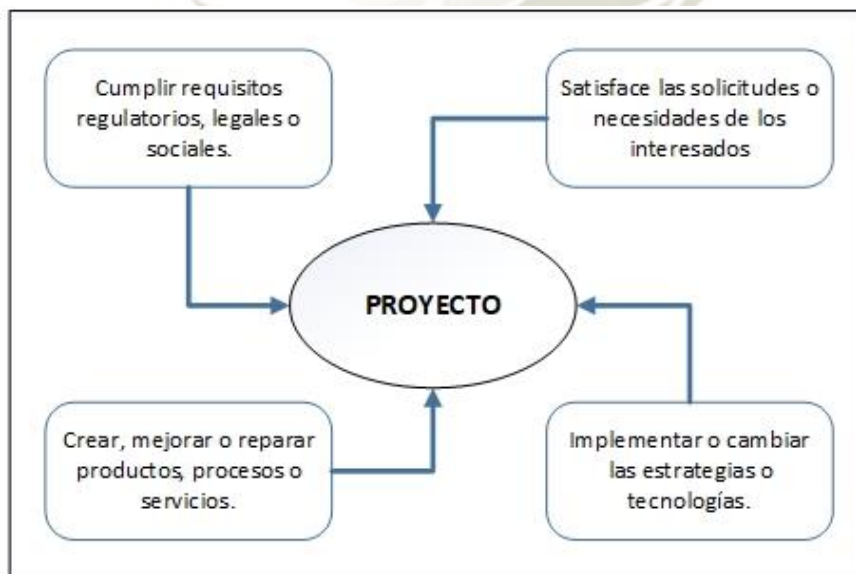
trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado obtener a un servicio a prestar”.

Los proyectos son también generadores de valor, el PMBOK (2017) define “El valor como el beneficio cuantificable neto que se deriva de una iniciativa de negocio; el beneficio puede ser tangible e intangible”.



*Figura 1 Transición del estado de una organización en un proyecto*  
*Fuente: Adaptado del PMBOK 6ta edición, 2017.*

El PMBOK (2017), nos fundamenta cuatro factores que actúan sobre sus organizaciones, los mismos que están dados en la Figura 2.

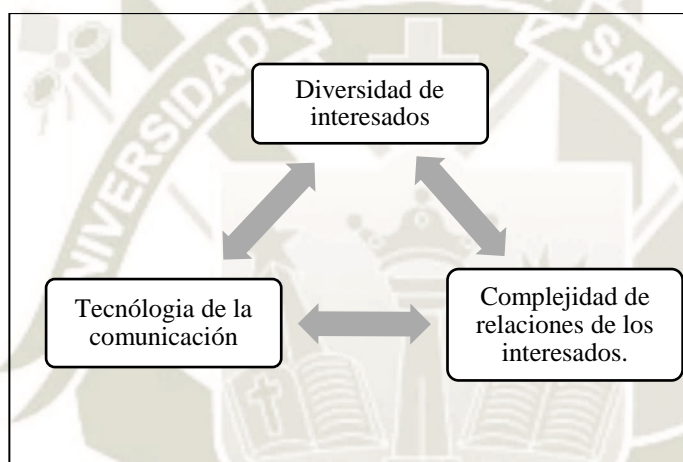


*Figura 2. Contexto de iniciación de Proyecto*  
*Fuente: Adaptado del PMBOK 6ta edición, 2017.*

### 1.2.1.2 Gestión de los interesados.

Gestionar a los interesados de un proyecto son los procesos referidos a la identificación de poblaciones, grupos u organizaciones que pueden verse afectos por la ejecución o durante la operación del proyecto; esto para conocer las expectativas que tengan y su impacto generado y de esta forma poder intervenir con un plan estratégico que permita su satisfacción y menor impacto negativo del proyecto (PMI, 2017).

Para la gestión de interesados se consideran básicamente tres consideraciones para su correcta adaptación:



**Figura 3. Contexto de iniciación de Proyecto**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Los procesos descritos por el PMI (2017) y aplicables a la investigación son:

*a) Identificación a los interesados.*

La identificación es el proceso de reconocer, analizar y documentar periódicamente a los interesados del proyecto. El principal beneficio que brinda el proceso es permitir detectar el enfoque adecuado para un correcto involucramiento de los interesados con el proyecto. El proceso se debe ejecutar de manera periódica y de acuerdo a como sea necesario. (PMI, 2017)

*b) Gestionar el involucramiento de los interesados.*

La gestión de involucrar a los interesados es el proceso que se centra en comunicar y reconocer necesidades y objetivos con el proyecto, además, se debe incluir la investigación de incidentes ocurridos. La principal ventaja del proceso es que permite al equipo responsable del proyecto obtener el apoyo y minimizar la resistencia que pueda generar su operación. (PMI, 2017)

La gestión para involucrar a los interesados en el proyecto implica:

- Introducir a los interesados en etapas del proyecto.
- Gestionar los requerimientos de los interesados.
- Abordar riesgos posibles o inquietudes implicados con gestionar a los interesados y anticiparse a posibles incidentes.
- Clarificar y solucionar los incidentes ya mapeados.

Las herramientas y técnicas a emplearse serán:

*i. Juicio de expertos:*

Se deben considerar y tomar en cuenta la opinión de individuos u organizaciones que tengan conocimiento en:

- Estructura y políticas dentro y fuera de la organización.
- Entorno cultural dentro y fuera de la organización.
- Técnicas para evaluar a grupos de involucramiento.
- Metodología y estrategias para comunicarse con los interesados.
- Caracterización de los interesados. (PMI, 2017)
- Conversaciones formales e informales.
- Identificar y discutir sobre los incidentes identificados.
- Reuniones.
- Encuestas (toma de datos).

### 1.1.1.3 Gestión de Riesgos.

#### Definición de Riesgos.

El manual de gestión de proyectos nos brinda la siguiente definición, (PMI, 2017, p.395): “Los objetivos de la gestión de riesgos son aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos del proyecto, y disminuir la probabilidad e impacto de los aspectos negativos”.

La gestión de riesgos parte de dos objetivos principales: aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto. (PMI, 2017)

El hecho de poder implementar un correcto sistema de gestión de riesgos se ha convertido en el principal desafío que involucra a los proyectos de construcción e infraestructura de cualquier tipo, un adecuado manejo enfocado y concentrado en la variabilidad termina por determinar que este sea exitoso o resulte en un fracaso. (Cruz, 2018). Bajo estas premisas se viene utilizando con mayor frecuencia los estándares del PMI para la gestión de riesgos con el objetivo de aumentar la confiabilidad del proyecto y minimizar al máximo sus pérdidas, tanto en el periodo de ejecución como el de operación. (Merna, 2004). Smith (2002) enuncia: “Una correcta gestión provee de información que es útil para la toma de decisiones en cualquier momento de la duración del proyecto”.



**Figura 4 .Procesos para la gestión de riesgos**  
Fuente: Elaboración propia

### *Características del Riesgo.*

Los riesgos se generan por la falta de capacidad de predecir el futuro e implican cierto grado de incertidumbre lo suficientemente considerable como para que pueda ser identificada. Para notar mejor esta incertidumbre describiremos algunas características del riesgo citadas por Palisade (2013).

- El riesgo puede ser objetivo o subjetivo, este puede ser identificado de manera inmediata o por una simple percepción de quien lo analiza.
- Siempre está sometido al uso del juicio personal, los riesgos por mucho que sean objetivos están considerados en su cualificación y cuantificación al nivel de importancia que el evaluador le brinde.
- Es posible aceptar o rechazar el riesgo, cada organización será libre de una vez identificado el riesgo gestionarlo de la manera que se considere pertinente.

A continuación, se describirán los procesos estandarizados por el “Project Management Institute” (2017).

#### *c) Identificar los riesgos.*

Es uno de los procesos más importantes ya que corresponde a encontrar los riesgos que afectan al proyecto, las fuentes y sus características. Su principal beneficio estará dado por la documentación correcta de los riesgos individuales asociados a su fuente.

El proceso de identificación de riesgos busca mapear los riesgos individuales y generales como todas las fuentes de riesgo. Los encargados de la identificación incluyen al equipo de proyecto y los interesados. El proceso de identificación de los riesgos e debería fomentar la identificación de riesgos individuales del proyecto por parte de todos los interesados del proyecto. Es prioritario lograr la sinergia entre el equipo de riesgos con el de interesados para que la identificación de los riesgos guarde coherencia y se pueda llegar

al nivel de riesgos general del proyecto y las acciones de respuesta que se planteen. (PMI, 2017)

El registro de los riesgos debe darse de un formato práctico para que quede claro el concepto que se quiere dar a cada uno de ellos. Se debe nombrar una fuente a cada riesgo de forma nominal y estos serán verificados durante los procesos siguientes. El proceso de identificación es iterativo, ya que se pueden generar o hallar nuevos riesgos durante la vida útil del proyecto. (PMI, 2017)

Las herramientas principales empleadas en el proceso y descritas por el PMBOK 6ta edición (2017) son:

***i. Recopilación de datos:***

- Tormenta de ideas, efectuada por el equipo de proyecto a opinión.
- Lista de verificación, desarrolladas en base a datos históricos del proyecto o de otros similares.
- Entrevistas, es posible mapear los riesgos individuales a razón de consultas a participantes experimentados a los interesados del proyecto.
- Análisis de causa-raíz, busca descubrir las causas que ocasionan cierto problema, identificar las amenazas, en base a un problema encontrado en el proyecto.
- Análisis FODA, examinar al proyecto desde sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, se sintetiza en que las debilidades y amenazas son riesgos para el proyecto.

***ii. Registro de Riesgos:***

La principal salida para el proceso de identificación de riesgos es el registro de riesgos, este documento busca plasmar los detalles de riesgos hallados en el proceso de identificación para realizar los análisis cualitativo y cuantitativo del riesgo. El documento

no solo debe contener un listado, sino información detallada acorde a la complejidad del proyecto. (PMI, 2017)

El documento debe contener por lo menos los siguientes puntos:

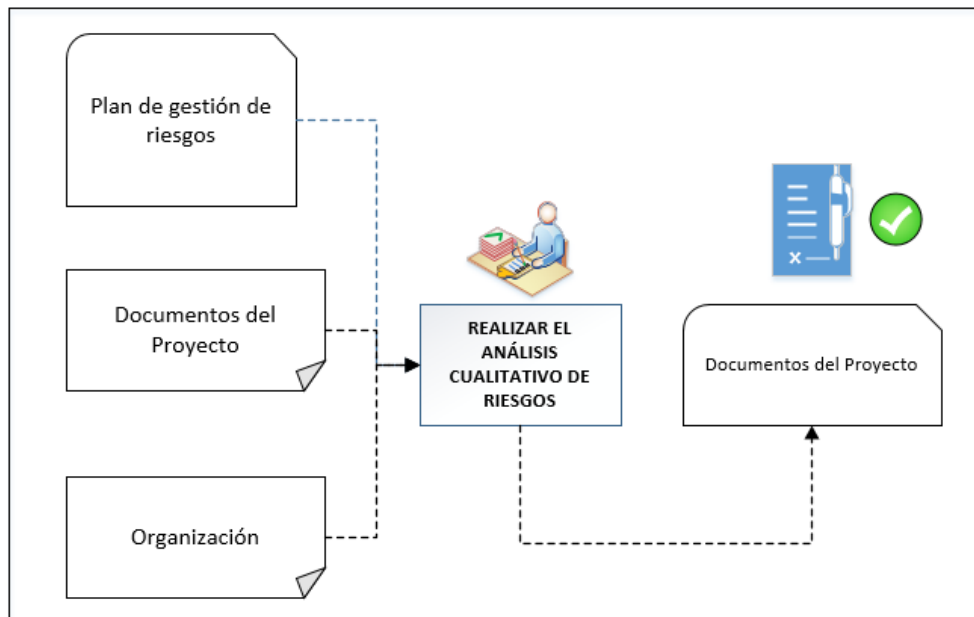
- Lista de riesgos, a cada riesgo hallado se le debe asignar un único ítem a fin de poder ubicarlos de forma rápida. Además, cada riesgo debe ser descrito de manera sintáctica para su comprensión por terceros.
- Fuentes del riesgo, listar cuando este ha podido ser identificado durante este proceso.
- Lista de respuesta potencial, cuando una respuesta preliminar puede ser identificada desde el proceso.

*d) Análisis cualitativo de riesgos.*

Con el análisis cualitativo se busca la evaluación de cuan prioritarios son los riesgos usando su probabilidad de ocurrencia., el impacto si ocurriesen y otros indicadores; estas evaluaciones, son realizadas de manera subjetiva en base a la percepción del riesgo por el equipo de proyecto, por ende, la eficacia del proceso estará en una buena identificación y la gestión del equipo de proyecto.

Este proceso debe establecer las prioridades de los riesgos individuales para planificar su respuesta. Se debe además asignar a cada riesgo un “dueño”, quien será encargado de hacerle seguimiento y garantizar que el plan realmente se implemente. El análisis cualitativo también establece la base para el siguiente proceso: el análisis cuantitativo del riesgo. El proceso se debe realizar de manera regular durante toda la vida útil del proyecto tan frecuente como se determine en el plan.

Al igual que el proceso de identificación, es preciso llevar a cabo el análisis cualitativo de riesgos de forma regular durante la vida del proyecto. (PMI, 2017)



*Figura 5. Análisis Cualitativo: Diagrama de Flujo de Datos*  
*Fuente: Adaptado del PMBOK 6ta edición, 2017.*

**i. Análisis de datos:**

El PMI (2017) nos brinda las siguientes herramientas para análisis de datos:

- Evaluación de la calidad de datos: valora el grado de confiabilidad de la precisión de los datos y si son o no confiables para ser tomados en la evaluación cualitativa del riesgo.
- Evaluación de probabilidad-impacto: la probabilidad toma en cuenta el riesgo de ocurrencia y el impacto el efecto potencial de ocurrencia.
- Otros parámetros del riesgo: urgencia, proximidad, inactividad, manejabilidad, controlabilidad, detectabilidad, conectividad, impacto estratégico, entre otras.

**ii. Categorización del riesgo:**

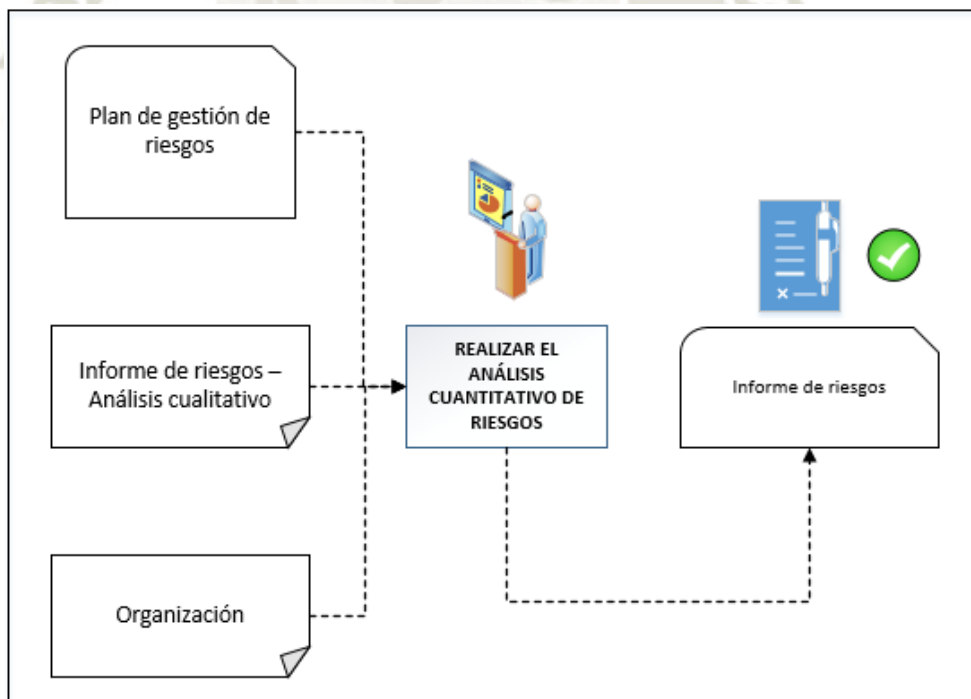
Para la categorización el PMI (2017) brinda la herramienta de “Estructura de Desglose del Trabajo” (RBS) por cada área del proyecto. Otra categorización puede darse de acuerdo a causas raíces comunes.

e) *Análisis cuantitativo de riesgos.*

El proceso de realizar el análisis cuantitativo es procesar de manera numérica los efectos en combinación de los riesgos individuales. Su principal ventaja es que brinda una cuantificación de la exposición al riesgo general para el proyecto y también brinda información para continuar con los siguientes procesos. (PMI, 2017)

Para poder ejecutar el análisis cuantitativo es necesario contar con datos confiables y de alta calidad sobre los riesgos. Este proceso solo evalúa los riesgos que luego del análisis cualitativo han resultado con un potencial de riesgo significativo para afectar los objetivos del proyecto. (PMI, 2017)

El análisis cuantitativo del riesgo aterrizará finalmente en una probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos para proceder a evaluar en síntesis cuanto es el riesgo general del proyecto asociado a cada riesgo individual. (Cruz, 2018)



**Figura 6. Análisis Cuantitativo: Diagrama de Flujo de Datos**  
Fuente: Adaptado del PMBOK 6ta edición, 2017.

Las principales herramienta para procesar los datos en el análisis cuantitativo según el Project Management Institute (2017) son:

*i. Análisis de datos.*

- Simulación, este proceso utiliza modelos que simulan los efectos combinados de todos los riesgos individuales y añade más fuentes de incertidumbre a fin de evaluar a nivel general el proyecto. Para esta herramienta es posible apoyarse en herramientas informáticas. (PMI, 2017)
- Análisis de sensibilidad, herramienta que correlaciona las variaciones con los resultados del proyecto en un modelo cuantitativo. El PMBOK propone el uso del “diagrama de tornado”, el cual representará un coeficiente de correlación con la duración del proyecto. (PMI, 2017)
- Árbol de decisiones, Se utilizan para seleccionar el mejor curso de acción entre varias opciones.
- Diagramas de influencias, son herramientas gráficas para la toma de decisiones basadas en la incertidumbre. Aquí es posible la utilización de un análisis de Monte Carlo. (PMI, 2017)

*ii. Evaluación de la exposición al riesgo.*

El riesgo general estará dado por la posibilidad de éxito del proyecto acorde a la probabilidad del logro de sus objetivos; y el grado de variabilidad del mismo. (PMI, 2017)

*iii. Análisis probabilístico del proyecto.*

El PMI (2017) cita las salidas claves del proceso:

- Cantidad reservada para contingencias.
- Identificar riesgos individuales.
- Condiciones del riesgo general del proyecto.

*iv. Lista priorizada de riesgo.*

Se incluyen en esta lista los riesgos priorizados de acuerdo a los indicadores que denoten su probabilidad y su incidencia. (PMI, 2017)

v. ***Representaciones de la incertidumbre.***

En el caso de tener costos inciertos para el proyecto, es preferible trabajar con un modelo que represente la incertidumbre. (PMI, 2017)

Los modelos normalmente toman formas como triangular, logarítmica, uniformes o discretas, modelos informáticos como el @Risk seleccionan de acuerdo al tipo de simulación la forma que tomará el modelo y que sesgará de manera adecuada el riesgo. (Palisade, 2013).

Para cubrir los riesgos individuales es posible la utilización de distribuciones probabilísticas. Los riesgos pueden estar incluidos como ramas probabilísticas, a fin de que pueda ser representado como un costo en caso que se active. Cuando el riesgo está relacionado con una causa común es útil emplear la correlación en el modelo.

f) ***Planificar la respuesta a los riesgos.***

Desarrolla opciones, estrategias y acciones para responder a los riesgos identificados como altamente incidentes en el proyecto. El aspecto positivo de este proceso es la identificación clave de métodos de cómo responder ante la ocurrencia de riesgos. (PMI, 2017)

Con las respuestas planteadas en este proceso se busca reducir a su mínima expresión las amenazas individuales, maximizando las oportunidades para lograr reducir la exposición al riesgo general. (PMI, 2017)

Cabe resaltar que respuestas no direccionadas de manera correcta pueden jugar de manera inadecuada incrementando los riesgos y generando la aparición de nuevas y distintas amenazas. (Merna, 2004)

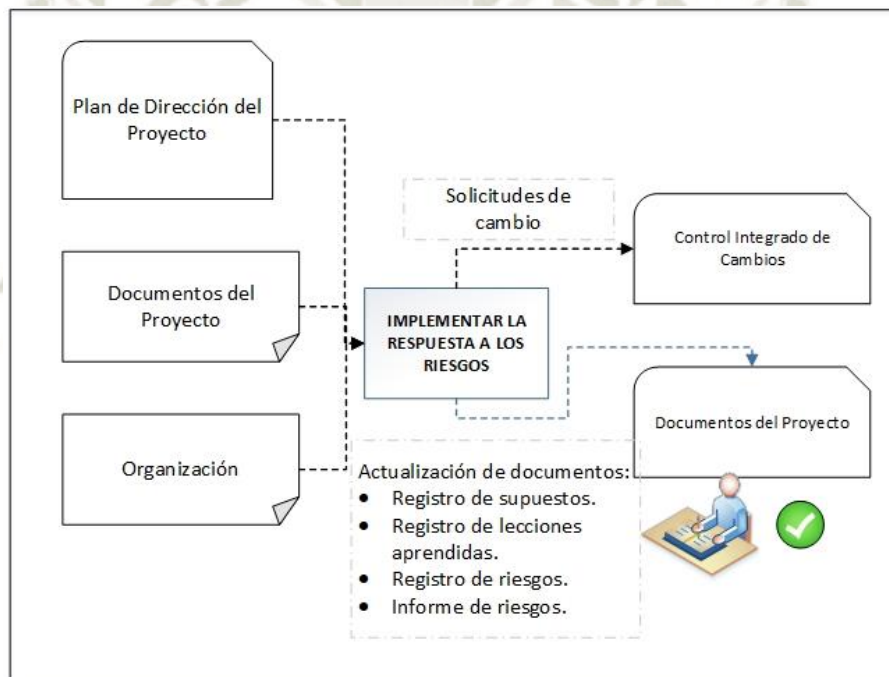
***Estrategias para el riesgo general:***

Se describen cinco estrategias fundamentales como alternativas para la respuesta a los riesgos. (PMI, 2017)

- Escalar.
- Evitar.
- Transferir.
- Aceptar.

g) *Implementar la respuesta a los riesgos.*

Es el proceso que busca implementar las respuestas propuestas en el proceso anterior; este proceso busca asegurar que las respuestas se cumplan en el proyecto con un adecuado plan de implementación. (PMI, 2017)

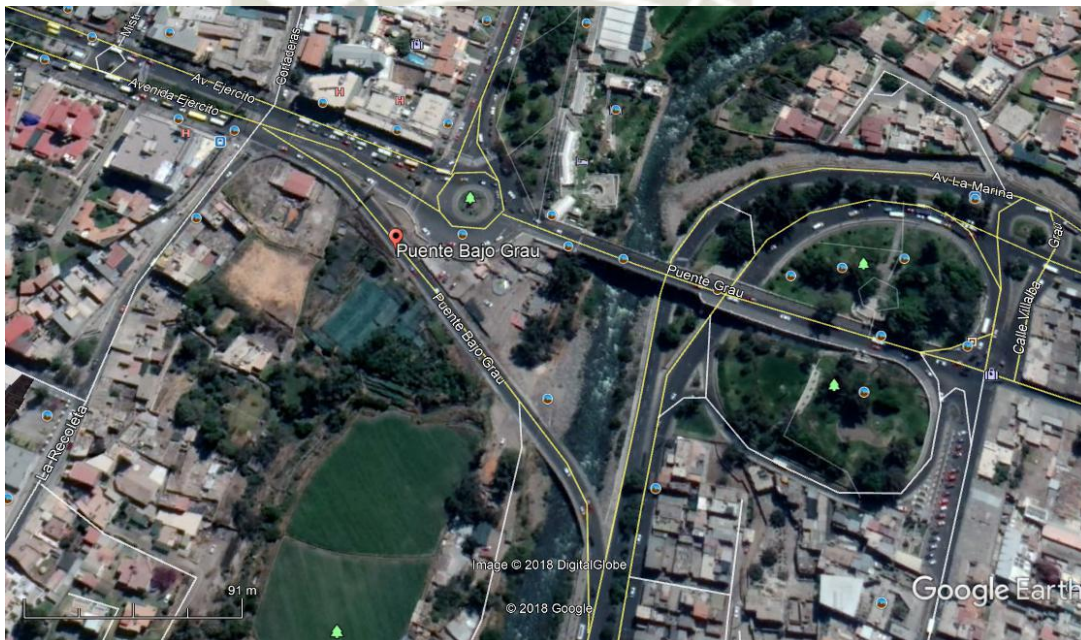


**Figura 7. Implementar la respuesta a riesgos: Diagrama de Flujo de Datos**  
Fuente: Adaptado del PMBOK 6ta edición, 2017.

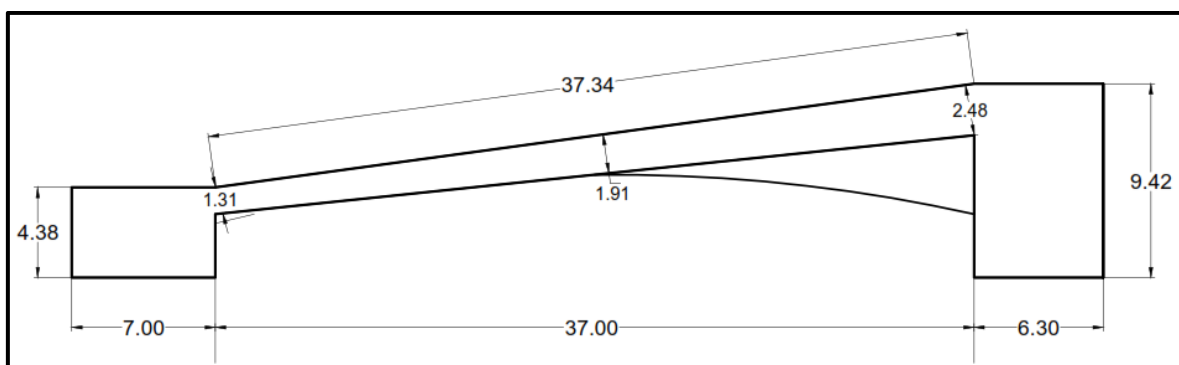
### 1.2.1 Puente Bajo Grau.

Estructura de concreto armado concebida como conexión rápida, esta obra representaba un hito importante para la ciudad, ya que al encontrarse separada geográficamente por el río Chili, existían muy pocos puntos de conexión interdistritales.

- Coordenadas de ubicación: 228798.66m E, 8185807.95M S
- Elevación media: 2334 msnm
- Longitud de superestructura: 51.3 m.
- Altura libre media: 5m



**Figura 8. Vista de planta del puente Bajo Grau**  
Fuente: Fotografía satelital Google Earth Pro – Versión 7.3



**Figura 9. Sección transversal del puente de Bajo Grau**  
Fuente: Elaboración propia.

Su construcción se inició en el año 1989, gestionado por la municipalidad provincial de Arequipa a cargo del alcalde Luis Cáceres Velásquez, su construcción generó polémica desde sus inicios al ser cuestionada si su altura resultaría funcional para el pase óptimo del río Chili.



**Figura 10. Puento Bajo Grau – Vista Sur**  
**Fuente: Fotografía Propia**



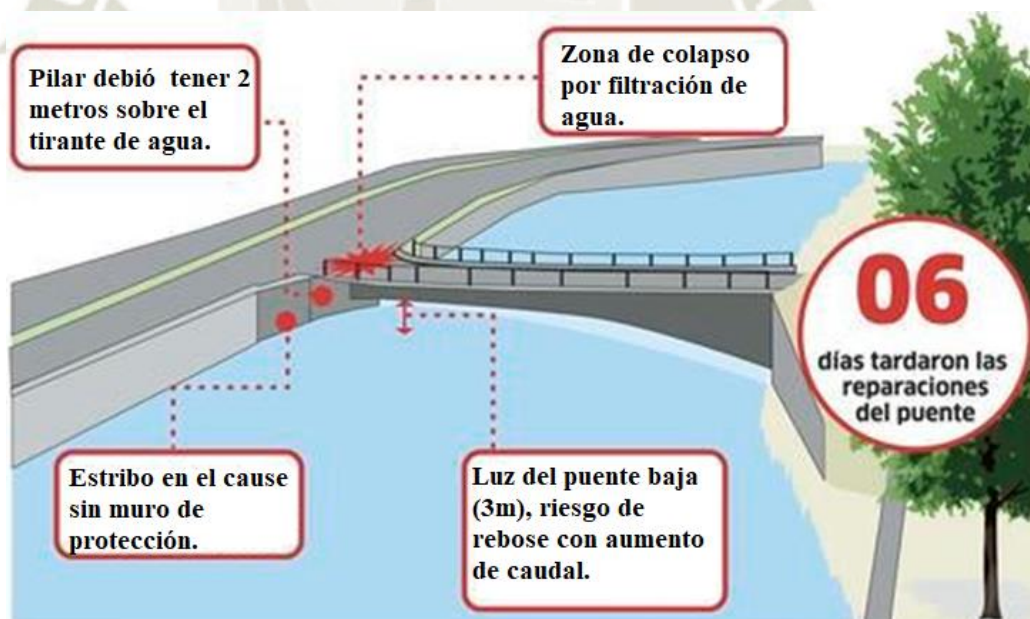
**Figura 11. Puento Bajo Grau – Vista Norte**  
**Fuente: Fotografía propia**

Analizando la problemática actual, tenemos que el año 2012 el puente sufrió serios daños en épocas de lluvias, los cuales dejaron un forado en el extremo que conecta a la avenida la Marina, situación que se presenta típicamente en cada periodo de verano disminuyendo considerablemente la operatividad del puente.



*Figura 12. Falla en Puente Bajo Grau*

*Fuente: Diario La República 2012*



*Figura 13. Infografía de falla en el Puente Bajo Grau 2012*

*Fuente: Diario La República 2012*



**Figura 14. Interrupción del tránsito en Puente Bajo Grau**  
**Fuente: Diario Correo 2013**

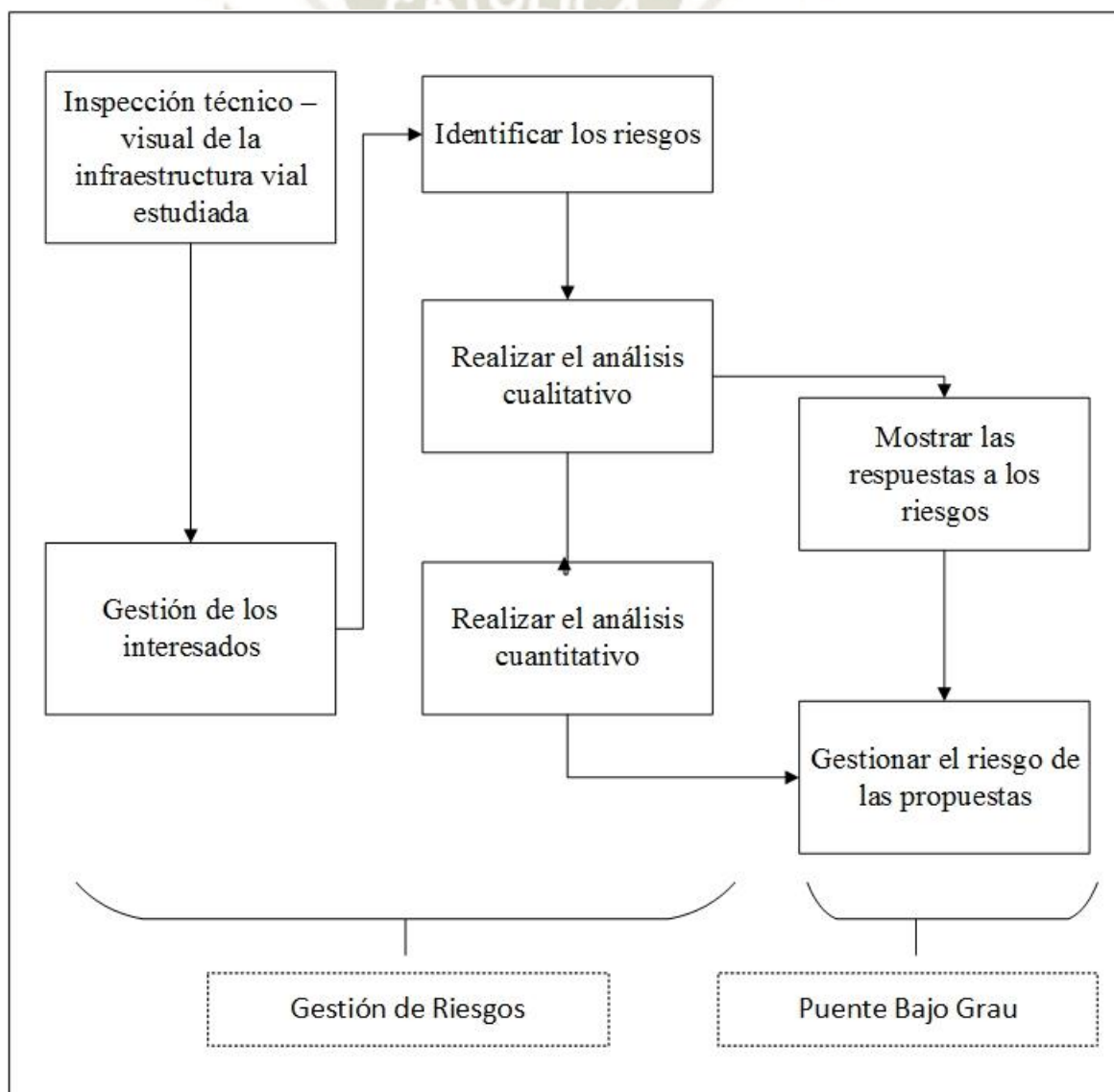
De igual manera encontramos que los fenómenos climatológicos del verano del 2013 generaron el colapso y la interrupción temporal de las vías, dejando incomunicados los márgenes extremos y generando nuevamente la polémica del nivel de riesgo al que se ve sometida la estructura y la necesidad de realizar obras de mejora o su remplazo total por un nuevo puente con mayores alturas.



**Figura 15. Desborde del río Chili**  
**Fuente: Fotografía propia**

## Capítulo II Metodología

En el presente capítulo se hace descripción de la adaptación metodológica de los estándares del Project Management Institute (PMI), tomando libertades que serán propias para el análisis de proyectos viales ya ejecutados y que requieren alguna intervención constructiva inmediata, se hace indicación que la tesis está validada con el caso del puente Bajo Grau, por lo que representa la variable dependiente, para ello se hará referencia al diagrama de flujo representado por la figura 16.



**Figura 16. Diagrama de flujo para metodología de la investigación**

**Fuente: Elaboración propia**

Como se hizo mención en el plan de tesis, la investigación es de acuerdo a su naturaleza, de tipo aplicada, debido a que hace búsqueda de ampliación de las bases de conocimiento con la aplicación directa a los problemas sociales, esto fundado en sus objetivos son entrelazar conceptos ya establecidos con problemas reales.

Las investigaciones de tipo aplicadas deben poseer propósitos prácticos contundentes y que se encuentren correctamente definidos, esto porque luego de su conclusión se busca proponer acciones de mejora y modificar el puente a estudiarse para mejorar su operatividad. (Carrasco, 2009).

En la tabla 2 se muestra las variables de la investigación asociadas a las dimensiones que permitirán su estudio y posterior verificación.

**Tabla 2.**  
*Definición y operacionalización de las variables*

Variable	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones
Gestión de Riesgos	Independiente.	Se define como la forma de administrar las incertidumbres asociadas a una amenaza, para evitar que se vea transformado en un peligro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inspección técnico-visual.</li> <li>– Gestión de interesados.</li> <li>– Identificar los riesgos.</li> <li>– Análisis cualitativo.</li> <li>– Análisis cuantitativo.</li> </ul>
Obra de infraestructura vial existente: Bajo Grau	Dependiente.	Puente de concreto armado ubicado en el distrito, provincia, y región de Arequipa; construido en el año 1989 y constantemente sometido a riesgos pluviales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Planificar las respuestas a riesgos.</li> <li>– Gestión de respuestas a riesgos.</li> </ul>

**Fuente: Elaboración propia**

A continuación, describiremos detalladamente las estrategias metodológicas empleadas para ejecutar la investigación haciendo relación con la variable respectiva, para luego mostrar las técnicas que se han utilizado para validar cada uno de los resultados a entregar.

## 2.1 Variable Independiente: Gestión de Riesgos

### 2.1.1 Inspección técnico-visual del puente Bajo Grau

El primer paso fundamental para llevar a cabo la investigación mostrada es la recolección de datos técnicos que servirán para realizar las evaluaciones correspondientes del nivel del riesgo aplicando los estándares del PMI®.

En este apartado se hace división a la metodología en dos partes fundamentales:

- la primera la determinación del caudal máximo del afluente en estudio (considerando que el riesgo de mayor potencial es el hidrológico), este proceso aterriza en datos de caudal máximo para el río Chili y la determinación del nivel más riesgoso.
- y la segunda la toma de medidas referenciales de la estructura (para la ejecución de planos del proyecto), puente Bajo Grau, esto principalmente para comparar con las hipótesis vertidas y además realizar un cálculo de costos adecuados que mida el nivel de riesgo.

En la siguiente tabla se muestra la forma como será operacionalizada la dimensión de inspección técnico-visual, mostrando sus indicadores, técnicas, instrumentos y su validación correspondiente.

**Tabla 3.**

*Metodología de operacionalización de la inspección técnico – visual*

Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Validación
Caudal máximo del afluente.	Consulta en base de datos del SENAMHI.	Entornos virtuales.	Propia de la entidad.
Dimensiones referenciales del puente.	Toma de medidas en campo.	Equipos de topografía.	Comparación con datos existentes.

**Fuente: Elaboración propia**

### 2.1.2 Gestión de interesados

El PMI® innova con el involucramiento de todas las partes interesadas del proyecto, es así que los “Stake-Holders” jugarán un rol importante en el desarrollo de la investigación, en primera instancia su identificación mostrará su grado de involucración y a través de encuestas medir su satisfacción con el uso del proyecto, el nivel de percepción que tienen al riesgo y otra información importante para la adecuada gestión de los riesgos.

Además de la identificación de los interesados, otro proceso que comprende el desarrollo de la dimensión, es la planificación del involucramiento de ahora en adelante con el proyecto, esto para que su participación sea activa y la retroalimentación sirva para satisfacer correctamente los objetivos del proyecto.

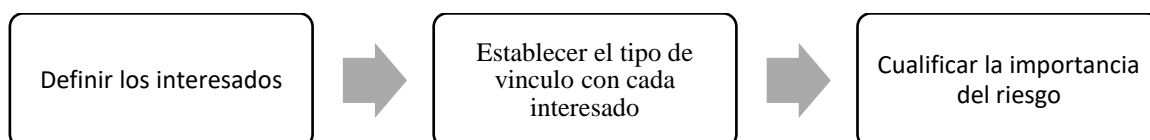
**Tabla 4.**  
*Metodología de operacionalización para gestión de interesados*

Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Validación
Identificar los interesados.	Recopilación de datos.	Matriz de interesados	Juicio de expertos
Planificar el involucramiento.	Mapeo y representación de datos.	Encuestas	Nivel de confiabilidad

**Fuente: Elaboración propia**

El PMBOK (2017) nos aporta con ciertas pautas para la adaptación de los interesados:

- Cantidad de interesados.
- Relación con los interesados.
- Medios para comunicarse con los interesados.



**Figura 17** *Diagrama de flujo para la gestión de interesados*  
**Fuente: Elaboración Propia**

## 2.1.3 Identificar los riesgos

### 2.1.3.1 Matriz de identificación de interesados.

### 2.1.3.2 Involucramiento de los interesados.

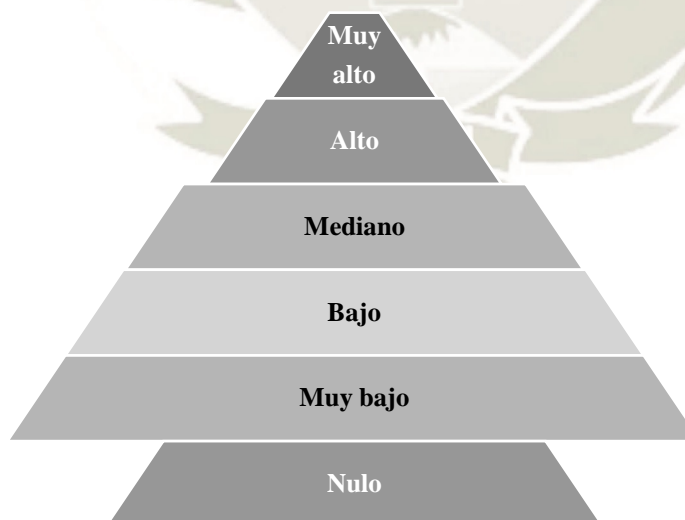
Tabla 5.

*Metodología de operacionalización para identificar los riesgos*

Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Validación
Riesgos en el proyecto	Inspección en campo. Dictamen de interesados. Tormenta de ideas.	Estructura de Desglose de Riesgos.	
Valoración del riesgo	Escala de impactos.	Matriz de escala de riesgos según el PMI 6ta edición.	Juicio de expertos
Disparadores de riesgo	Listas de verificación (Check-List)	Plantilla para identificación de riesgos.	

**Fuente: Elaboración propia**

- a) Valoración de los riesgos, asignación de una escala preliminar de impacto a cada una de los riesgos enlistados (este valor será operacionalizado de manera más profunda durante el proceso del análisis cualitativo del riesgo).



*Figura 18. Escala de valoración de riesgos*

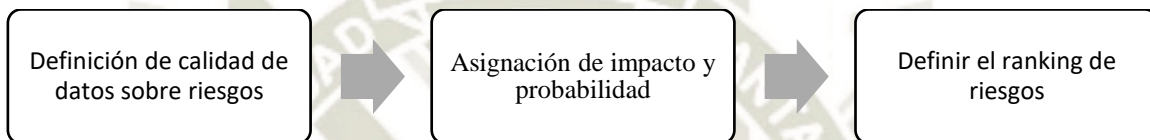
**Fuente: Elaboración propia**

- b) Asignación de un disparador a cada riesgo, también conocidos como “Triggers”, son los eventos o síntomas de que un riesgo está a punto de

activarse, estos han sido identificados tomando en cuenta eventos similares que han acontecido durante la vida del proyecto.

#### 2.1.4 Análisis cualitativo

En esta sección se desarrolla el primer análisis de los riesgos, esto nos arrojará los riesgos con mayor probabilidad e impacto en el proyecto a nivel cualitativo, sesgado etimológicamente la palabra cualidad significa un nombramiento descriptivo de las características propias de cada riesgo y hace referencia a calidad de los elementos a analizar.



**Figura 19** Diagrama de flujo para el análisis cualitativo  
Fuente: Elaboración Propia

Los procesos comprendidos dentro de este análisis son:

- a) Calidad de datos, se precedió a asignar a cada dato tomado como riesgo un nivel de confiabilidad porcentual, para posteriormente determinar el grado de confianza de todos los datos en análisis.
- b) Probabilidad e impacto de riesgos, con el apoyo de una escala de probabilidad e impacto para el proyecto, se procederá con el cálculo del índice de evaluación del riesgo, calculándolo con la siguiente fórmula:

$$R = P \times I$$

Donde:

- |   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| R | : | Calificación del riesgo |
| P | : | Probabilidad            |
| I | : | Impacto                 |

**Tabla 6.**

**Probabilidad del riesgo**

Escala	Probabilidad	Frecuencia
Muy alto	90%	En los últimos años 10 años, inoperatividad anual.
Alto	70%	En los últimos años 10 años, inoperatividad en cinco ocasiones.
Mediano	50%	En los últimos años 10 años, dos veces inoperativo.
Bajo	30%	En los últimos años 10 años, una vez inoperativo.
Muy bajo	10%	En los últimos años 10 años, siempre estuvo operativo.

*Fuente: Adaptado de PMBOK 6ta edición, 2017.*

**Tabla 7.**

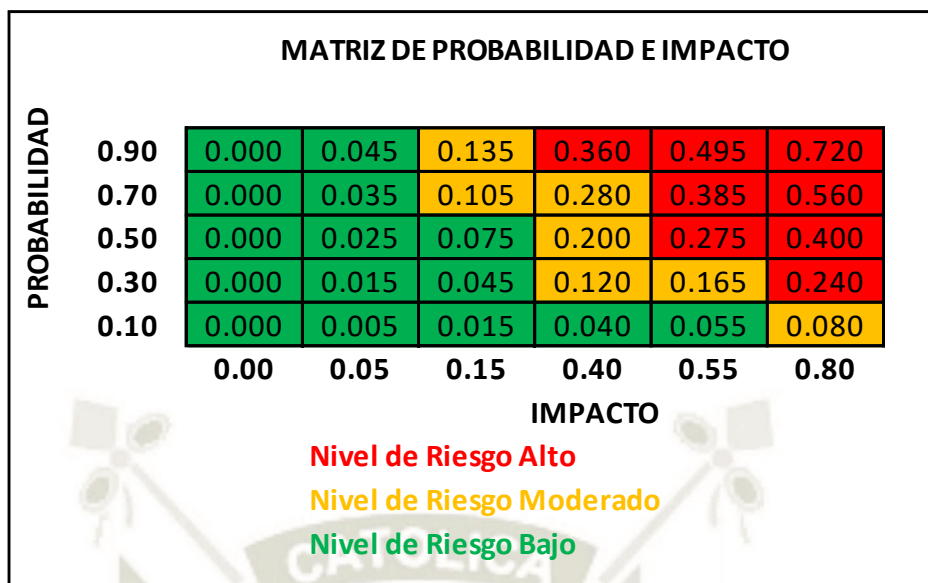
**Impacto del riesgo**

Escala	Impacto	Tiempo	Costo
Muy alto	90%	> 6 meses	> 5 millones \$
Alto	55%	3 - 6 meses	\$1 - \$5 millones
Mediano	40%	1 - 3 meses	\$501 mil a \$1 millón
Bajo	15%	1 - 4 semanas	\$100 a \$500 mil
Muy bajo	5%	1 semana	< \$100mil
Nulo	0	No altera	No presenta

*Fuente: Adaptado de PMBOK 6ta edición, 2017.*

Aplicando la fórmula mencionada se llega a la matriz de probabilidad e impacto de riesgos, con una escala diferenciamos los tres niveles de riesgo:

- Riesgo alto: de 24% a más
- Riesgo moderado: entre 8% a 14%
- Riesgo bajo: menores al 6%



*Figura 20. Escala de valoración de riesgos*  
Fuente: Adaptado de PMBOK 6ta edición, 2017.

La matriz de probabilidad impacto resulta la herramienta más importante del proceso del análisis cualitativo, ya que su selección de acuerdo al juicio de experto sirve para su posterior ingreso a las diversas simulaciones del siguiente proceso.

En la siguiente tabla se hace síntesis al modo operacional con el que será tratado el análisis cualitativo, considerando técnicas, instrumentos y medios de validación.

**Tabla 8.**

*Metodología de operacionalización del análisis cualitativo de los riesgos*

Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Validación
Calidad de datos sobre riesgos	Check – List de datos confiables.	Plantilla de validación de data.	Confiabilidad de datos
Probabilidad de impacto de riesgos	Índice de evaluación de riesgo.	Matriz informática de probabilidad – impacto.	Probabilística
Ranking de riesgos	Diagrama jerárquico.	RBS – Estructura de Desglose de riesgos.	Teorema de Pareto

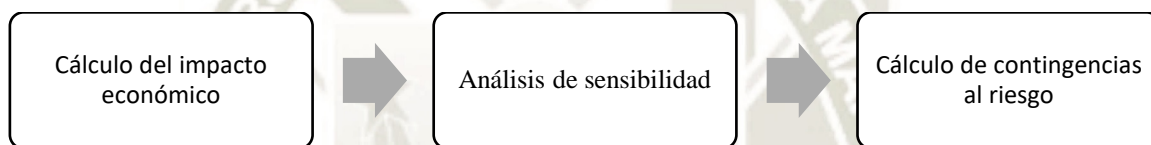
**Fuente: Elaboración propia**

### 2.1.7 Análisis cuantitativo

En este proceso se operaron numéricamente la combinación de los riesgos individuales, esta evaluación es la más acertada de todas las realizadas ya que el PMI® asocia la palabra riesgo a la pérdida o ganancia económica.

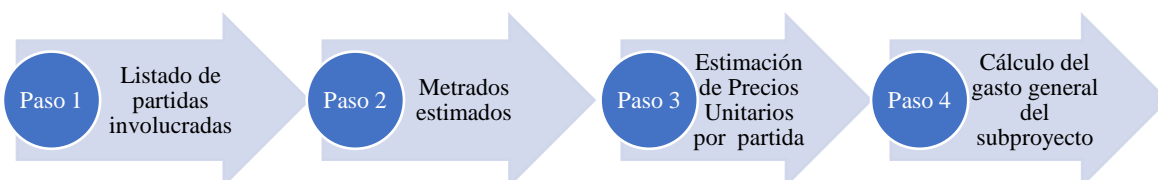
La conceptualización es que con valores numéricos se pueda evaluar asignando cantidades monetarias el nivel del riesgo.

El PMI® precisa la realización del proceso a continuación del análisis cuantitativo, por lo que tomando como entrada el ranking de riesgos con los que resultaron más representativos se procedió como se explica en el esquema de la figura 21.



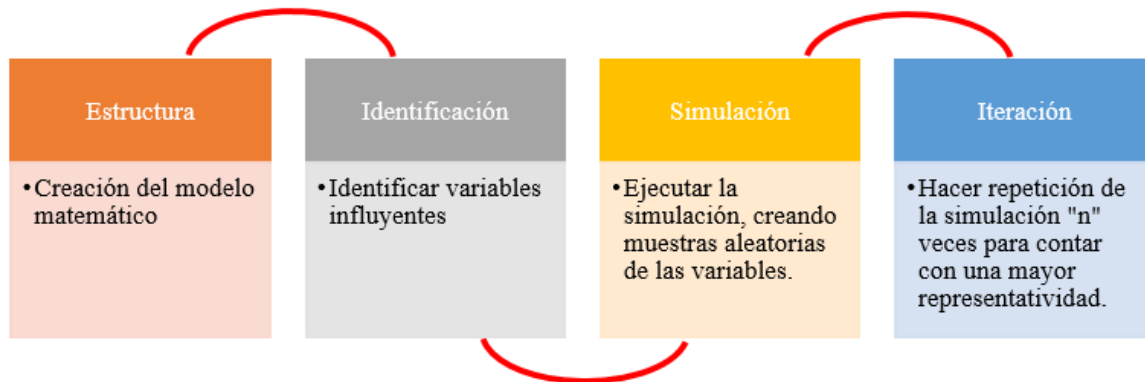
**Figura 21** Diagrama de flujo para el análisis cuantitativo  
Fuente: Elaboración Propia

- a) Impacto económico, se generó un presupuesto para cada impacto si es que el riesgo llegará a activarse, se tomó para el análisis los riesgos cualificados como altos (de acuerdo al análisis cualitativo), se tomaron todas las consideraciones normales para la estimación de costo, esto bajo la modalidad de precios unitarios siguiendo los pasos de la figura en esquema mostrado:



**Figura 22** Proceso para la estimación de impactos económicos  
Fuente: Elaboración Propia

Debido a que los valores no son basados en números exactos se someterán a un análisis probabilístico de riesgo bajo una simulación Monte – Carlo, esto empleando la herramienta informática @Risk edición 7.6, la misma que trabaja como una extensión para Microsoft Excel 2016.



*Figura 23 Diagrama de flujo del método de Montecarlo*

**Fuente:** Adaptación de Data analysis of incomplete repeated measures using a multivariate extension of the Brown-Forsythe procedure, Seco (2018)

Con @Risk buscamos simular un histograma Monte – Carlo, que mostrará el rango y probabilidad de posibles resultados, el modelo trabaja realizando una distribución PERT “Program Evaluation and Review Techniques”, además, será preciso el ingreso del porcentaje PERT: Pesimista, optimista y el más probable.

El modelo será corrido para realizar un total de 10,000 simulaciones aleatorias de combinación, lo que permitirá el cálculo del error probabilístico como:

$$e = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Donde:

- e : Error absoluto del modelo
- n : Número de evaluaciones

Con esta simulación se buscó delimitar un valor de contingencia que se pueda aplicar al presupuesto, el porcentaje de fiabilidad que tiene la estimación para

considerar la corregida, esto delimitando los posibles valores entre el 5% y el 95% de los valores probabilísticos.

Elementos de costo	Caso base	Optimista	Más probable	Pesimista
Mano de Obra	2,000	90%	100%	125%
Materiales	5,000	90%	100%	125%
Equipos	4,000	90%	100%	125%
Subcontratas	2,000	90%	100%	125%
IT	1,000	90%	100%	125%
Vehículos	500	90%	100%	125%
Seguridad de obra	1,500	90%	100%	125%
Otros gastos generales	2,500	90%	100%	125%

**Estadísticos de resumen**

Probabilidad de cumplir el valor del caso base	17.48%
Presupuesto total necesario para una confianza del 95.0%	19,793
Contingencia necesaria para una confianza del 95.0%	1,293

**Figura 24** Interfaz de ingreso de datos en @Risk para simulación del presupuesto

Fuente: Elaborado con @Risk 7.6

- b) Análisis de sensibilidad, con el cálculo del valor del costo de impacto para los riesgos incidentes altos, se procede a ingresar las probabilidades devueltas del análisis cualitativo.

**Entradas inciertas**

Evento	Probabilidad	Ocurre	Impacto si ocurre	Impacto real
Riesgo 1	0.450	0	\$500,000	\$0
Riesgo 2	0.500	0	\$50,000	\$0
Riesgo 3	0.050	0	\$100,000	\$0
Riesgo 4	0.080	0	\$250,000	\$0
Riesgo 5	0.250	0	\$400,000	\$0
Riesgo 6	0.150	0	\$300,000	\$0
Riesgo 7	0.350	1	\$100,000	\$100,000
Riesgo 8	0.020	0	\$250,000	\$0
Riesgo 9	0.370	1	\$500,000	\$500,000
Riesgo 10	0.010	0	\$300,000	\$0
Riesgo 11	0.680	0	\$150,000	\$0
Suma		2	\$2,900,000	

**Resultado de salida**

Impacto real total \$600,000

**Estadísticos de resumen**

Media de impacto total	\$226,000
Desv est de impacto total	\$235,716
P(impacto total igual a 0)	0.3192
P(impacto total > \$1 millón)	0.0034

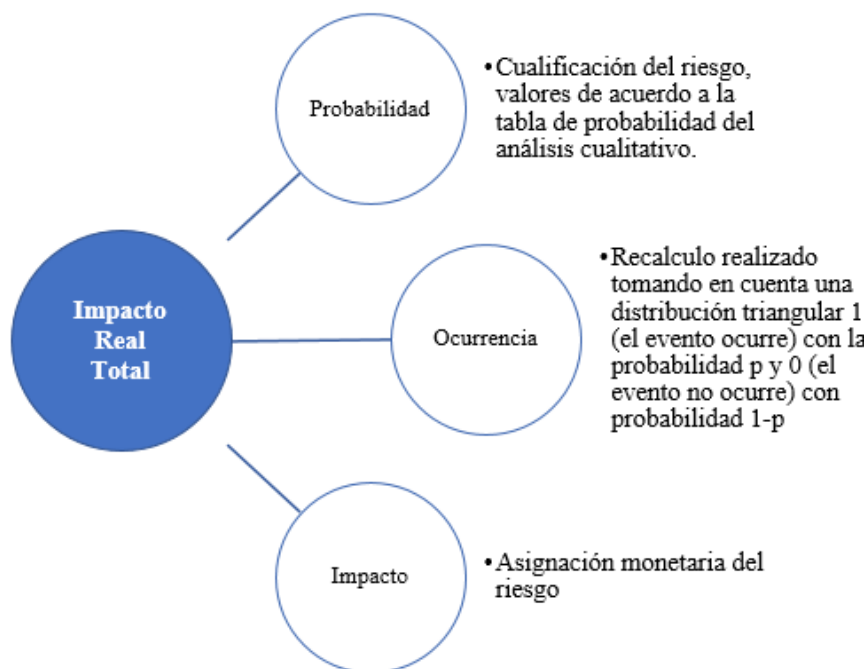
**Figura 25** Interfaz de ingreso de datos en @Risk para análisis probabilístico de sensibilidad

Fuente: Elaborado con @Risk 7.6

La forma de visualizar el análisis de sensibilidad está dada por un diagrama de tornado, presentando el coeficiente de correlación simulado para cada uno de los elementos de riesgo.

El modelo seleccionado será de forma triangular, con un total de 10,000 iteraciones, el software @Risk juega con las probabilidades conjuntas para todos los riesgos listados haciendo combinaciones probabilidad – impacto.

El diagrama de tornado es un análisis de sensibilidad que jerarquiza las variables de entrada que impactarán a las de salida. Las variables con mayor impacto sobre la distribución de la variable de salida poseerán las barras más largas en el gráfico. (Palisade, 2013)



**Figura 26 Diagrama de flujo para el diagrama de tornado del proyecto**  
Fuente: Elaboración propia

Del análisis de sensibilidad y luego de la jerarquización de los riesgos se eligen los tres riesgos prioritarios o más incidentes en el proyecto, sobre los cuales será necesario el cálculo de la contingencia.

- c) Cálculo de contingencia (nivel de riesgo general), como se indicó del diagrama de tornado son seleccionados de acuerdo al nuevo ranking de riesgos los tres más incidentes al proyecto, los cuales usando los valores para contingencia obtenidos por la simulación del proyecto se puede determinar cuál es el nivel de riesgo general del proyecto expresado en factores monetarios.



**Figura 27** Diagrama de flujo para el diagrama de tornado del proyecto  
Fuente: Elaboración propia

Del análisis cuantitativo se entregan los valores más confiables de la gestión de riesgos bajo el enfoque del PMI®, ya que estos han pasado por los tres procesos seleccionados y son validados con una herramienta que utiliza procesos estadísticos avanzados para hacer que el error tienda a cero.

**Tabla 9.**  
*Metodología de operacionalización para el análisis cuantitativo de los riesgos*

Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Validación
Impacto económico.	Simulación	Histogramas de Monte Carlo.	
Nivel de riesgo planteado.	Sensibilidad	Diagrama de tornado.	Software @Risk 7.6
Nivel de riesgo general.	Cálculo de contingencias	Informe de riesgos.	

Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Variable Dependiente: Puente Bajo Grau

### 2.2.1 Planificar las respuestas a los riesgos

El primer proceso que permite operacionalizar la variable dependiente es la planificación de las respuestas ante los riesgos, para ello se han empleado dos herramientas principales para lograr dicho objetivo:

- Análisis de alternativas, comparación realizado a las características de las opciones propuestas.
- Análisis costo beneficios, siempre un factor determinante ante cualquier respuesta será la alternativa que genere un balance entre el costo y el beneficio de la propuesta.

Con la tabulación de los riesgos identificados, cualificados y cuantificados, se procederá a asignar una estrategia para planificar su gestión, las cuales se listas:

Evitar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para riesgos negativos con evaluación ALTA.</li> <li>• Replanteo del proyecto.</li> </ul>
Explotar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos positivos con cualquier calificación.</li> <li>• Utilizar las ventajas del riesgo para el proyecto.</li> </ul>
Tranferir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de riesgo ALTO.</li> <li>• Involucrar a un tercero para su operación.</li> </ul>
Mitigar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de acciones que puedan disminuir el nivel de riesgo aplicado.</li> </ul>
Aceptar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para riesgos que no comprometen la funcionabilidad del proyecot MEDIOS Y BAJOS.</li> </ul>

**Figura 28** Diagrama de flujo para el diagrama de tornado del proyecto  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.**  
*Metodología de operacionalización para la respuesta a riesgos*

Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Validación
Inoperatividad del puente Bajo Grau	Análisis de alternativas. Análisis de costo-beneficio.	Indicadores informáticos	Análisis cuantitativo

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2 Gestión de respuestas a riesgos

Para el proceso final de la gestión de riesgos para obras existentes bajo estándares del PMI®, no solo es necesario mostrar las respuestas propuestas, las mismas que por razones coyunturales no necesariamente serán aplicadas, si no, también proponer un plan de cómo gestionar las respuestas para disminuir el riesgo en las medidas que sea posible.

A efectos de satisfacer los objetivos de la investigación de ha se asignar las siguientes propiedades a cada respuesta:

- Propietario del riesgo, persona u organización que es responsable de monitorear la activación del riesgo.
- Estado, (abierto o cerrado) para efectos de la investigación y al no ser parte de la entidad ejecutora todos los riesgos han sido asignados al estado “abierto”.
- Plan de contingencia, se mostrarán las respuestas ya estudiadas en los acápites anteriores.

Finalmente, en la tabla 11 se muestra el indicador usado, la técnica, instrumento y el método de validación.

**Tabla 11.**  
*Metodología de operacionalización para gestionar la respuesta a riesgos*

Indicador	Técnica	Instrumento	Validación
Plan de respuestas a riesgos	Matriz de respuestas a riesgos.	Plantilla informática de respuestas.	Análisis cuantitativo

**Fuente:** Elaboración propia

## Capítulo III Cálculos y Resultados

### 3.1 Variable Independiente: Gestión de Riesgos

#### 3.1.1 Inspección técnico-visual del puente Bajo Grau

Para tener datos geométricos más exactos de la estructura en estudio, Puente Bajo Grau, y partiendo que no se han encontrado planos propios proporcionados por la entidad (Municipalidad Provincial de Arequipa), se han tomado medidas con apoyo de equipos topográficos en sitio, instrumentos: estación total, GPS, y wincha.

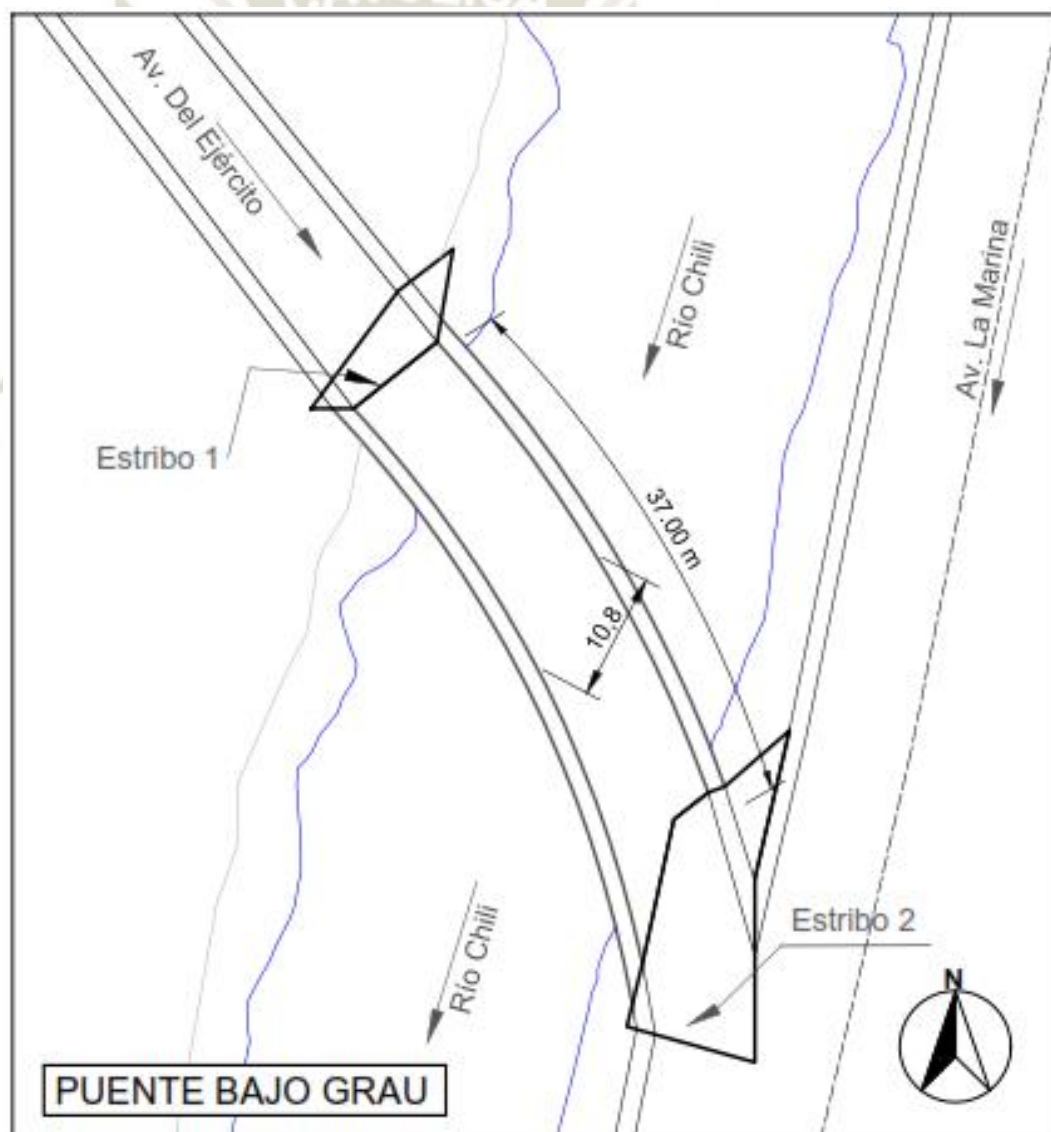


Figura 29 Vista de planta del puente Bajo Grau

Fuente: Elaboración propia

Tomando datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI y de la Autoridad Autónoma de Majes se han exportado los caudales máximos anuales para el río Chili desde el año 1969 hasta el 2018.

**Tabla 12.**

*Caudales máximos del río chili 1969-2018*

<b>Año</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>
1969	63.06	1994	197.81
1970	69.22	1995	14.99
1971	78.16	1996	16.66
1972	197.06	1997	19.37
1973	183.94	1998	22.48
1974	80.43	1999	179.24
1975	112.80	2000	85.43
1976	86.75	2001	174.00
1977	106.84	2002	208.33
1978	50.08	2003	45.99
1979	9.69	2004	108.25
1980	9.16	2005	23.94
1981	80.08	2006	81.10
1982	17.06	2007	24.34
1983	9.21	2008	23.81
1984	139.40	2009	101.88
1985	88.58	2010	13.07
1986	157.62	2011	137.35
1987	41.19	2012	236.64
1988	52.95	2013	107.30
1989	50.67	2014	23.12
1990	10.93	2015	23.90
1991	108.75	2016	81.99
1992	10.54	2017	48.00
1993	59.84	2018	139.30

**Fuente:** Tomada del movimiento hídrico de AUTODEMA

De la tabla de caudales máximos anuales podemos extraer que, en los últimos 50 años, el caudal máximo se presentó en el año 2012 con un pico de 236.64 m<sup>3</sup>/s.

### 3.1.2 Gestionar de los interesados

#### 3.1.2.1 Identificación de los interesados.

Se han identificado para el proyecto 10 grupos de interés para el proyecto en estudio, con toda la data propuesta se ha desarrollado la tabla 13, con la cual se obtiene información para su evaluación.

**Tabla 13.**  
*Identificación de los interesados*

Institución	Información	Tipo de evaluación	Influencia	Interés	Nivel de Participación
Municipalidad provincial de Arequipa	Entidad a cargo de la vía conectora.	Selectiva	<b>Directa</b>	Administración del proyecto.	<b>ALTO</b>
Municipalidad distrital de Cayma	Entidad reguladora del transporte público usuario.	Selectiva	<b>Indirecta</b>	Gestión de usuarios.	<b>MEDIO</b>
Municipalidad distrital de Yanahuara	Entidad reguladora del transporte público usuario.	Selectiva	<b>Indirecta</b>	Gestión de usuarios.	<b>MEDIO</b>
Municipalidad distrital de Cerro Colorado	Entidad reguladora del transporte público usuario.	Selectiva	<b>Indirecta</b>	Gestión de usuarios.	<b>MEDIO</b>
Universidad Católica de Santa María	Institución educativa superior usuaria de la estructura.	Aleatoria	<b>Indirecta</b>	Uso del proyecto.	<b>MEDIO</b>
Universidad Católica San Pablo	Institución educativa superior usuaria de la estructura.	Aleatoria	<b>Indirecta</b>	Uso del proyecto.	<b>MEDIO</b>
Instituto del Sur	Institución educativa superior usuaria de la estructura.	Aleatoria	<b>Indirecta</b>	Uso del proyecto.	<b>MEDIO</b>
Operadores de transporte público.	Conductores de transporte público (microbuses y taxis).	Aleatoria	<b>Directa</b>	Uso del proyecto.	<b>ALTO</b>
Usuarios de transporte público	Pobladores que hacen uso del puente a través de un vehículo de transporte público.	Aleatoria	<b>Directa</b>	Uso del proyecto.	<b>ALTO</b>
Peatones	Público en general que hace uso del proyecto sin vehículo.	Aleatoria	<b>Directa</b>	Uso del proyecto.	<b>ALTO</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.2.2 Gestionar el involucramiento de los interesados.

El involucramiento de los interesados ha sido planificado a ejecutarse mediante encuestas aleatorias, el cuestionario ha sido evaluado en un total de 141 personas, dividida en tres partes como se cita en el anexo C.

#### Primera Parte: Datos generales

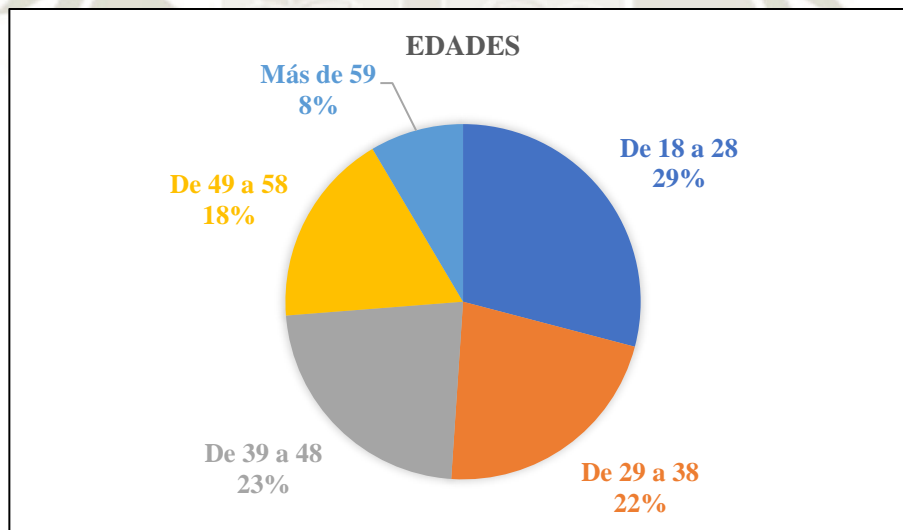
#### Pregunta 1, sobre la edad de los participantes.

**Tabla 14.**

*Distribución de frecuencia edades encuestados*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
De 18 a 28	6	35	<b>41</b>
De 29 a 38	7	24	<b>31</b>
De 39 a 48	5	27	<b>32</b>
De 49 a 58	4	21	<b>25</b>
Más de 59	2	10	<b>12</b>
<b>Total</b>	24	117	<b>141</b>

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 30** Gráfico de distribución circular para edades

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al procesamiento de la data obtenida, la mediana aritmética para la pregunta se encuentra para el valor de 31, por lo que la mayor parte de encuestados (un 29%) tienen entre 18 a 28 años de edad.

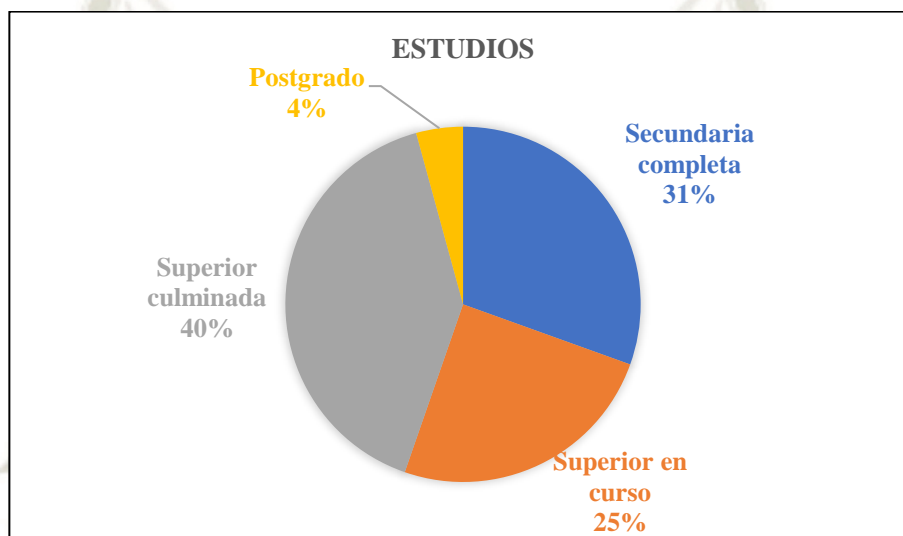
Pregunta 2, sobre el grado de instrucción de los encuestados.

**Tabla 15.**

*Distribución de frecuencia grado de instrucción*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
Secundaria completa	8	35	43
Superior en curso	5	30	35
Superior culminada	9	48	57
Postgrado	2	4	6
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>117</b>	<b>141</b>

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 31** Gráfico de distribución circular para grado de estudios

**Fuente:** Elaboración propia

El total de encuestados han sido seleccionados con estudios completos mínimos secundarios, y la mayoría (el 40%) cumplen con el estándar de haber completado la educación universitaria.

Pregunta 3, sobre el distrito de domicilio de los interesados.

**Tabla 16.**

*Distribución de frecuencia lugar de domicilio*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
Cerro Colorado	6	41	47
Cayma	3	17	20
Cercado	1	13	14
Yanahuara	7	22	29
Alto Selva Alegre	4	8	12
Sachaca	1	6	7
Otros	2	10	12
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>117</b>	<b>141</b>

**Fuente:** Elaboración propia

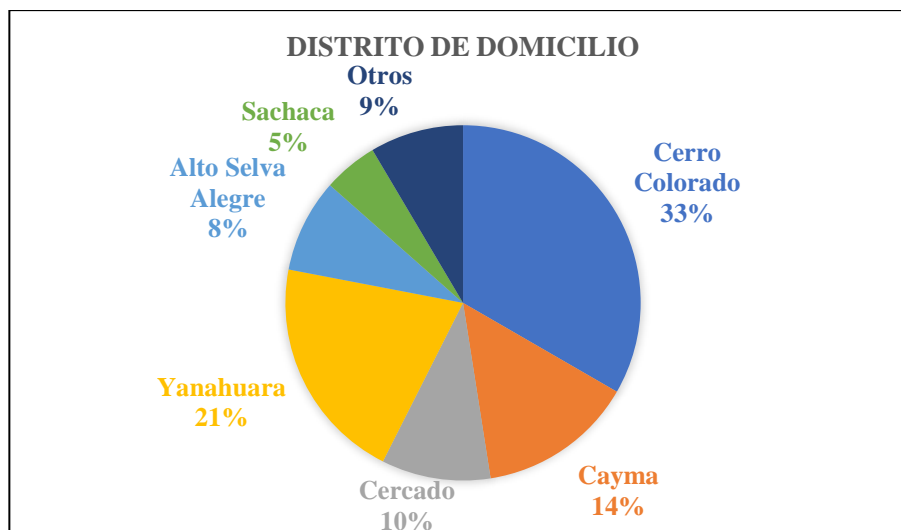


Figura 32 Gráfico de distribución circular para distrito de domicilio

Fuente: Elaboración propia

La pregunta 3 nos indica que los distritos de los que provienen la mayor cantidad de usuarios son: Cerro Colorado (33%) y Yanahuara (21%).

Pregunta 4, sobre el distrito en el que labora y/o estudia el encuestado.

Apreciando la distribución para la pregunta cuatro podemos deducir que la mayor cantidad de interesados encuestados laboran en los distritos de Cayma, Cercado y Yanahuara.

Cruzando la información de las preguntas 3 y 4, se concluye que los mayores desplazamientos para los que es utilizado el puente son: Yanahuara – Cercado, Cerro Colorado – Cercado y Cerro Colorado – Yanahuara.

Tabla 17.

*Distribución de frecuencia importancia de puentes*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
Cerro Colorado	2	12	14
Cayma	5	23	28
Cercado	8	34	42
Yanahuara	6	20	26
Alto Selva Alegre	2	9	11
Sachaca	0	0	0
Otros	1	19	20
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>117</b>	<b>141</b>

Fuente: Elaboración propia

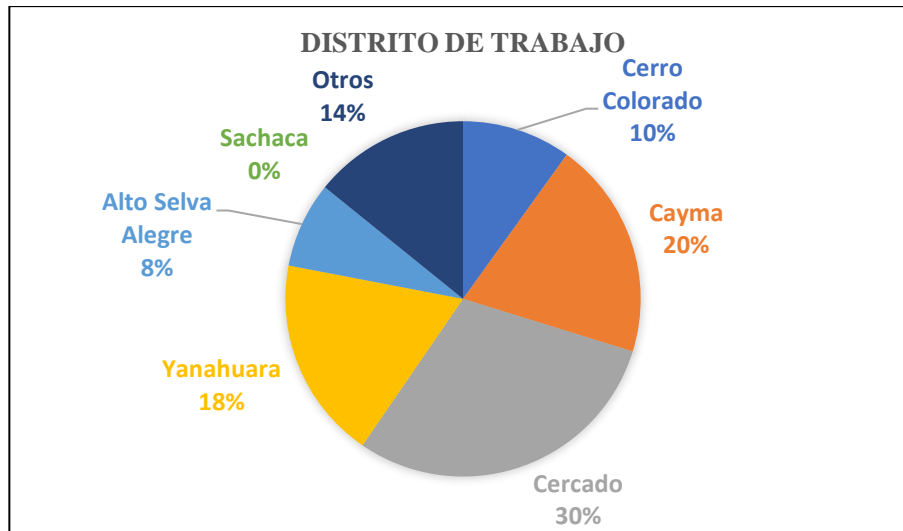


Figura 33 Gráfico de distribución circular sobre distrito de trabajo

Fuente: Elaboración propia

*Segunda Parte: Importancia de puentes*

Pregunta 5, consideración del puente más importante para los interesados.

Tabla 18.

*Distribución de frecuencia importancia de puentes*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
Puente San Martín	14	43	57
Puente Bajo Grau	10	74	84
<b>Total</b>	24	117	<b>141</b>

La información obtenida nos arroja que tenemos una percepción algo divagante sobre las dos alternativas planteadas, esto por la gran frecuencia de uso en ambos puentes.

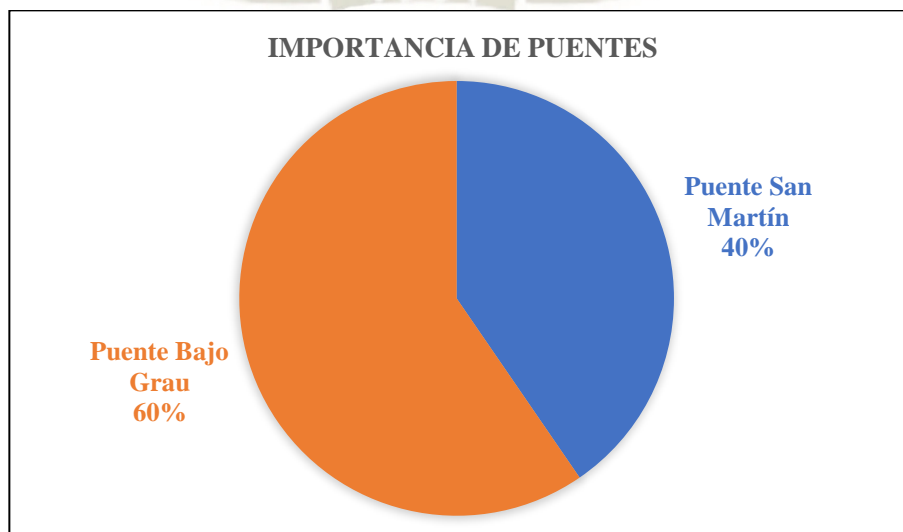


Figura 34 Gráfico de distribución circular para evaluación de importancia de puentes

Fuente: Elaboración propia

Pregunta 6, uso de la vía conectora seleccionada.

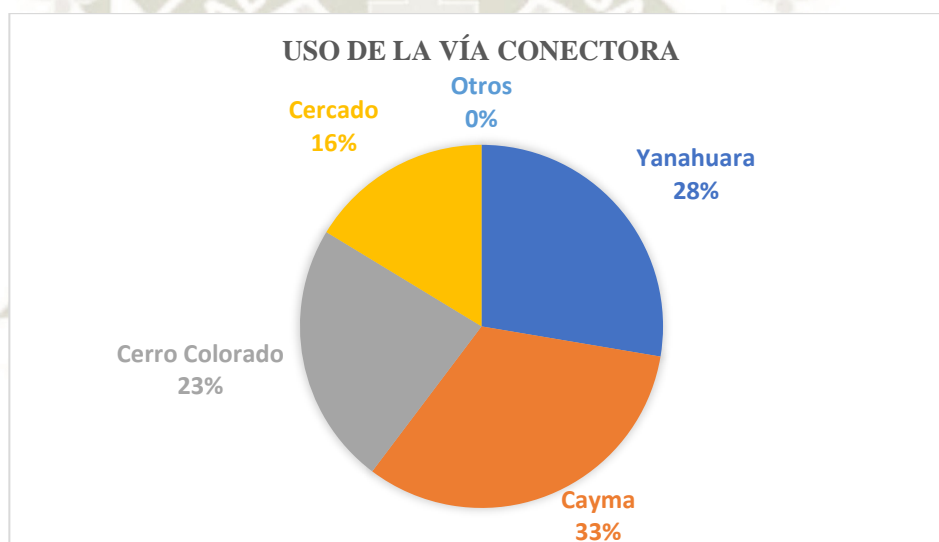
**Tabla 19.**

*Distribución de frecuencia uso del puente seleccionado*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
Yanahuara	7	32	39
Cayma	12	34	46
Cerro Colorado	4	29	33
Cercado	1	22	23
Otros	0	0	0
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>117</b>	<b>141</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Para los interesados los distritos con mayor frecuencia en el uso de la vía conectora son Yanahuara y Cayma, seguidos cercanamente por Cerro Colorado.



**Figura 35** Gráfico de distribución circular para uso de los puentes

**Fuente: Elaboración propia**

Pregunta 7, sobre la vulnerabilidad al riesgo de los puentes de la pregunta 6.

**Tabla 20.**

*Distribución de frecuencia riesgo puentes Arequipa*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
Puente San Martín	16	34	50
Puente Bajo Grau	8	83	91
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>117</b>	<b>141</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Para la pregunta 7, podemos concluir que la percepción del riesgo aumenta para el puente Bajo Grau, en las entrevistas personales, esto se adujo a que los niveles del caudal del río Chili han alcanzado en los últimos años la superestructura.

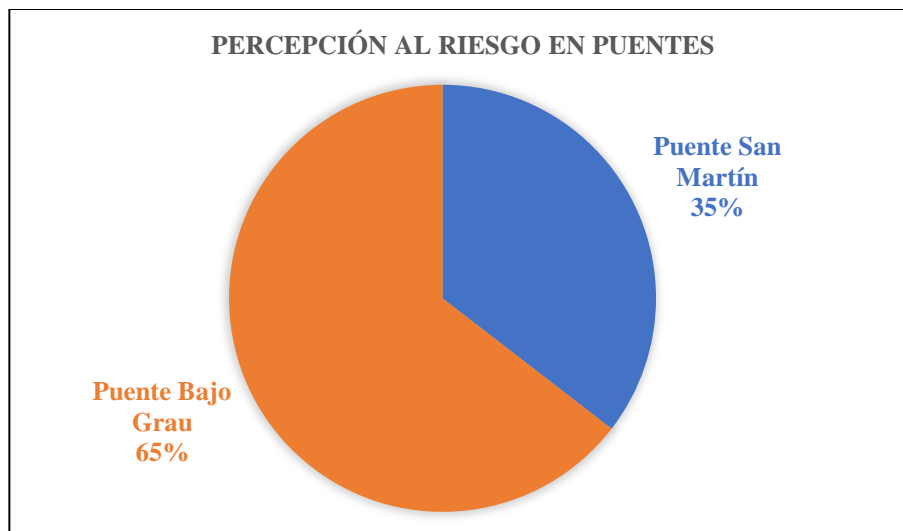


Figura 36 Gráfico de distribución circular para percepción del riesgo.

Fuente: Elaboración propia

Tercera Parte: Evaluación del puente seleccionado.

Pregunta 8, sobre el riesgo que asocian a la vía conectora de la pregunta 7.

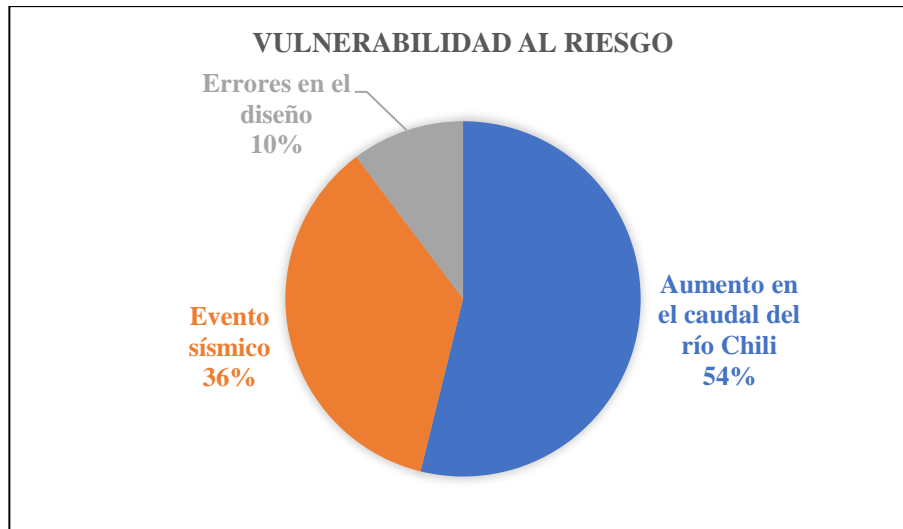
Tabla 21.

*Distribución de frecuencia riesgo puente vulnerable*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
Aumento en el caudal del río Chili	12	53	65
Evento sísmico	8	52	62
Errores en el diseño	2	12	14
<b>Total</b>	22	117	<b>141</b>

Fuente: Elaboración propia

En esta pregunta, se trató de identificar cual es la percepción del riesgo mayor al que los interesados ven sometido a la vía conectora seleccionada como la más vulnerable, aquí vemos que a pesar de ser Arequipa una zona altamente expuesta a riesgos sísmicos, la población de interesados considerada como el riesgo prioritario al aumento del caudal del río Chili con un 54%.



**Figura 37** Gráfico de distribución circular para vulnerabilidad de riesgo

Fuente: Elaboración propia

Pregunta 9, nivel de riesgo (evaluación).

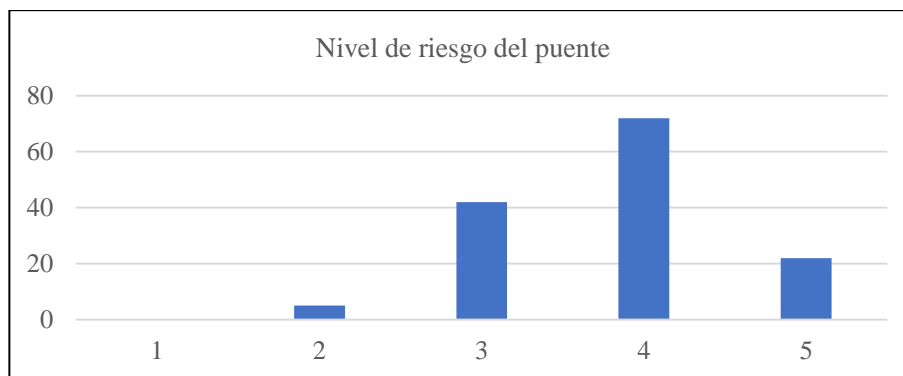
A pesar de no contar con datos técnicos al momento de la encuesta, se ha tratado de darle una valoración al nivel del riesgo por parte de los interesados, la cualificación predominante es de un riesgo 4, considerado como riesgo alto.

**Tabla 22.**

*Distribución de frecuencia nivel de riesgo del puente*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
1	0	0	0
2	0	5	5
3	8	34	42
4	14	58	72
5	2	20	22
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>117</b>	<b>141</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 38** Histograma de frecuencia para nivel de riesgo del puente

Fuente: Elaboración propia

Pregunta 10, frecuencia de uso del puente.

**Tabla 23.**

*Distribución de frecuencia utilización de puentes*

Alternativa	Virtual	Físico	Total
Todos los días	7	36	43
Interdiario	12	54	66
Una vez a la semana	4	10	14
Una vez al mes	1	17	18
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>117</b>	<b>141</b>

Fuente: Elaboración propia

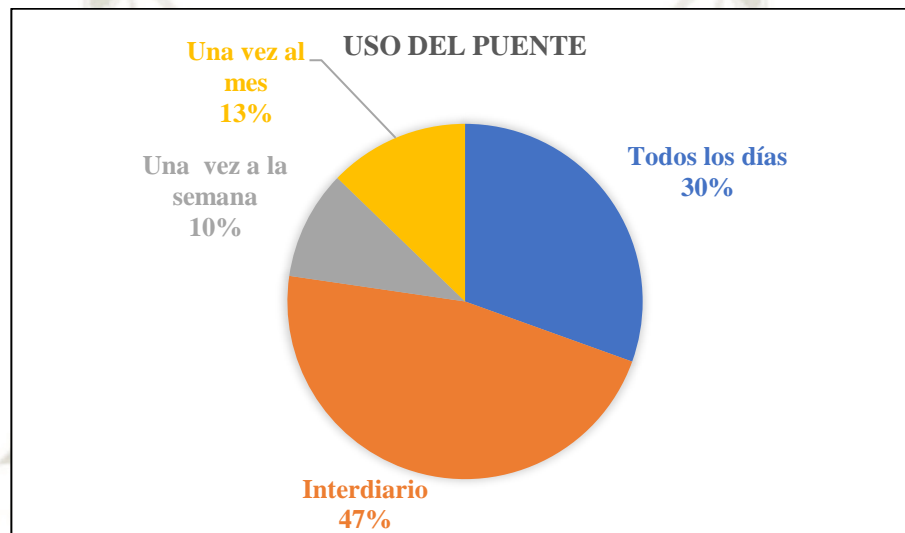


Figura 39 Gráfico de distribución circular sobre uso de puentes

Fuente: Elaboración propia

La pregunta 10, nos sirve para cualificar la percepción ante la incidencia de la vía conectora en uso, la valoración predominante es interdiario, por lo cual, se le asignará una incidencia alta.

### 3.1.3 Identificar los riesgos

#### 3.1.3.1 Riesgos en el proyecto.

##### a) Matriz FODA.

En primer lugar, con el apoyo de una matriz “FODA” (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) del proyecto, se puede incrementar la información obtenida mediante los interesados.

Las fortalezas están dadas por las características del proyecto que ayudan a completar los objetivos del proyecto.

Las oportunidades son factores externos que colaboran de manera sinérgica con el cumplimiento de los objetivos.

Las debilidades son variantes propias del proyecto que dificultan su desarrollo.

Las amenazas son representadas por factores externos que amagan el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

#### ANÁLISIS FODA

		Ayudan a completar los objetivos del proyecto	Dificultan el cumplimiento de los objetivos del proyecto
		<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<b>INTERNAS</b>	Diseño estructural del puente.		Estribo este sin protección a la erosión.
	Diseño geométrico del puente.		Altura del lado este del puente.
	Principal vía de conexión entre las avenida del Ejército y la Marina.		Escasos puentes conectores en el río Chili.
			Procedimientos constructivos empleados en su construcción.
			Organización administradora del proyecto.
		<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>EXTERNAS</b>	Uso prioritario de la vía conectora.		Represas reguladoras del río Chili.
	Futuros proyectos de intervención o mejora del puente.		Zona sísmica en la que se ubica el proyecto.
			Crecientes del río Chili en época de lluvias en la ciudad.
			Normatividad vigente para puentes.
			Políticas gubernamentales encargadas de gestión de riesgos climáticos.
			Inconformidad de los interesados con el proyecto.

Figura 40 Matriz FODA

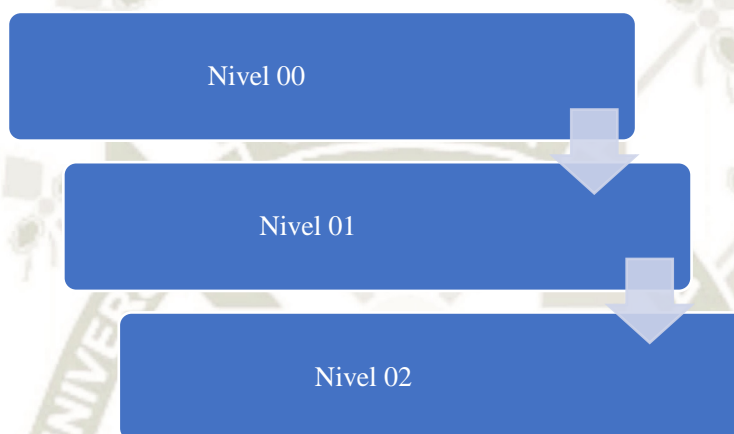
Fuente: Elaboración propia

b) *Estructura de desglose de riesgos.*

Tomando como base los datos obtenidos mediante la gestión de interesados del proyecto y el análisis FODA, es posible realizar el ordenamiento de datos.

La herramienta para permitir su clasificación de manera correcta es la estructura de desglose de riesgos “Risk breakdown structure” (RBS).

Se han definido para el caso tres niveles de estudio:



**Figura 41 Niveles de la estructura de desglose de riesgo**

**Fuente: Elaboración propia**

El nivel 00, hace referencia a todas las fuentes de riesgo del proyecto, es decir el nivel superior que engloba a todos los demás.

El nivel 01, dividirá el proyecto en cuatro tipos de riesgos englobados los cuales se describen a continuación:

- Riesgos técnicos, agrupan a todos los riesgos que son propios del proyecto, en relación a su construcción.
- Riesgos de gestión, nivel para los riesgos asociados a la administración del proyecto y modalidades de llevar el proyecto.
- Riesgos comerciales, los que pueden generar pérdidas monetarias.
- Riesgos externos, factores ambientales o normativos.

En la tabla 24 se tabulan los riesgos identificados en el proyecto por niveles, además de asignarles un código único que ayudará a su fácil ubicación.

**Tabla 24.**

*Estructura de Desglose de Riesgos*

Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
<b>0. Fuentes de riesgo del proyecto</b>	<b>1. Riesgo Técnico</b>	<b>1.1</b> Fallas de infiltración en el estribo este.
		<b>1.2</b> Obras de mejoramiento en la superestructura.
		<b>1.3</b> Colapso total del puente.
		<b>1.4</b> Arrastre de material rocoso y obstrucción.
		<b>1.5</b> Replanteo vial del puente Bajo Grau.
		<b>1.6</b> Colapso por inundación de la superestructura.
		<b>1.7</b> Ruta de desvío del puente bajo Grau.
		<b>1.8</b> Diseño estructural del puente.
		<b>1.9</b> Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.
		<b>1.10</b> Limitación de espacio para futuras construcciones.
<b>0. Fuentes de riesgo del proyecto</b>	<b>2. Riesgo de Gestión</b>	<b>2.1</b> Deficientes medidas tomadas ante desastres.
		<b>2.2</b> Escaso mantenimiento de la vía conectora.
		<b>2.3</b> Retrabajos ejecutados en el proyecto.
		<b>2.4</b> Falta de proyectos de intervención al puente.
		<b>2.5</b> Falta de información del proyecto por parte de la entidad.
		<b>2.6</b> Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.
<b>0. Fuentes de riesgo del proyecto</b>	<b>3. Riesgo Comercial</b>	<b>3.1</b> Pérdidas económicas por incomunicación.
		<b>3.2</b> Pérdidas de credibilidad con la entidad.
		<b>3.3</b> Paralización por movilizaciones.
		<b>3.4</b> Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.
<b>0. Fuentes de riesgo del proyecto</b>	<b>4. Riesgo Externo</b>	<b>4.1</b> Colapso del puente por fallas en las represas.
		<b>4.2</b> Falla del puente durante un evento sísmico.
		<b>4.3</b> Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.
		<b>4.4</b> Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.
		<b>4.5</b> Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.
		<b>4.6</b> Normas vigentes nacionales para puentes.

**Fuente:** Elaboración propia

Con los riesgos identificados es importante continuar con el proceso, y para ello es necesario realizar una descripción breve pero concisa de lo que hace referencia cada uno de ellos, en las tablas 25, 26, 27 y 28 podremos encontrar las matrices correspondientes.

**Tabla 25.**

**RBS – Descripción del Riesgo (Técnicos)**

Categoría	Código	Riesgos	Descripción del Riesgo
1. Riesgo Técnico	1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	El estribo este con coordenadas 228805.44 E y 8185785.49 S, ha presentado infiltraciones en los últimos eventos de lluvia, causando problemas de conexión a la vía Av. La Marina.
	1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	Las obras de mejoramiento del puente, provocan constantes interrupciones en la vía conectora.
	1.3	Colapso total del puente.	Suma de eventos que pueden provocar el colapso del puente y posterior demolición.
	1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	Ante grandes avenidas del río Chili, por la fuerza de empuje del agua se puede dar el arrastre de rocas de gran tamaño (Mayores a 10 pulgadas) y al colisionar con los estribos pueden dañar considerablemente la estructura.
	1.5	Replanteo vial del puente Bajo Grau.	Consideraciones de la ingeniería de tránsito para el cambio de sentido (de un solo sentido: oeste a este, a ambos sentidos)
	1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	Durante los periodos en los aumentos de la avenida de caudal del río Chili (enero, febrero y marzo), por la poca altura del estribo este, el puente puede funcionar como dique colector, provocando la inundación de la superestructura.
	1.7	Ruta de desvío del puente bajo Grau.	Ante el posible colapso del puente Bajo Grau, es imprescindible encontrar turas de desvío para conectar de manera directa la avenida del Ejército con la de la Marina, teniendo que desviar el tránsito por los puentes Quiñonez y San Martín.
	1.8	Diseño estructural del puente.	Las consideraciones para diseño estructural datan de la década de los 80s, esto representa un riesgo al haberse actualizado las consideraciones estructurales para la elaboración del perfil de un puente.
	1.9	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.	El puente fue ejecutado en el año 1989, motivo por el cual fue ejecutado empleando procesos constructivos antiguos y desfasados a la fecha.
	1.10	Limitación de espacio para futuras construcciones.	El margen norte del puente Bajo Grau, se encuentra limitado por el antiguo puente Grau del siglo XVI, lo mismo que no permite el espacio necesario para una futura ampliación norte.

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 26.**

**RBS – Descripción del Riesgo (Gestión)**

Categoría	Código	Riesgos	Descripción del Riesgo
2. Riesgo de Gestión	2.1	Deficientes medidas tomadas ante desastres.	Medidas basadas principalmente en la mitigación de desastres y no en la prevención, considerando que los fenómenos mayoritarios a los que se encuentra expuesto el puente es cíclico.
	2.2	Escaso mantenimiento de la vía conectora.	Vías sin tratamientos preventivos que eviten su daño ante eventos atípicos.
	2.3	Re-trabajos ejecutados en el proyecto.	Trabajos periódicos en la defensa riverena del estribo este del puente para evitar su colapso .
	2.4	Falta de proyectos de intervención al puente.	No existen proyectos que intervengan directamente en el funcionamiento del proyecto en estudio.
	2.5	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.	La entidad a cargo no cuenta con el expediente técnico con el cual se ejecutó el proyecto, lo que no permite tener un análisis adecuado de su estado.
	2.6	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.	No se cuenta con partidas asignadas para el mantenimiento periódico y preventivo del puente.

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 27.**

**RBS – Descripción del Riesgo (Comercial)**

Categoría	Código	Riesgos	Descripción del Riesgo
3. Riesgo Comercial	3.1	Pérdidas económicas por incomunicación.	Pérdidas por falta de conexión directa de las avenidas del Ejército y la Marina.
	3.2	Pérdidas de credibilidad con la entidad.	Ante un desastre natural los interesados directos en el proyecto perderán credibilidad en los proyectos estatales ejecutados por la municipalidad provincial de Arequipa, principalmente en la toma de medidas preventivas ante desastres.
	3.3	Paralización por movilizaciones.	Las paralizaciones por inconformidad con el proyecto representan un riesgo asociado al proyecto.
	3.4	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.	Con un flujo medio de 1120 vehículos/hora de paso, resulta uno de los puentes con más alfluentes en la ciudad, considerando que solo cuenta con un sentido (Oeste - Este).

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 28.**

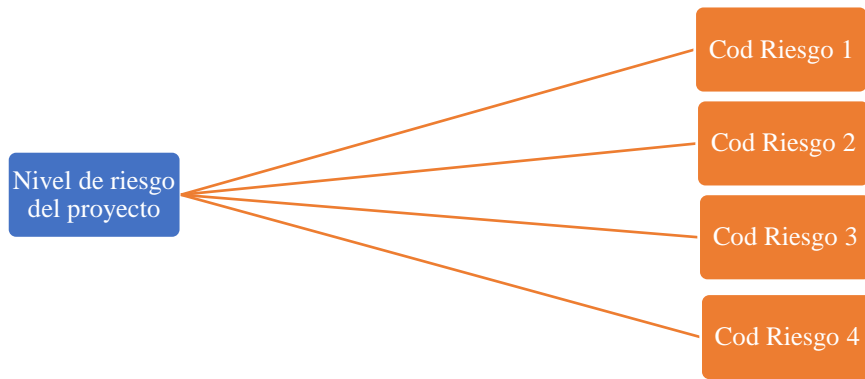
***RBS – Descripción del Riesgo (Comercial)***

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>	<b>Riesgos</b>	<b>Descripción del Riesgo</b>
4. Riesgo Externo	4.1	Colapso del puente por fallas en las represas.	El río Chili se encuentra monitoreado por AUTODEMA, conformado por las represas de El Pañe, El Frayle, Dique los Españoles, Aguada Blanca, Chalhuanca, Pillones y Bamputañe. Las cuales corren el riesgo de colapsar provocando inundaciones aguas abajo.
	4.2	Falla del puente durante un evento sísmico.	Arequipa se encuentra, de acuerdo a la norma de Diseño Sismoresistente E-030, en la zona 3, por lo que su vulnerabilidad sísmica es alta, sin embargo el puente ha resistido eventos sísmicos considerables sin presentar mayores daños.
	4.3	Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.	El río Chili presenta crecidas notables en su caudal, el promedio del caudal oscila entre los 20m <sup>3</sup> /s, por los que los incrementos atípicos pueden representar un riesgo considerable .
	4.4	Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.	Falta de políticas directas que busquen intervenir los puentes para adecuar sus necesidades a la actualidad considerando los 30 años desde su concepción.
	4.5	Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.	La municipalidad no es un ente que maneje o disponga directamente su presupuesto, por lo que depende del gobierno central y es necesario realizar diversos trámites para su desembolso.
	4.6	Normas vigentes nacionales para puentes.	Las normas nacionales vigentes para el diseño estructural e hidrológico de un puente son conservadoras con respecto a las internacionales.

**Fuente: Elaboración propia**

El proceso que sucede a continuación es la asignación la causa raíz que conlleva al riesgo identificado. En el 2018 Weise, F., Kind, T., Stelzner, L. y Wieland, M., nos describen la importancia de la correcta identificación de la causa raíz para llegar a determinar la solución de un problema, que en nuestro caso sería un riesgo.

En este caso se utilizó la metodología del árbol raíz para asociar cada riesgo a causas en común.



**Figura 42** *Identificación de causas raíz*  
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 29.**

*Causa raíz para riesgos técnicos*

Categoría	Código	Causa Raíz	Riesgos
1. Riesgo Técnico	1.1	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Fallas de infiltración en el estribo este.
	1.2	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Obras de mejoramiento en la superestructura.
	1.3	Restricción de espacio en el área.	Colapso total del puente.
	1.4	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Arrastre de material rocoso y obstrucción.
	1.5	Plan vial de la ciudad de Arequipa.	Replanteo vial del puente Bajo Grau.
	1.6	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Colapso por inundación de la superestructura.
	1.7	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Ruta de desvío del puente bajo Grau.
	1.8	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Diseño estructural del puente.
	1.9	Construcción del puente .	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.
	1.10	Ubicación geográfica del puente.	Limitación de espacio para futuras construcciones.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 30.**

*Causa raíz para riesgos de gestión*

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>	<b>Causa Raíz</b>	<b>Riesgos</b>
2. Riesgo de Gestión	2.1	Organización a cargo del proyecto.	Deficientes medidas tomadas ante desastres.
	2.2	Organización a cargo del proyecto.	Escaso mantenimiento de la vía conectora.
	2.3	Organización a cargo del proyecto.	Retrabajos ejecutados en el proyecto.
	2.4	Organización a cargo del proyecto.	Falta de proyectos de intervención al puente.
	2.5	Organización a cargo del proyecto.	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.
	2.6	Organización a cargo del proyecto.	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 31.**

*Causa raíz para riesgos comerciales*

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>	<b>Causa Raíz</b>	<b>Riesgos</b>
3. Riesgo Comercial	3.1	Falta de comunicación con los interesados.	Pérdidas económicas por incomunicación.
	3.2	Falta de comunicación con los interesados.	Pérdidas de credibilidad con la entidad.
	3.3	Falta de comunicación con los interesados.	Paralización por movilizaciones.
	3.4	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 32.**

*Causa raíz para riesgos externo*

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>	<b>Causa Raíz</b>	<b>Riesgos</b>
4. Riesgo Externo	4.1	Aumento en el caudal del río Chili.	Colapso del puente por fallas en las represas.
	4.2	Eventos sísmicos.	Falla del puente durante un evento sísmico.
	4.3	Aumento en el caudal del río Chili.	Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.
	4.4	Legislación	Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.
	4.5	Legislación	Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.
	4.6	Legislación	Normas vigentes nacionales para puentes.

**Fuente: Elaboración propia**

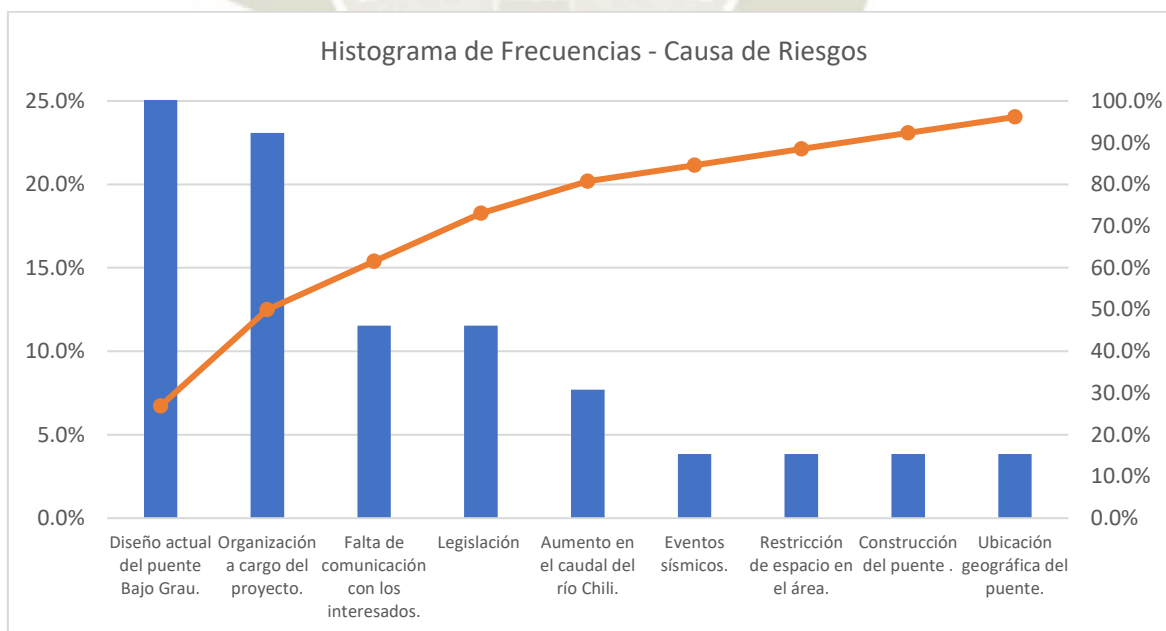
Considerando los cuatro niveles del riesgo para el RBS del proyecto, es importante conocer cuáles son las causas ponderadas más influyentes en los riesgos identificados, para ello se ha procedido a realizar un histograma de frecuencias encontrando la mayor incidencia en el diseño actual del puente Bajo Grau y la Organización a cargo del proyecto, sin embargo, será necesario corroborar la cualidad y cantidad del riesgo en los siguientes procesos.

**Tabla 33.**

*Análisis de frecuencia para las causas del riesgo*

Causa Raíz	Ocurrencia	Frecuencia	Fec. Acum
Diseño actual del puente Bajo Grau.	7	26.9%	26.9%
Organización a cargo del proyecto.	6	23.1%	50.0%
Falta de comunicación con los interesados.	3	11.5%	61.5%
Legislación	3	11.5%	73.1%
Aumento en el caudal del río Chili.	2	7.7%	80.8%
Eventos sísmicos.	1	3.8%	84.6%
Restricción de espacio en el área.	1	3.8%	88.5%
Construcción del puente .	1	3.8%	92.3%
Ubicación geográfica del puente.	1	3.8%	96.2%
Plan vial de la ciudad de Arequipa.	1	3.8%	100.0%
<b>Total general</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>	

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 43** *Identificación de causas raíz*

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.3.2 Valorización del riesgo.

**Tabla 34.**

*Valoración para riesgos técnicos*

Categoría	Código	Riesgos	Escala de Riesgos
1. Riesgo Técnico	1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	Alto
	1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	Medio
	1.3	Colapso total del puente.	Alto
	1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	Alto
	1.5	Replanteo vial del puente Bajo Grau.	Alto
	1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	Bajo
	1.7	Ruta de desvío del puente bajo Grau.	Medio
	1.8	Diseño estructural del puente.	Medio
	1.9	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.	Bajo
	1.10	Limitación de espacio para futuras construcciones.	Bajo

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 35.**

*Valoración para riesgos de gestión*

Categoría	Código	Riesgos	Escala de Riesgos
2. Riesgo de Gestión	2.1	Deficientes medidas tomadas ante desastres.	Bajo
	2.2	Escaso mantenimiento de la vía conectora.	Medio
	2.3	Retrabajos ejecutados en el proyecto.	Bajo
	2.4	Falta de proyectos de intervención al puente.	Medio
	2.5	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.	Medio
	2.6	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.	Medio

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 36.**  
*Valoración para riesgos comerciales*

Categoría	Código	Riesgos	Escala de Riesgos
3. Riesgo Comercial	3.1	Pérdidas económicas por incomunicación.	Medio
	3.2	Pérdidas de credibilidad con la entidad.	Bajo
	3.3	Paralización por movilizaciones.	Bajo
	3.4	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.	Medio

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 37.**  
*Valoración para riesgos externos*

Categoría	Código	Riesgos	Escala de Riesgos
4. Riesgo Externo	4.1	Colapso del puente por fallas en las represas.	Medio
	4.2	Falla del puente durante un evento sísmico.	Bajo
	4.3	Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.	Medio
	4.4	Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.	Bajo
	4.5	Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.	Bajo
	4.6	Normas vigentes nacionales para puentes.	Bajo

**Fuente: Elaboración propia**

La valoración de riesgos entre alto, medio y bajo nos permite reconocer a juicio propio del autor los riesgos valorados como incidentes:

- Fallas de infiltración en el estribo este.
- Colapso total del puente.
- Arrastre de material rocoso y obstrucción.
- Replanteo vial del puente Bajo Grau.

### 3.1.3.3 Disparadores del riesgo

La asignación de un disparador para cada riesgo resulta una parte primordial en el proceso de identificación del riesgo, esto debido a que nos permitirá conocer cuando el riesgo está próximo a activarse y por lo tanto será necesario tomar las medidas planificadas. En las tablas del 38 a la 41 se muestran los disparadores o “triggers” para los riesgos listados.

**Tabla 38.**

*Disparadores para riesgos técnicos*

Categoría	Código	Riesgos	Disparador/ Trigger
1. Riesgo Técnico	1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	Fisuras en el pavimento sobre el estribo este.
	1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	Congestionamiento vehicular en la vía de conexión.
	1.3	Colapso total del puente.	Fisuras en ambos estribos y la superestructura.
	1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	Material rocoso en movimiento detectado aguas arriba.
	1.5	Replanteo vial del puente Bajo Grau.	Necesidad de conectar en sentido este - oeste las avenidas Marina - Ejército.
	1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	Incremento del caudal regulado del río Chili a más de 120 m <sup>3</sup> /s.
	1.7	Ruta de desvío del puente bajo Grau.	Vehículos de transporte público tomando vías aledañas y congestionándolas.
	1.8	Diseño estructural del puente.	Fisuras presentes en la superestructura.
	1.9	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.	Daños en las juntas de construcción.
	1.10	Limitación de espacio para futuras construcciones.	Necesidad de construir obras de mejoramiento del puente como ampliaciones.

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 39.**

*Disparadores para riesgos comerciales*

Categoría	Código	Riesgos	Disparador/ Trigger
3. Riesgo Comercial	3.1	Pérdidas económicas por incomunicación.	Interrupción del flujo vehicular en el puente Bajo Grau.
	3.2	Pérdidas de credibilidad con la entidad.	Protestas en la zona del proyecto.
	3.3	Paralización por movilizaciones.	Anuncios de los interesados de disconformidades con el proyecto.
	3.4	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.	Gran uso de la vía.

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 40.**

*Disparadores para riesgos de gestión*

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>	<b>Riesgos</b>	<b>Disparador/ Trigger</b>
2. Riesgo de Gestión	2.1	Deficientes medidas tomadas ante desastres.	Obras de mitigación ejecutadas al mismo instante de ocurridos los desastres ambientales.
	2.2	Escaso mantenimiento de la vía conectora.	Fallas notables en las estructuras componentes del puente Bajo Grau.
	2.3	Retrabajos ejecutados en el proyecto.	Remoción de material natural del lecho del río aguas arriba.
	2.4	Falta de proyectos de intervención al puente.	Puente sin cambios significativos desde su inauguración en 1989.
	2.5	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.	No existe información certera del puente para obras de mejoramiento.
	2.6	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.	Nivel de obras de intervención ejecutadas hasta el momento.

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 41.**

*Disparadores para riesgos externos*

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>	<b>Riesgos</b>	<b>Disparador/ Trigger</b>
4. Riesgo Externo	4.1	Colapso del puente por fallas en las represas.	Alertas tempranas de fallas en las represas del sistema del río regulado del Chile.
	4.2	Falla del puente durante un evento sísmico.	Fisuras en la superestructura y/o estribos.
	4.3	Colapso del puente bajo la crecida del río Chile.	Aumento en el caudal a 210 m <sup>3</sup> /s o superior del río Chile.
	4.4	Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.	Escasas medidas preventivas para mitigación de desastres.
	4.5	Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.	Falta de asignación de presupuesto para mejoramiento del proyecto.
	4.6	Normas vigentes nacionales para puentes.	Normas internacionales actualizadas al año 2018.

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.1.4 Análisis cualitativo

#### 3.1.4.1 Calidad de datos.

El primer paso será verificar que todos los datos sean confiables y continuando validaremos si los riesgos son positivos o negativos para el proyecto:

- Positivos, cuando son supuestos y traerán beneficios al proyecto.
- Negativos, cuando son restricciones que limitarán el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

En la siguiente tabla se listan los riesgos y su validación positiva o negativa.

**Tabla 42.**

*Índice de evaluación de riesgo 1.1*

Código	Riesgo	Tipo
1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	Negativo
1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	Negativo
1.3	Colapso total del puente.	Negativo
1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	Negativo
1.5	Replanteo vial del puente Bajo Grau.	Negativo
1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	Negativo
1.7	Ruta de desvío del puente bajo Grau.	Positivo
1.8	Diseño estructural del puente.	Positivo
1.9	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.	Negativo
1.10	Limitación de espacio para futuras construcciones.	Negativo
2.1	Deficientes medidas tomadas ante desastres.	Negativo
2.2	Escaso mantenimiento de la vía conectora.	Negativo
2.3	Retrabajos ejecutados en el proyecto.	Negativo
2.4	Falta de proyectos de intervención al puente.	Negativo
2.5	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.	Negativo
2.6	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.	Negativo
3.1	Pérdidas económicas por incomunicación.	Negativo
3.2	Pérdidas de credibilidad con la entidad.	Negativo
3.3	Paralización por movilizaciones.	Negativo
3.4	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.	Positivo
4.1	Colapso del puente por fallas en las represas.	Negativo
4.2	Falla del puente durante un evento sísmico.	Negativo
4.3	Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.	Negativo
4.4	Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.	Negativo
4.5	Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.	Negativo
4.6	Normas vigentes nacionales para puentes.	Negativo

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.4.2 Probabilidad de impacto de riesgos.

El proceso del análisis cualitativo toma su pico de importancia en la valoración de los riesgos, asignando una probabilidad y un impacto a cada uno de ellos.

Los riesgos serán adecuados desde dos puntos del proyecto: costo y tiempo, teniendo en consideración que cualquier alteración afectará principalmente en uno de estos factores.

Para la valoración emplearemos las escalas indicadas en la tabla 5 y 6 del capítulo de metodología, los niveles de riesgo establecidos: nivel bajo del 0 al 6%, el nivel medio del 8% al 28% y un nivel alto desde 28% a más. Para facilitar la identificación los colores verde, amarillo y rojo han sido asignados a los riesgos bajo, medio y alto respectivamente.

#### a) Riesgos técnicos.

Para valoración para el riesgo 1.1 se le ha asignado un peso del 50% y 50% tanto al costo como al tiempo, ya que una falla en el estribo este alterará de manera equitativa el costo y tiempo en el proyecto, para la probabilidad se le aginado el 90%, (muy alto), ya que, en los últimos 10 años, 4 veces se han presentado inoperatividades causadas por infiltraciones 2009, 2011, 2012 y 2013. El impacto en costo es de \$ 500,000.00 (medio millón de dólares americanos), en la reparación y con una duración aproximada de un mes (4 semanas). El nivel de riesgo para las fallas de infiltración en el este del puente Bajo Grau es del 49.5%, si nos basamos en un teorema de Pareto 20-80, se consideraría como un riesgo alto apto de cuantificación para su cálculo del impacto.

**Tabla 43.**

#### *Índice de evaluación de riesgo 1.1*

1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.			Impacto	Nivel	
Objetivo	Peso	Probabilidad	Impacto	Ponderado	Prob x Imp	
Costo	0.500	90%	0.550	0.275	0.248	
Tiempo	0.500		0.550	0.275	0.248	
					<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.495</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El riesgo 1.2 ha recibido una cualificación de 0.215, en primer lugar, el 70% de la influencia ha sido asignado al costo debido a que el tiempo queda en un segundo plano. La probabilidad de ocurrencia es del 50% (Alto), ya que el puente ha recibido dos años dentro de los diez últimos, reparaciones en la carpeta asfáltica de su superestructura. Finalmente, el impacto al costo recibe una escala del 55% ya que las reparaciones en la superestructura han sido valoradas en más de \$1,000,000.00 (Un millón de dólares americanos) y al tiempo un impacto bajo del 15% porque dichas reparaciones han tomado aproximadamente un mes.

El nivel de riesgo para las obras de mejoramiento es alto y del 21.5%.

**Tabla 44.**

*Índice de evaluación de riesgo 1.2*

1.2 Objetivo	Obras de mejoramiento en la superestructura.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.700	50%	0.550	0.385	0.193
Tiempo	0.300		0.150	0.045	0.023
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.215</b>

**Fuente:** Elaboración propia

La evaluación del índice de riesgo para el colapso total del puente tiene una relación 30% y 70% para costo y tiempo, esto debido a que un colapso total del puente generaría retrasos y el tiempo en reformular el proyecto, su concepción y aprobación sería considerable. La probabilidad de ocurrencia es muy baja, ya que el puente en los últimos 10 años no ha colapsado, sin embargo, el impacto en caso el riesgo llegara a activarse se considera como alta alcanzando tanto en tiempo como en costo el 80%.

EL nivel de riesgo para el 1.3 resulta 8%, cualificado entonces como moderado.

**Tabla 45.**

*Índice de evaluación de riesgo 1.3*

1.3 Objetivo	Colapso total del puente.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.300	10%	0.800	0.240	0.024
Tiempo	0.700		0.800	0.560	0.056
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.080</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Se ha identificado otro riesgo técnico que es el arrastre de material rocoso y obstrucción del puente, esto debido a que técnicamente no se han diseñado estructuras hidráulicas de alivio aguas arriba, la probabilidad de ocurrencia es del 70% debido a que en los últimos 10 años su ocurrencia ha causado inoperatividades interanuales, su impacto en costo es del 55% ya que obras de mejoramiento podrían superar el coste al medio millón de dólares y respecto al tiempo un riesgo bajo, porque dichas obras deben ser culminadas en un periodo inmediato empero este plazo no podrá ser menor a un mes.

Realizados los cálculos respectivos se tiene un nivel de riesgo alto de 24.5%.

**Tabla 46.**

*Índice de evaluación de riesgo 1.4*

1.4 Objetivo	Arrastre de material rocoso y obstrucción.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	90%	0.400	0.200	0.180
Tiempo	0.500		0.150	0.075	0.068
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.248</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Para el riesgo de replante vial del puente Bajo Grau, se le ha asignado una probabilidad del 30% por una inoperatividad en 10 años en el 2012, su impacto en costo es muy bajo ya que su impacto generará un gasto menor a los 100 dólares americanos y respecto al tiempo bajo, porque en un plazo mayor a la semana se deberá volver a dejar operativo el proyecto.

El nivel de riesgo es bajo, llegando a una cualificación del 3%,

**Tabla 47.**

*Índice de evaluación de riesgo 1.5*

1.5 Objetivo	Replanteo vial del puente Bajo Grau.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	30%	0.050	0.025	0.008
Tiempo	0.500		0.150	0.075	0.023
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.030</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El análisis para el índice del riesgo 1.6 nos entrega un 72% de cualificación, lo que requerirá la asignación de un valor económico al impacto para su cuantificación.

La probabilidad de incidencia es del 90%, ya que se han presentado inoperatividades del proyecto anuales para los 10 últimos años, el impacto más alto se presenta para el tiempo debido que el colapso traerá retrabajos, incomunicaciones y cambio en las rutas.

**Tabla 48.**  
*Índice de evaluación de riesgo 1.6*

1.6 Objetivo	Colapso por inundación de la superestructura.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.200	90%	0.800	0.160	0.144
Tiempo	0.800		0.800	0.640	0.576
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.720</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Una probabilidad del 30% se ha asignado al riesgo adyacente de replantear una ruta de desvío, debido a que solo en una ocasión (2012) se ha visto activar el riesgo. Su impacto cualificado es del 40% para el costo, ya que una ruta de desvío costará más de medio millón de dólares, esto incluyendo el sobre costo del transporte, personal que administre los desvíos, señalética y otros; el impacto del tiempo se asume como máximo de 2 semanas por lo que corresponde a 15%.

El riesgo queda con un 7.5% de nivel, esto ubicado según la matriz de la figura 20 un riesgo medio.

**Tabla 49.**  
*Índice de evaluación de riesgo 1.7*

1.7 Objetivo	Ruta de desvío del puente bajo grau.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.400	30%	0.400	0.160	0.048
Tiempo	0.600		0.150	0.090	0.027
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.075</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El riesgo 1.8 referido al diseño estructural del puente, es cualificado como bajo con un porcentaje del 4% debido a su probabilidad de ocurrencia muy baja de acuerdo a su activación en los últimos años.

**Tabla 50.**

*Índice de evaluación de riesgo 1.8*

1.8 Objetivo	Diseño estructural del puente.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.400	10%	0.400	0.160	0.016
Tiempo	0.600		0.400	0.240	0.024
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.040</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Para el riesgo 1.9 se cualifica un nivel de 12%, debido a una probabilidad baja, ya que en 2012 se presenciaron errores constructivos en los métodos constructivos empleados en su construcción, esto trajo un impacto medio debido a que durante un mes se ejecutaron reparaciones con un costo asignado de más de medio millón de dólares.

**Tabla 51.**

*Índice de evaluación de riesgo 1.9*

1.9 Objetivo	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.400	30%	0.400	0.160	0.048
Tiempo	0.600		0.400	0.240	0.072
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.120</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Solo el 8% se ha asignado a la limitación de espacio para ampliaciones debido a su poca probabilidad de ocurrencia, empero su alto costo y tiempo que implicaría al proyecto.

**Tabla 52.**

*Índice de evaluación de riesgo 1.10*

1.10 Objetivo	Ubicación geográfica del puente.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.400	10%	0.800	0.320	0.032
Tiempo	0.600		0.800	0.480	0.048
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.080</b>

**Fuente:** Elaboración propia

b) *Riesgos de gestión.*

El primer riesgo son las deficientes medidas tomadas ante desastres por la organización del proyecto, la probabilidad de ocurrencia es del 70% debido a que se han notado las falencias de forma constante durante el periodo de lluvias en la ciudad, el impacto tanto para el costo como para el tiempo es bajo (15%) debido a que en lo económico no llega al medio millón de dólares, y en tiempo puede traer retrasos de aproximadamente dos meses (el tiempo de periodos aluviales).

Ejecutada la evaluación, el nivel de riesgo es del 10.5%.

**Tabla 53.**

*Índice de evaluación de riesgo 2.1*

2.1 Objetivo	Deficientes medidas tomadas ante desastres.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	70%	0.150	0.075	0.053
Tiempo	0.500		0.150	0.075	0.053
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.105</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Con un 17.5% tenemos presente al riesgo de escaso mantenimiento de la vía conectora, esto presente debido a que como es de conocimiento no existe un verdadero plan efectivo que valore la prevención ante la mitigación, sin embargo, el clima durante las temporadas ajenas al verano juega como un riesgo positivo no dañando más que en los meses de verano en los que se presentan las temporadas aluviales. La probabilidad de ocurrencia es media, debido a que en diez años por dos veces se mantuvo inoperativo el proyecto.

**Tabla 54.**

*Índice de evaluación de riesgo 2.2*

2.2 Objetivo	Escaso mantenimiento de la vía conectora.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.800	50%	0.400	0.320	0.160
Tiempo	0.200		0.150	0.030	0.015
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.175</b>

**Fuente:** Elaboración propia

La siguiente cualificación corresponde al riesgo por los retrabajos ejecutados en el proyecto, estos trabajos adicionales e innecesarios desarrollados para satisfacer los objetivos del proyecto por entregables deficientes o incompletos, comprenden repintado de las vías, arreglo de las barandas del puente y parches de la capa asfáltica del pavimento. En los últimos diez años se han ejecutado dichos retrabajos una vez, por lo que su probabilidad asignada es del 50%. Un impacto del 40% produce en el costo al asignarse un presupuesto de menos de un millón de dólares y del 15% por estar asociado a un plazo de ejecución menos a dos meses calendario. El nivel de riesgo resultante será medio (10%).

**Tabla 55.**  
*Índice de evaluación de riesgo 2.3*

2.3 Objetivo	Retrabajos ejecutados en el proyecto.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.200	50%	0.400	0.080	0.040
Tiempo	0.800		0.150	0.120	0.060
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.100</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El riesgo 2.4 resulta con una evaluación del nivel de riesgo del 4.5 % es decir un riesgo bajo. Si bien la probabilidad de ocurrencia del riesgo es muy alta, debido que la necesidad de obras en el puente es constante el impacto que tienen es menor porque no se han visto reflejadas en pérdidas considerables, motivo por el cual el impacto en costo y tiempo asignado es del 5%.

**Tabla 56.**  
*Índice de evaluación de riesgo 2.4*

2.4 Objetivo	Falta de proyectos de intervención al puente.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.800	90%	0.050	0.040	0.036
Tiempo	0.200		0.050	0.010	0.009
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.045</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Si bien la falta de información del proyecto por parte de la entidad es altamente probable (probabilidad del 70%), esta no ha generado impactos lo que concluye en un nivel de riesgo bajo del 3.5%.

**Tabla 57.**

*Índice de evaluación de riesgo 2.5*

2.5 Objetivo	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	1.000	70%	0.050	0.050	0.035
Tiempo	0.000		0.000	0.000	0.000
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.035</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El riesgo 2.6, dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía, tiene una probabilidad mediana debido su inoperatividad dos veces al año 2011 y 2012 por falta de presupuesto asignado a la mitigación de riesgos climáticos a la entidad, sus impactos son del 40% por el tiempo que el puente permaneció inoperativo. Todo esto resuelve un nivel de riesgo menor al 20%.

**Tabla 58.**

*Índice de evaluación de riesgo 2.6*

2.6 Objetivo	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	1.000	50%	0.400	0.400	0.200
Tiempo	0.000		0.000	0.000	0.000
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.200</b>

**Fuente:** Elaboración propia

c) *Riesgos comerciales.*

El nivel de riesgo por incomunicación del puente (riesgo 3.1) apenas llega al 8%, esto debido a que a pesar del grado de importancia comercial que tiene la vía en la ciudad, la probabilidad de una interrupción total de la vía resulta muy baja (10%), sin embargo, es importante considerarlo debido al gran impacto que representaría en caso llegara a activarse el riesgo.

**Tabla 59.**

*Índice de evaluación de riesgo 3.1*

3.1		Pérdidas económicas por incomunicación.		Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
Objetivo	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.800	10%	0.800	0.640	0.064
Tiempo	0.200		0.800	0.160	0.016
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.080</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El riesgo 3.2 luego de su cualificación llega al 2.7%, se tiene que tener en cuenta que ante la activación de cualquiera de los riesgos indicados en el proyecto el principal factor en discusión serán las medidas de mitigación ante desastres tomadas por la entidad, por ello la probabilidad es alta (90%), sin embargo, el impacto que genera al costo no es considerable, el impacto en el tiempo se considera como nulo al no haber presentado mayores retrasos.

**Tabla 60.**

*Índice de evaluación de riesgo 3.2*

3.2		Pérdidas de credibilidad con la entidad.		Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
Objetivo	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.200	90%	0.150	0.030	0.027
Tiempo	0.800		0.000	0.000	0.000
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.027</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El riesgo por paralizaciones por movilización ubicado como un riesgo comercial solo logra un 4.7% de nivel de riesgo al tener probabilidad de ocurrencia anual de apenas el 10%, debido a que la mayor parte de movilizaciones en la ciudad de Arequipa se realizan cercanas a las sedes de gobierno local.

**Tabla 61.**

*Índice de evaluación de riesgo 3.3*

3.3		Paralización por movilizaciones.		Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
Objetivo	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.200	10%	0.150	0.030	0.003
Tiempo	0.800		0.550	0.440	0.044
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.047</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El riesgo al ser la principal conexión entre el río de las avenidas la Marina y del Ejército, resulta ser positivo ya que acorta las distancias entre las ciudades conectando los distritos más importantes de la ciudad. La probabilidad es del 98%, ya que se considera que estará operativo 358 días del año y su impacto muy alto al ser una gran vía conectora.

**Tabla 62.**

*Índice de evaluación de riesgo 3.4*

3.4 Objetivo	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.200	98%	0.950	0.190	0.186
Tiempo	0.800		0.950	0.760	0.745
<b>Nivel del Riesgo</b>					0.931

**Fuente:** Elaboración propia

*d) Riesgos externos.*

Para el riesgo 4.1 se le asigna una probabilidad muy baja del 10%, ya que a la fecha no se han producido fallas en las represas de la ciudad y se cuenta con sistemas de alerta temprana contra desastres. El impacto si resultaría mayor debido a la catástrofe que causaría no solo en el puente en estudio, si no, en todos los de la cuenta del río Chili. El nivel de riesgo resulta bajo con un 8% de incidencia.

**Tabla 63.**

*Índice de evaluación de riesgo 4.1*

4.1 Objetivo	Colapso del puente por fallas en las represas.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	10%	0.800	0.400	0.040
Tiempo	0.500		0.800	0.400	0.040
<b>Nivel del Riesgo</b>					0.080

**Fuente:** Elaboración propia

Arequipa es una ciudad sísmica, ubicada según la norma técnica RNE E-030 en la zona 03, la más vulnerable ante este tipo de eventos, sin embargo, su probabilidad de ocurrencia es la que resulta más incierta, debido a que a la fecha no es factible predecir su ocurrencia. Se le ha asignado una probabilidad del 10%, debido a que el último movimiento

telúrico de gran intensidad fue en el año 2011 y con causó daños a la estructura, el impacto asociado al costo es alto, ya que un fuerte sismo podría dañar estructuralmente los estribos y se necesitarían reparaciones costosas, y en tiempo un impacto muy alto al paralizar la obra por más de 06 meses en su puesta en marcha. Su nivel de riesgo resultante es del 6.8%.

**Tabla 64.**

*Índice de evaluación de riesgo 4.2*

4.2 Objetivo	Falla del puente durante un evento sísmico.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	10%	0.550	0.275	0.028
Tiempo	0.500		0.800	0.400	0.040
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.068</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El nivel de riesgo para un colapso del puente bajo la crecida del río Chili es del 85.5%, su alta incidencia se debe a que a pesar que la cuenca del río Chili es de carácter regulado, en épocas de lluvias de gran intensidad la capacidad de los embalses rebasa, aumentando significativamente el caudal al cauce, lo que se presentó en el año 2012, con picos de 102, 137 y 236 m<sup>3</sup>/s respectivamente, muy por encima de la media de 20m<sup>3</sup>/s; así mismo el impacto tanto en el costo como en el tiempo es muy alto (95%).

**Tabla 65.**

*Índice de evaluación de riesgo 4.3*

4.3 Objetivo	Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.			Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	90%	0.950	0.475	0.428
Tiempo	0.500		0.950	0.475	0.428
<b>Nivel del Riesgo</b>					<b>0.855</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El índice de evaluación del riesgo para las políticas estatales de mejoramiento del proyecto, es un riesgo bajo con 4.8%, debido que a pesar de estar presente no representar un impacto considerable en el proyecto. Su probabilidad de causar daños está representada por el 10%

**Tabla 66.**

*Índice de evaluación de riesgo 4.4*

4.4		Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.		Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
Objetivo	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	10%	0.800	0.400	0.040
Tiempo	0.500		0.150	0.075	0.008
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.048</b>

**Fuente:** Elaboración propia

La competencia de la municipalidad para la intervención del proyecto representa un riesgo bajo del 2.8%, su probabilidad de causar una inoperatividad es casi nula y su impacto es poco representativo.

**Tabla 67.**

*Índice de evaluación de riesgo 4.5*

4.5		Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.		Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
Objetivo	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	10%	0.400	0.200	0.020
Tiempo	0.500		0.150	0.075	0.008
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.028</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Finalmente, de acuerdo a la cuantificación, con apenas un 4% de riesgo se tiene al 4.6, debido a que, si bien no están implementadas las nuevas normativas internacionales, estas no han afectado a la fecha con el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

**Tabla 68.**

*Índice de evaluación de riesgo 4.6*

4.6		Normas vigentes nacionales para puentes.		Impacto Ponderado	Nivel Prob x Imp
Objetivo	Peso	Probabilidad	Impacto		
Costo	0.500	10%	0.800	0.400	0.040
Tiempo	0.500		0.000	0.000	0.000
				<b>Nivel del Riesgo</b>	<b>0.040</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Finalmente, de acuerdo a la cuantificación, con apenas un 4% de riesgo se tiene al 4.6, debido a que, si bien no están implementadas las nuevas normativas internacionales, estas no han afectado a la fecha con el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

**Tabla 69.**

*Análisis cualitativo del riesgo*

Código	Riesgo	Prob.	Impacto		Calificación
			Costo	Tiempo	
1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	0.700	0.20	0.20	0.495
1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	0.500	0.39	0.05	0.215
1.3	Colapso total del puente.	0.100	0.24	0.56	0.080
1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	0.900	0.20	0.08	0.248
1.5	Replanteo vial del puente Bajo Grau.	0.300	0.03	0.08	0.030
1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	0.700	0.11	0.64	0.720
1.7	Ruta de desvío del puente bajo Grau.	0.300	0.16	0.09	0.075
1.8	Diseño estructural del puente.	0.100	0.16	0.24	0.040
1.9	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.	0.300	0.16	0.24	0.120
1.10	Limitación de espacio para futuras construcciones.	0.100	0.32	0.48	0.080
2.1	Deficientes medidas tomadas ante desastres.	0.700	0.08	0.08	0.105
2.2	Escaso mantenimiento de la vía conectora.	0.500	0.32	0.03	0.175
2.3	Retrabajos ejecutados en el proyecto.	0.500	0.08	0.12	0.100
2.4	Falta de proyectos de intervención al puente.	0.900	0.04	0.01	0.045
2.5	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.	0.700	0.05	0.00	0.035
2.6	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.	0.500	0.40	0.00	0.200
3.1	Pérdidas económicas por incomunicación.	0.100	0.64	0.16	0.080
3.2	Pérdidas de credibilidad con la entidad.	0.900	0.03	0.00	0.027
3.3	Paralización por movilizaciones.	0.100	0.03	0.44	0.047
3.4	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.	0.980	0.19	0.76	0.931
4.1	Colapso del puente por fallas en las represas.	0.100	0.40	0.40	0.080
4.2	Falla del puente durante un evento sísmico.	0.100	0.28	0.40	0.068
4.3	Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.	0.900	0.48	0.48	0.855
4.4	Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.	0.100	0.400	0.075	0.048
4.5	Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.	0.100	0.200	0.075	0.028
4.6	Normas vigentes nacionales para puentes.	0.100	0.400	0.000	0.040

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.1.4.3 Ranking de riesgos.

Para realizar la jerarquización de los riesgos o más conocido como el “ranking de riesgos”, se utilizarán los principios de Pareto, que nos indica que los valores representativos y aptos para el estudio se encuentran ubicados entre el 20 y 80% (Ankunda, 2011) de los valores analizados, es por ello que sintetizado tenemos la siguiente tabla:

**Tabla 70.**  
*Ranking de riesgos mediante el análisis cualitativo*

Código	Riesgo	Calificación
3.4	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.	93%
4.3	Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.	86%
1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	72%
1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	50%
1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	25%
1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	22%
2.6	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.	20%
2.2	Escaso mantenimiento de la vía conectora.	18%
1.9	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.	12%
2.1	Deficientes medidas tomadas ante desastres.	11%
2.3	Retrabajos ejecutados en el proyecto.	10%
3.1	Pérdidas económicas por incomunicación.	8%
1.10	Limitación de espacio para futuras construcciones.	8%
4.1	Colapso del puente por fallas en las represas.	8%
1.3	Colapso total del puente.	8%
1.7	Ruta de desvío del puente bajo Grau.	8%
4.2	Falla del puente durante un evento sísmico.	7%
4.4	Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.	5%
3.3	Paralización por movilizaciones.	5%
2.4	Falta de proyectos de intervención al puente.	5%
1.8	Diseño estructural del puente.	4%
4.6	Normas vigentes nacionales para puentes.	4%
2.5	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.	4%
1.5	Replanteo vial del puente Bajo Grau.	3%
4.5	Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.	3%
3.2	Pérdidas de credibilidad con la entidad.	3%

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 71 se presenta el informe de los riesgos incidentes del análisis cualitativo y que requieren pasar al a nálisis cuantitativo para su gestión adecuado.

**Tabla 71.**

*Informe de riesgos analizados cualitativamente*

Código	Riesgo	Categoría	Calificación	Causa Raíz	Descripción	Disparador/ Trigger	Prob.	Impacto	Calificación
1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	1. Riesgo Técnico	Negativo	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Durante los periodos en los aumentos de la avenida de caudal del río Chili (enero, febrero y marzo), por la poca altura del estribo este, el puente puede funcionar como dique colector, provocando la inundación de la superestructura.	Incremento del caudal regulado del río Chili a más de 120 m <sup>3</sup> /s.	90%	16% 64%	72%
1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	1. Riesgo Técnico	Negativo	Diseño actual del puente Bajo Grau.	El estribo este con coordenadas 228805.44 E y 8185785.49 S, ha presentado infiltraciones en los últimos eventos de lluvia, causando problemas de conexión a la vía Av. La Marina.	Fisuras en el pavimento sobre el estribo este.	90%	28% 28%	50%
1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	1. Riesgo Técnico	Negativo	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Ante grandes avenidas del río Chili, por la fuerza de empuje del agua se puede dar el arrastre de rocas de gran tamaño (Mayores a 10 pulgadas) y al colisionar con los estribos pueden dañar considerablemente la estructura.	Material rocoso en movimiento detectado aguas arriba.	90%	20% 8%	25%
1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	1. Riesgo Técnico	Negativo	Diseño actual del puente Bajo Grau.	Las obras de mejoramiento del puente, provocan constantes interrupciones en la vía conectora.	Congestionamiento vehicular en la vía de conexión.	50%	39% 5%	22%

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.1.5 Análisis cuantitativo

#### 3.1.5.1 Simulación del impacto

##### a) *Colapso por inundación de la superestructura.*

Descripción del riesgo: Las grandes avenidas en los meses de verano, entre diciembre y marzo, provocan que el caudal del río Chili aumente desde su promedio normal de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  hasta un por niveles superiores a los  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  como en el año 2012. Esto provoca que el nivel del tirante de agua llegue superar los 2 metros de altura colisionando con la superestructura del puente en estudio y causando constante interrupciones.

Ubicación geográfica: Provincia, departamento y distrito de Arequipa.

Coordenadas: 228805.44 E y 8185785.49 S.

Cualificación: Riesgo alto con nivel 72%.

Impacto económico del riesgo: Garantizar que el tirante de agua bajo el puente no supere los 2 metros de altura, esto se puede lograr al ser un canal de flujo subcrítico  $F_c < 1$ , aumentando la sección transversal del río aguas arriba. Todos estos cálculos se han desarrollado utilizando el software básico H-CANALES V 3.0 para tener un modelo idealizado del impacto del riesgo.

Supuestos para el comportamiento bajo del puente Bajo Grau:

- Ancho de canal: 28.4 m (medidos en terreno) \*
- Canal de concreto: rugosidad 0.11 (Villon, 2007)
- Canal rectangular
- Longitud de intervención: 91.57 m \*
- Longitud del puente Grau: 35m \*
- Cota superior: 2338 m.s.n.m. \*
- Cota inferior: 2334 m.s.n.m. \*

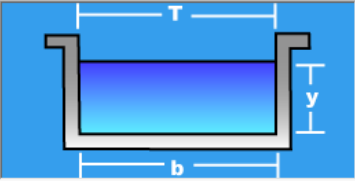
\* Datos tomados de levantamiento topográfico.

Con los datos obtenidos se procede a ingresar al software H-CANALES V-3:

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup>  
 Espejo de agua (T):  m  
 Número de Froude (F):   
 Tipo de flujo:

Perímetro (p):  m  
 Radio hidráulico (R):  m  
 Velocidad (v):  m/s  
 Energía específica (E):  m-Kg/Kg

**Cuidado velocidad erosiva**

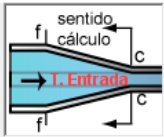
Figura 44 Cálculo del tirante en la zona de estudio

Fuente: Procesado con H-CANALES V.3

De la figura anterior, podemos llegar a la conclusión que para el caudal de 250 m<sup>3</sup>/s, se llegaría a un tirante de agua de 2.77m, superando así la altura que el puente puede tolerar y por lo tanto siendo necesario intervenir para disminuirlo.

Es por ello que se plantea un aliviadero aguas arriba, esto para garantizar que el tirante no supere los 2 metros de altura.

**Cálculos para una transición de entrada alabeada**



**Datos de Entrada:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera en la sección C:  m  
 Ancho de solera en la sección F:  m  
 Talud en la sección C:   
 Talud en la sección F:   
 Tirante en la sección C:  m  
 Diferencia de cotas HZ:  m  
 Coef. de pérdida en transición K:

**Resultados:**

Tirante en la sección F:  m  
 Longitud de la transición:  m  
 Número de tramos N:

**Cálculo del ancho solera, talud y variación de fondo:**

l	b(l)	Z(l)	HZ(l)
0	28.4000	0.0000	0.0000
1	28.4208	0.0000	0.2500
2	28.4836	0.0000	0.5000
3	28.5894	0.0000	0.7500
4	28.7392	0.0000	1.0000
5	28.9342	0.0000	1.2500
6	29.1757	0.0000	1.5000
7	29.4652	0.0000	1.7500
8	29.8046	0.0000	2.0000
9	30.1963	0.0000	2.2500

**Cálculo del tirante, velocidad y energía:**

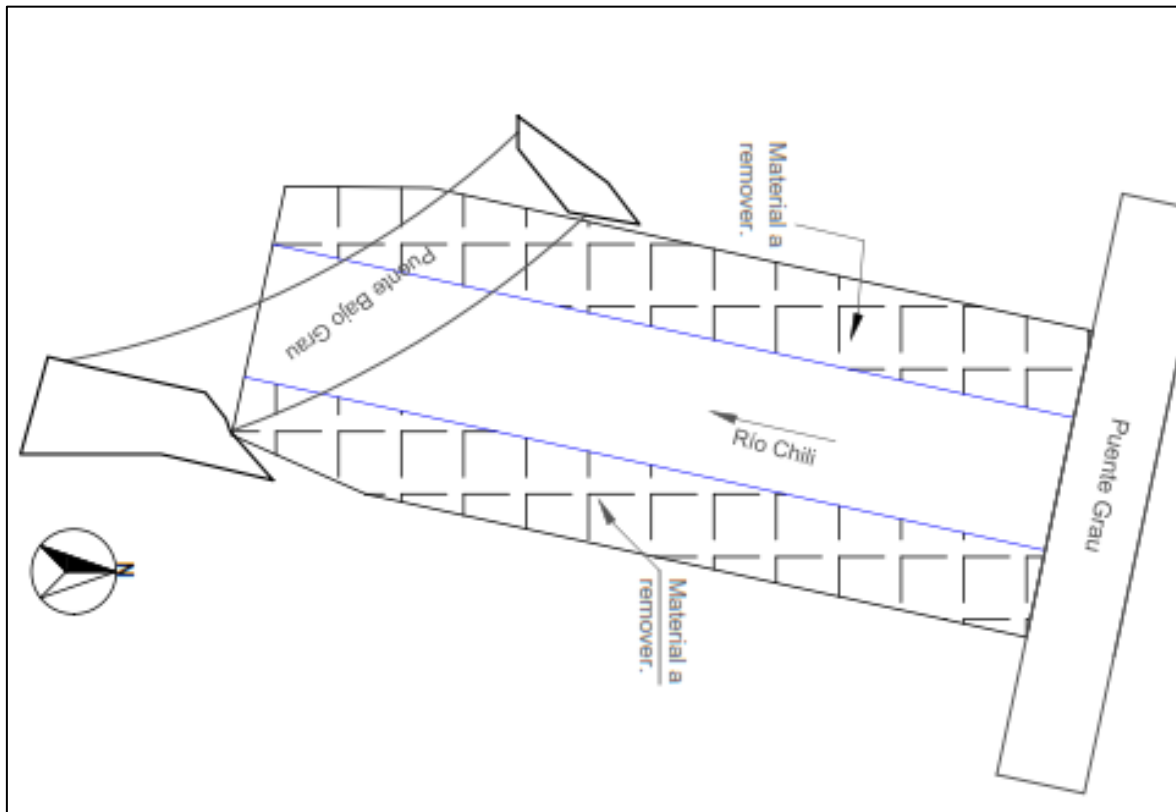
l	y(l)	v(l)	E(l)
0	1.8000	4.8905	3.0190
1	1.6743	5.2538	3.0811
2	1.5759	5.5696	3.1569
3	1.4935	5.8550	3.2407
4	1.4217	6.1186	3.3298
5	1.3573	6.3657	3.4227
6	1.2984	6.5994	3.5182
7	1.2437	6.8221	3.6158
8	1.1922	7.0355	3.7151
9	1.1434	7.2409	3.8157

Figura 45 Transición alabeada de ingreso

Fuente: Procesado con H-CANALES V.3

Con estos datos se plantea que el impacto del riesgo sería la ampliación del ancho del río se consideran las siguientes partidas:

- Remoción de material lodoso al lecho del río.
- Acomodo de rocas al lecho del río.



**Figura 46** Esquema de transición de alabeo entre puentes

Fuente: Elaboración Propia

Del esquema podemos extraer la volumetría aproximada para la realización del presupuesto requerido.

**Tabla 72.**

*Metrados de volúmenes de movimiento de tierras*

Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Material lodoso	1,763.49	1.50	2,645.24
Material rocoso	529.05	2.00	1,058.09

Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar que los valores son estimados de una idealización y por ello el presupuesto será sometido a una simulación Montecarlo.

Con los datos volumétricos obtenidos y apoyándonos del análisis de precios unitarios para el R-1.6 citado en el anexo D, tenemos el presupuesto para el impacto del riesgo.

**Tabla 73.**

**Presupuesto para impacto del riesgo R 1.6**

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	P.U.	Total USD
1	Excavación de material lodoso del lecho del río	m3	2,645.24	12.81	33,885.52
2	Selección y conformación de berma con roca propia	m3	1,058.09	51.28	54,258.86
3	Gastos Generales	%	88,144.38	0.15	13,221.66
<b>SUB TOTAL</b>					<b>101,366.04</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

En seguida se realizará la simulación Montecarlo mediante la herramienta de validación @Risk7.6®, se programará para ejecutar un total de 10,000 (diez mil) iteraciones, mediante las cuales podrá devolver un valor total corregido, cuyo excedente podrá ser cargado como contingencia al presupuesto.

La primera distribución ingresada está dada por una PERT, ingresando un porcentaje mínimo y uno máximo para cada partida del presupuesto.

Mínimo	:	90%
Máximo	:	110%
Estimado	:	100%

**Tabla 74.**

**Presupuesto para impacto del riesgo R 1.6**

Elementos de costo	Caso base	Mínimo	Más probable	Máximo
Excavación de material lodoso del lecho del río	33,886	90%	100%	110%
Selección y conformación de berma con roca propia	54,259	90%	100%	110%
Gastos Generales	13,222	90%	100%	110%

**Fuente: Elaboración Propia**

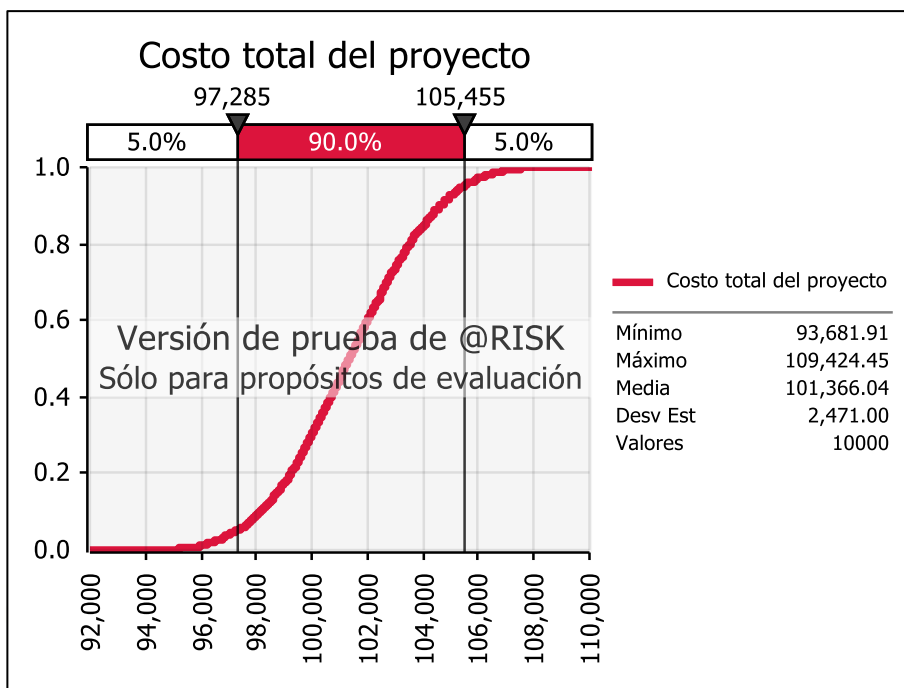


Figura 47 Curva S - Simulación del presupuesto R-1.6

Fuente: Procesado con @Risk 7.6

De la curva S podemos interpretar que hay una probabilidad acumulada del 50.16% de cumplir el presupuesto meta de \$ 101,366.04.

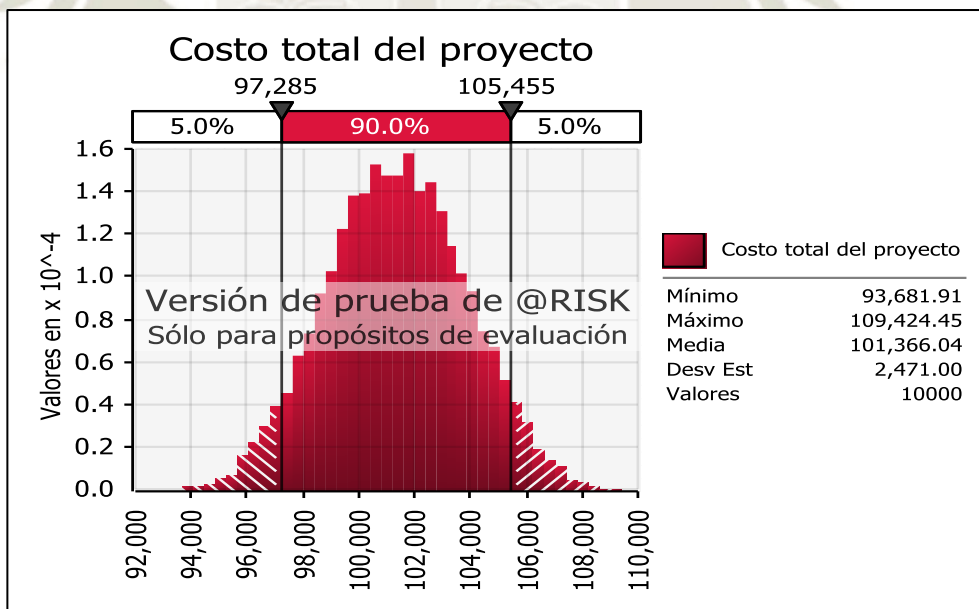


Figura 48 Histograma de frecuencia – Simulación del presupuesto R-1.6

Fuente: Procesado con @Risk 7.6

Del histograma de frecuencia el presupuesto total necesario para una confianza del 95.0% es de \$ 105,455, sobreestimando una contingencia del \$ 4,089.

b) *Fallas de infiltración en el estribo este.*

Descripción del riesgo: El estribo no cuenta con un muro de protección ante la erosión del agua debido al estado actual y el estado actual.

Ubicación geográfica: Provincia, departamento y distrito de Arequipa.

Coordenadas: 228805.44 E y 8185785.49 S.

Cualificación: Riesgo alto con nivel 50%.

Impacto económico del riesgo: Construir el muro de protección al estribo este, el que fue propuesto en la infografía del diario La República (2012), ante la consulta a expertos geotecnistas e hidráulicos de la región.

Supuestos:

- Alto muro: 4.38 m
- Longitud muro: 7.13 m
- Ancho muro: 0.30 m
- Material de construcción: concreto 280 Kg/cm<sup>2</sup>
- Ratio de acero/concreto: 180 Kg/m<sup>3</sup>

**Tabla 75.**

*Metrados para el muro de contención del riesgo R – 1.1*

Ítem	Descripción	UNID.	Cant	h (m)	b(m)	e(m)	Subtotal
1	Excavación y preparación de terreno	m <sup>3</sup>	1.00	1.50	7.50	1.00	11.25
2	Escarificado de muro existente y colocación de puente de adherencia	m <sup>2</sup>	1.00	4.38	7.13	-	31.23
3	Habilitación y colocación de acero de refuerzo $f_y = 4200$ Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	1.00				2,969.79
4	Encofrado y desencofrado de madera en muro	m <sup>2</sup>	1.00	4.38	7.13	-	31.23
5	Colocación, curado y vibrado de concreto premezclado de 280 Kg/m <sup>3</sup> (Fundación)	m <sup>3</sup>	1.00	1.00	7.13	1.00	7.13
6	Colocación, curado y vibrado de concreto premezclado de 280 Kg/m <sup>3</sup> (Muro)	m <sup>3</sup>	1.00	4.38	7.13	0.30	9.37
7	Gastos Generales	%		0.60	0.15		6.09

**Fuente:** Elaboración propia

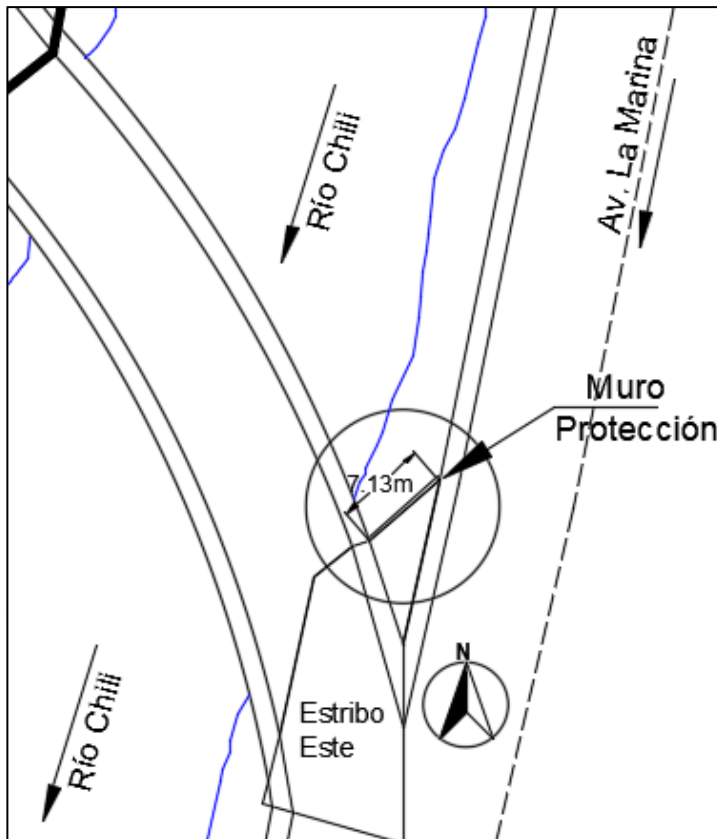


Figura 49 Esquema de muro de protección en estribo este del Puente

Fuente: Elaboración propia

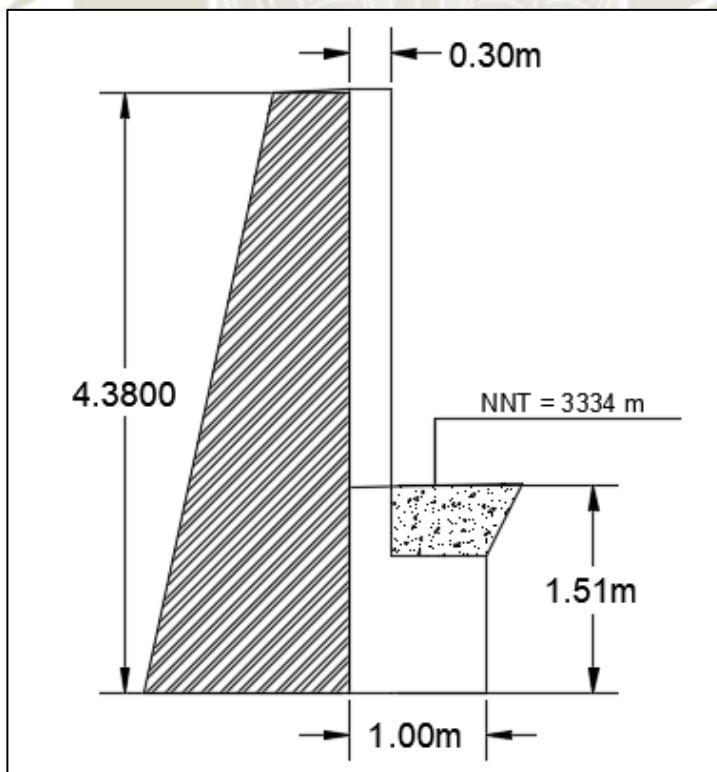


Figura 50 Esquema de muro de protección en estribo este del Puente

Fuente: Elaboración propia

Con los metrados estimados de la idealización del muro de protección en el estribo este, empleando los precios unitarios formulados para el proyecto (plasmados en el anexo E), estimamos un coste para el muro de contención de \$ 19,974.23 dólares americanos.

**Tabla 76.**

*Presupuesto para impacto del riesgo R 1.1*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total USD
1	Escarificado de muro existente y colocación de puente de adherencia	m2	31.23	200.50	6,261.49
2	Habilitación y colocación de acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	Kg	2,969.79	1.38	4,098.31
3	Encofrado y desencofrado de madera en muro	m2	31.23	75.23	2,349.39
4	Colocación, curado y vibrado de concreto premezclado de $280 \text{ Kg/m}^3$	m3	16.50	251.79	4,154.24
5	Alquiler de andamios	día	5.00	116.26	581.29
6	Gastos Generales	%	16,863.43	0.15	2,529.51
<b>SUB TOTAL</b>					<b>19,974.23</b>

**Fuente: Elaboración propia**

De igual manera a que en el proceso anterior el software @Risk7.6®, determina mediante 10,000 iteraciones, el costo incierto del presupuesto en mención, para ello, al ser un presupuesto menos realístico tomaremos los valores inferiores de 90% y superior del 125%, incrementando el factor de seguridad superior en 5% al aumentar la incertidumbre.

**Tabla 77.**

*Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.1*

Elementos de costo	Caso base	Mínimo	Más probable	Máximo
Escarificado de muro existente y colocación de puente de adherencia	6,261	90%	100%	125%
Habilitación y colocación de acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	4,098	90%	100%	125%
Encofrado y desencofrado de madera en muro	2,349	90%	100%	125%
Colocación, curado y vibrado de concreto premezclado de $280 \text{ Kg/m}^3$	4,154	90%	100%	125%
Alquiler de andamios	581	90%	100%	125%
Gastos Generales	2,529.51	90%	100%	125%

**Fuente: Elaboración propia**

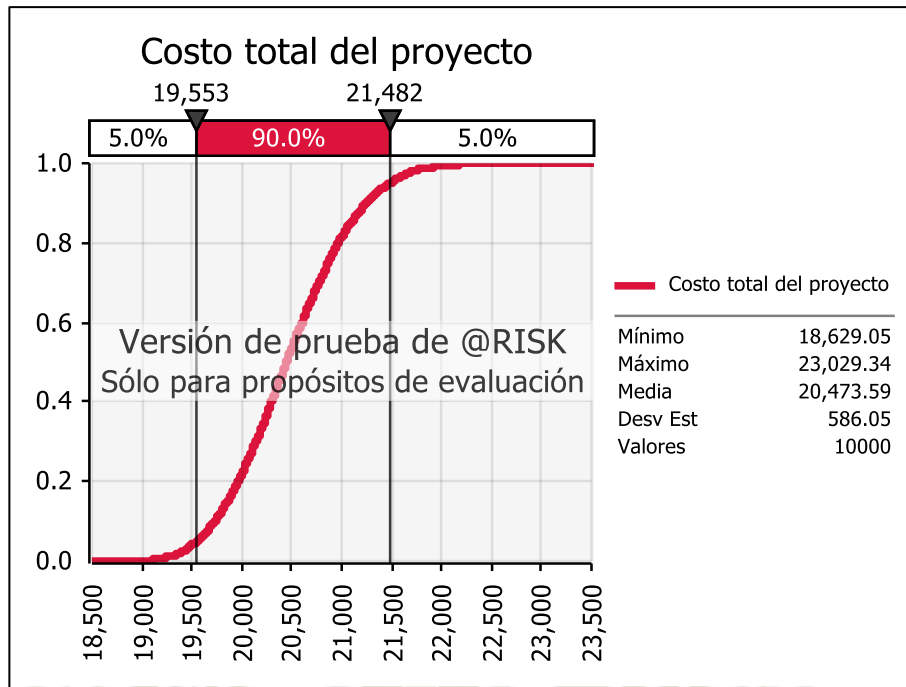


Figura 51 Curva S - Simulación del presupuesto R-1.1

Fuente: Procesado con @Risk 7.6

De la curva S tenemos que existe una probabilidad acumulada del 20.60% para completar el presupuesto estipulado, un porcentaje muy bajo, por lo que es necesario trabajar con la medida en contingencia.

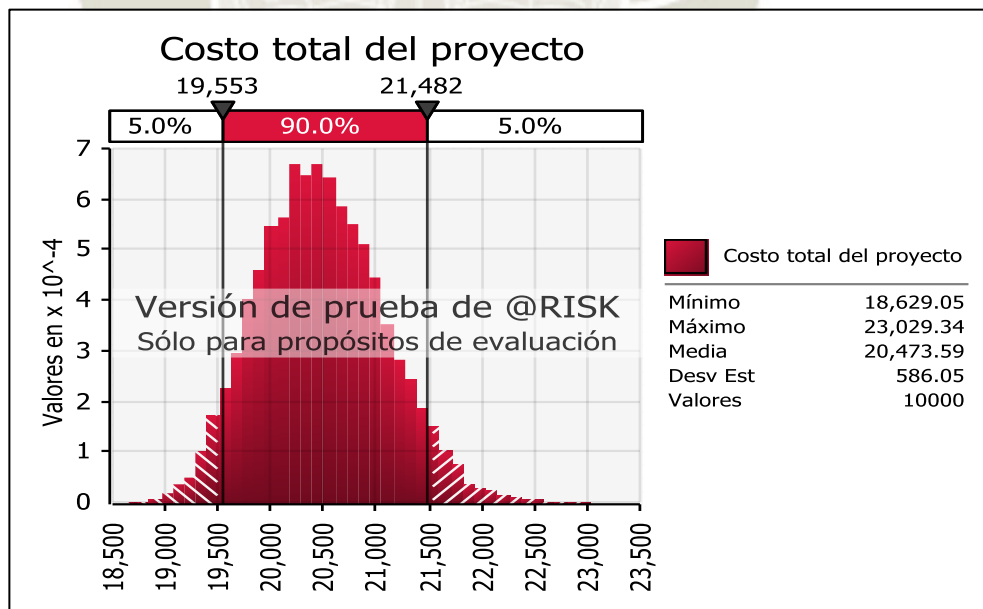


Figura 52 Histograma Montecarlo - Simulación del presupuesto R-1.1

Fuente: Procesado con @Risk 7.6

A partir del histograma de frecuencia obtenemos que para una confiabilidad del 95% se necesitará una contingencia de \$1,508, llegando a los \$ 21,482.

c) *Arrastre de material rocoso y obstrucción.*

Descripción del riesgo: Las avenidas intensas en el río Chili pueden traer consigo el arrastre de rocas de grandes diámetros, mayores a 10 pulgadas de diámetro promedio, esto ocasiona muchas veces erosión en los estribos, produciendo daño considerable en las bases del proyecto en estudio.

Ubicación geográfica: Provincia, departamento y distrito de Arequipa.

Coordenadas: 228805.44 E y 8185785.49 S.

Cualificación: Riesgo alto con nivel 25%.

Impacto económico del riesgo: Necesaria la remoción de rocas mayores a 10 pulgadas y menores a 50 pulgadas de diámetro con apoyo de maquinaria pesada.

Supuestos:

Tiempos de trabajo, 7 días.

Maquinaria a emplearse: excavadora sobre orugas, retroexcavadora.

Personal: 1 capataz, 02 operadores pesados, 4 vigías.

Para el caso, al no contar con cantidades exactas no es posible estimar el presupuesto mediante la metodología clásica de precios unitarios, por lo emplearemos una metodología propuesta por GyM (2018), método del Hamburgués.

**Tabla 78.**

*Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.4*

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	Días	Jornada	Horas	Tarifa	Total (USD)
1	Excavadora sobre orugas 336	días	1	7.00	10.00	70.00	89.44	6,261.05
2	Retroexcavadora	días	1	7.00	10.00	70.00	31.83	2,228.32
3	Capataz	días	1	7.00	10.00	70.00	15.63	1,093.94
4	Operario	días	2	7.00	10.00	70.00	9.85	689.45
5	Vigías	días	4	7.00	10.00	70.00	8.70	608.89
6	Gastos Generales (15%)	%						1,632.25
						<b>SUB TOTAL</b>	<b>350.00</b>	<b>12,513.89</b>

**Fuente:** Elaboración propia

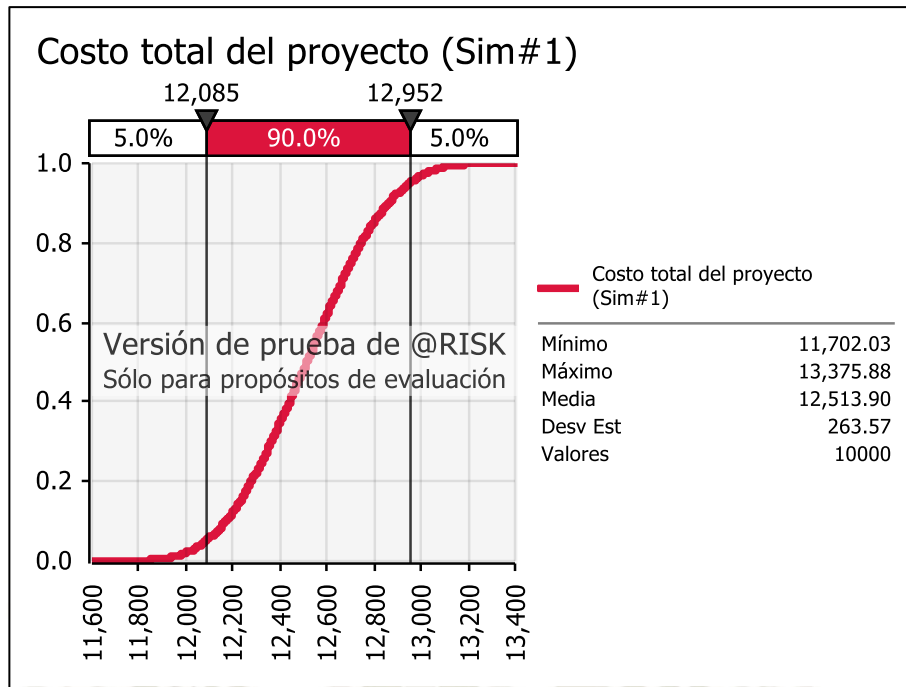


Figura 53 Curva S - Simulación del presupuesto R-1.4

Fuente: Procesado con @Risk 7.6

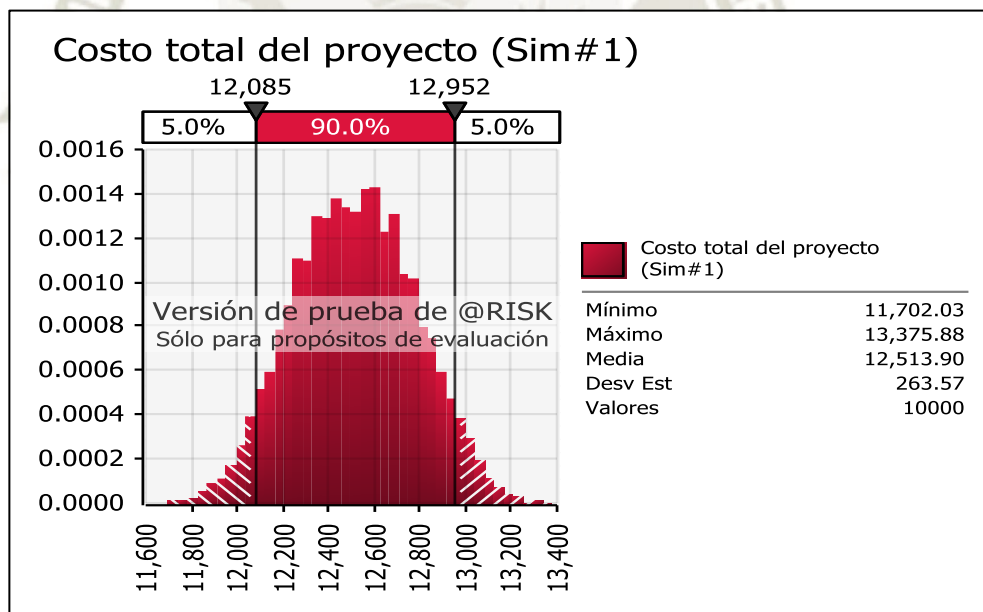


Figura 54 Histograma Montecarlo - Simulación del presupuesto R-1.4

Fuente: Procesado con @Risk 7.6

De acuerdo a la simulación realizada el presupuesto cuenta con una confiabilidad del 49.9%, interpolando para incrementar la confianza al 95% es necesaria una contingencia económica de \$ 438.05.

d) *Obras de mejoramiento en la superestructura.*

Descripción del riesgo: La superestructura del puente está cubierta con una capa asfáltica como pavimentación, por lo que temporalmente será necesario ejecutar obras de mejoramiento de manera paulatina para garantizar su eficiencia considerando que épocas de lluvia el pavimento sufre daños considerables por humedad.

Ubicación geográfica: Provincia, departamento y distrito de Arequipa.

Coordenadas: 228805.44 E y 8185785.49 S.

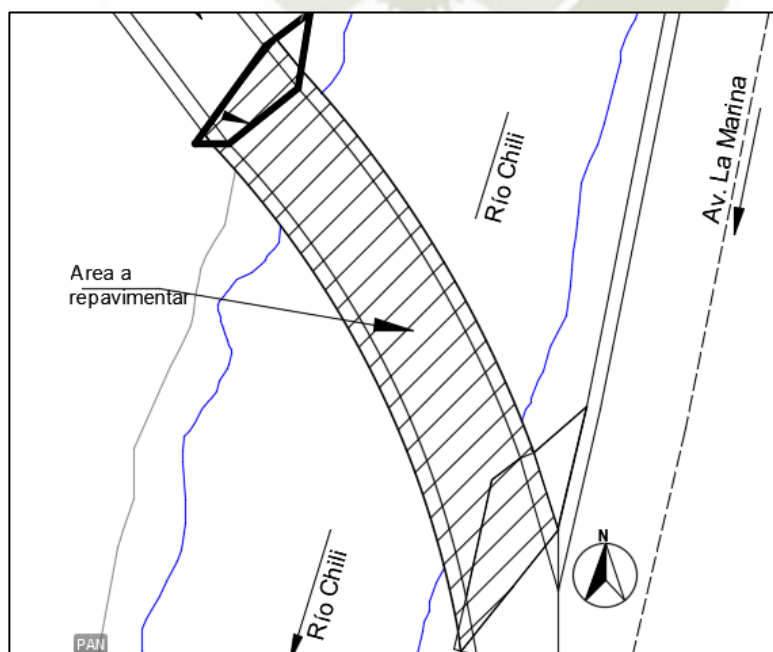
Cualificación: Riesgo alto con nivel 22%.

Impacto económico del riesgo: El daño por humedad causado a la vía pavimentada sobre el puente Bajo Grau impactará en el reemplazo de la capa de pavimento flexible que funciona como capa de rodadura, para ello se considerará una capa con cemento asfáltico preparado en caliente.

Supuestos:

Área de pavimento, 874.82 m<sup>2</sup> (Considerando la pendiente del puente)

Ancho de capa asfáltica, 2 pulgadas



**Figura 55** Vista en planta del puente Bajo Grau – Área a pavimentar

**Fuente:** Elaboración propia

Con apoyo de los precios unitarios del anexo F, se ha calculado el costo del impacto producido por el riesgo R – 1.2.

**Tabla 79.**

***Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.2***

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	P.U.	Total USD
1	Demolición de pavimento asfáltico de 2"	m2	874.82	2.01	1,758.40
2	Carguío y eliminación de material excedente	m3	44.44	7.80	346.64
3	Imprimación bituminosa INC/Arenado	m2	874.82	4.07	3,560.53
4	Limpieza de superficie a tratar	m2	874.82	0.17	148.72
5	Riego de liga con asfalto diluido RC-250	m2	874.82	1.54	1,347.23
6	Carpeta asfáltica en caliente de 2"	m2	874.82	31.84	27,854.40
7	Gastos generales	%	0.15	35,015.92	5,252.39
<b>SUB TOTAL</b>					<b>40,268.30</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Al igual que para los tres anteriores riesgos, aplicaremos un modelamiento de tipo Log-Normal para modelar un rango sin límites, esta vez se han realizado 5 simulaciones paralelas con un total de 10,000 iteraciones. Se han considerado probabilidades variables entre 90% y 95% para el mínimo y entre el 110% y 125% para el máximo, esto teniendo consideración la confiabilidad del valor medrado.

**Tabla 80.**

***Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.2***

Elementos de costo	Caso base	Mínimo	Más probable	Máximo
Demolición de pavimento asfáltico de 2"	1,758	95%	100%	110%
Carguío y eliminación de material excedente	347	90%	100%	125%
Imprimación bituminosa INC/Arenado	3,561	95%	100%	100%
Limpieza de superficie a tratar	149	95%	100%	125%
Riego de liga con asfalto diluido RC-250	1,347	95%	100%	110%
Carpeta asfáltica en caliente de 2"	27,854.40	95%	100%	110%
Gastos generales	5,252	90%	100%	125%

**Fuente: Elaboración propia**

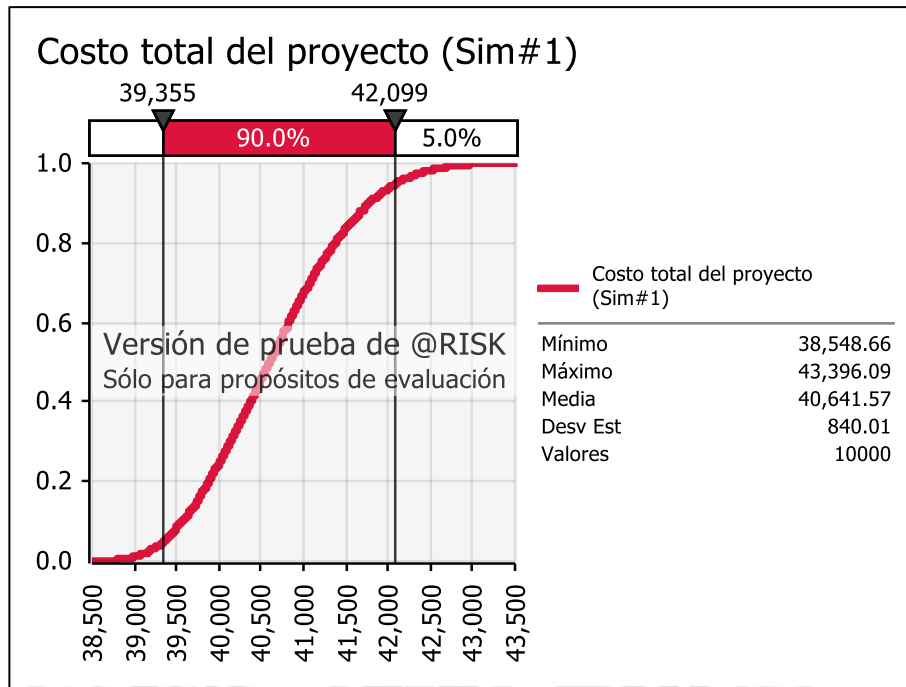


Figura 56 Curva S - Simulación del presupuesto R-1.2

Fuente: Procesado con @Risk 7.6

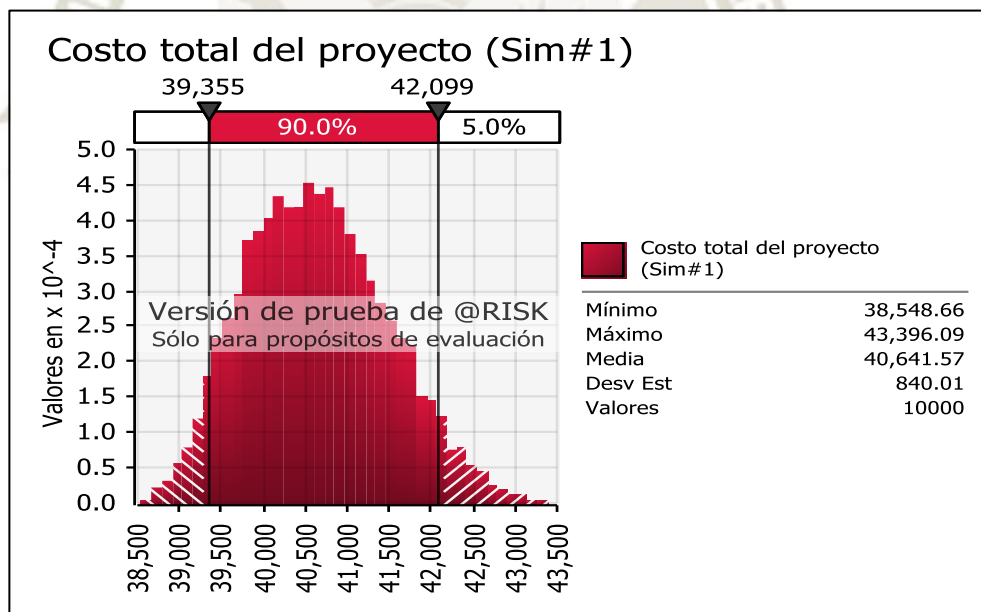


Figura 57 Histograma Montecarlo - Simulación del presupuesto R-1.2

Fuente: Procesado con @Risk 7.6

Finalmente, para el riesgo 1.2 la confiabilidad del presupuesto es 35.75%, por lo que se trabajará con el costo ajustado al 95% de confiabilidad el cual es: \$ 42,099.

### 3.1.5.2 Análisis de sensibilidad.

Con los riesgos obtenidos, adecuando el nivel de riesgos calculado mediante el análisis cualitativo y los impactos simulados a través del análisis cuantitativo, es que se procede con analizar la sensibilidad del modelo utilizando un modelamiento de ocurrencia de eventos en conjuntos, el tipo de distribución designado es triangular aleatorio, con un total de 100 simulaciones y 100,000.00 iteraciones totales.

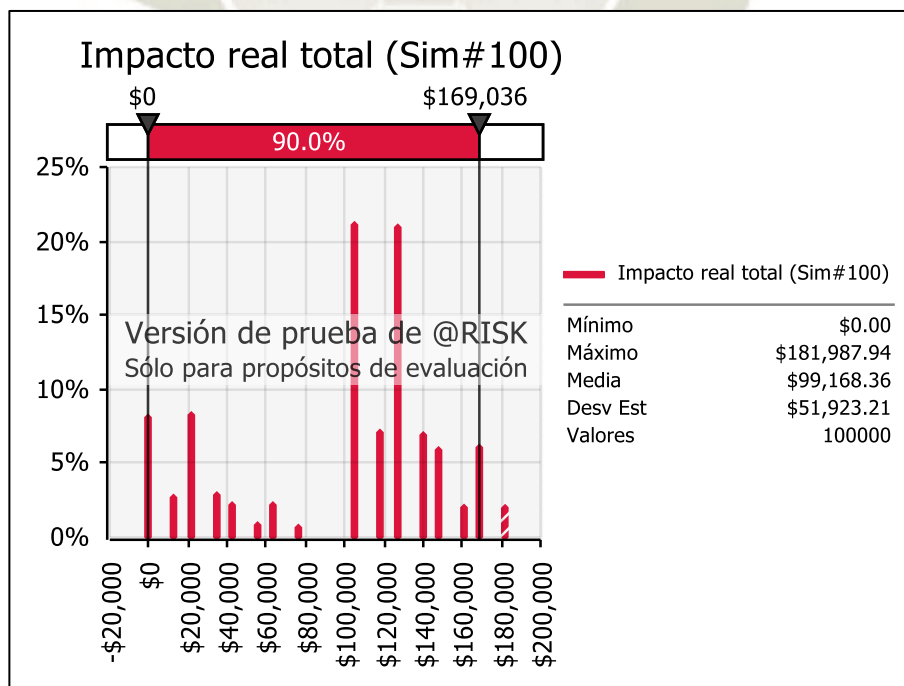
**Tabla 81.**

**Presupuesto para impacto para simulación del riesgo R 1.**

Cód.	Evento	Nivel Riesgo	Impacto si ocurre
1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	0.720	S/105,455.00
1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	0.500	S/21,482.00
1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	0.250	S/12,951.94
1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	0.220	S/42,099.00
<b>Suma</b>			<b>S/181,987.94</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Mediante la combinación de los riesgos, obtenemos que el impacto medio total para el proyecto es de \$ 99.168.36 dólares americanos.



**Figura 58 Diagrama de frecuencias - Simulación del impacto de riesgos combinados**

**Fuente:** Procesado con @Risk 7.6

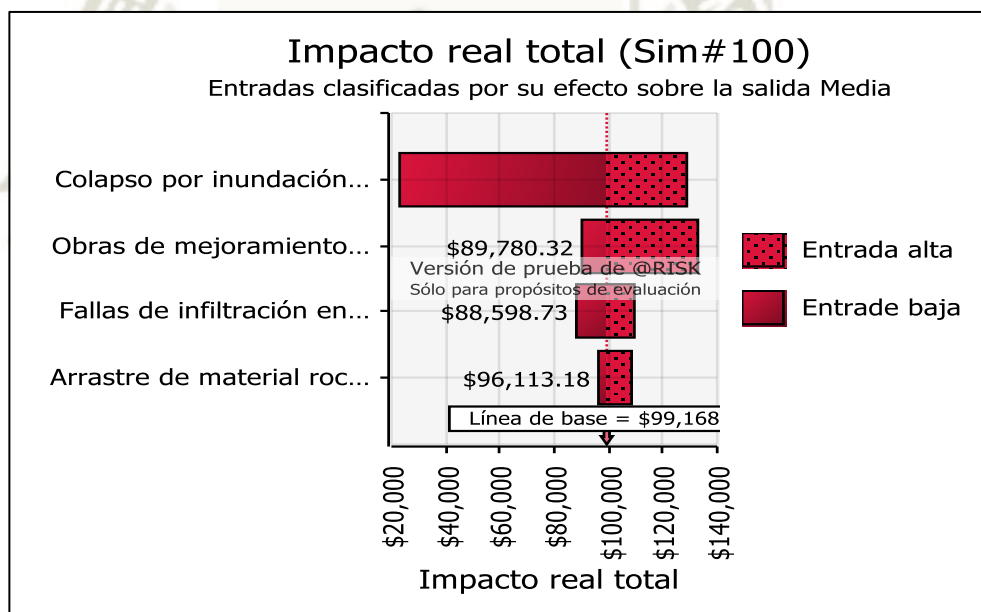
La jerarquización final de los riesgos resulta el factor determinante para concluir en el nivel general del riesgo, el modelo ordena por impacto los impactos presentes en el proyecto, el cambio en la estadística se nota en la figura 59, mostrando los valores superiores e inferiores en caso el riesgo ocurriese.

**Tabla 82.**

*Cambio en la estadística de salida de Impacto real total.*

Jerarquía	Nombre	Inferior	Superior
1	Colapso por inundación de la superestructura. / Ocurre	\$23,236	\$128,710
2	Obras de mejoramiento en la superestructura. / Ocurre	\$89,780	\$132,544
3	Fallas de infiltración en el estribo este. / Ocurre	\$88,599	\$109,738
4	Arrastre de material rocoso y obstrucción. / Ocurre	\$96,113	\$108,491

**Fuente: Procesado con @Risk 7.6**



**Figura 59 Diagrama de tornado**

**Fuente: Procesado con @Risk 7.6**

### 3.1.5.3 Nivel de riesgo general.

El nivel de riesgo general arrojado mediante el modelamiento nos entrega un porcentaje de probabilidad e incidencia del 42.3 % con un costo impacto del \$ 99.168.36.

A través del análisis concluido se puede deducir que el proyecto está sometido a un nivel de riesgo mediano.

### 3.2 Variable Dependiente: Puente Bajo Grau

#### 3.2.1 Planificar las respuestas a riesgos

Tabla 83.

*Estrategia de riesgos para riesgos técnicos.*

Código	Riesgo	Calificación	Risk Owner	Estrategia	Acciones
1.1	Fallas de infiltración en el estribo este.	50%	Gerencia de planificación, presupuestación y racionalización	Mitigar	Muro de protección de concreto armado para el estribo este.
1.2	Obras de mejoramiento en la superestructura.	22%	Gerencia de planificación, presupuestación y racionalización	Mitigar	Repavimentación de la superestructura del puente.
1.3	Colapso total del puente.	8%	Gerencia municipal	Aceptar	Monitorear periódicamente los niveles de las presas conformantes del sistema regulado del Chili.
1.4	Arrastre de material rocoso y obstrucción.	25%	Gerencia de planificación, presupuestación y racionalización	Evitar	Limpieza del lecho del río Chili aguas arriba, eliminación de rocas de 10 pulgadas.
1.5	Replanteo vial del puente Bajo Grau.	3%	Gerencia de transporte urbano y circulación vial	Aceptar	Monitoreo del sistema vial del puente Bajo Grau.
1.6	Colapso por inundación de la superestructura.	72%	Gerencia vial y de transportes	Aceptar	Monitorear periódicamente los niveles de las presas conformantes del sistema regulado del Chili.
1.7	Ruta de desvío del puente bajo Grau.	8%	Gerencia de transporte urbano y circulación vial	Explotar	Gestionar adecuadamente las rutas de desfogue del puente Bajo Grau.
1.8	Diseño estructural del puente.	4%	Gerencia de planificación, presupuestación y racionalización	Aceptar	Verificar el diseño estructural del puente en planos existentes y adaptarlo a la nueva norma sismoresistente.
1.9	Métodos constructivos empleados al momento de su ejecución.	12%	Ministerio de transportes y comunicaciones	Transferir	Derivar la consulta al MTC para garantizar el método constructivo empleado.
1.10	Limitación de espacio para futuras construcciones.	8%	Gerencia de desarrollo urbano	Transferir	Plantear la ampliación del puente en la zona norte colindante con el puente Grau.

Fuente: Elaboración propia

Para las tablas 84, 85 y 86 se le ha asignado a cada riesgo un propietario o “Risk Owner”, que será la oficina o entidad que será la responsable de la acción a tomar con el riesgo.

Además de acuerdo a las estrategias dadas por el PMI (2017), se adjudican las correspondientes a cada riesgo: evitar, explotar, transferir, mitigar y aceptar.

Finalmente, acciones de respuesta han sido planteadas como respuesta potencial al riesgo.

**Tabla 84.**  
*Estrategia de riesgos para riesgos de gestión.*

Código	Riesgo	Calificación	Risk Owner	Estrategia	Acciones
2.1	Deficientes medidas tomadas ante desastres.	11%	Gerencia de planificación, presupuestación y racionalización	Evitar	Plan de gestión de riesgos ambientales.
2.2	Escaso mantenimiento de la vía conectora.	18%	Gerencia de transporte urbano y circulación vial	Aceptar	Programar mantenimientos periódicos a la vía conectora.
2.3	Retrabajos ejecutados en el proyecto.	10%	Gerencia de planificación, presupuestación y racionalización	Evitar	Gestionar el control de calidad periódico del puente para evitar retrabajos.
2.4	Falta de proyectos de intervención al puente.	5%	Gerencia de planificación, presupuestación y racionalización	Aceptar	Plan de mantenimiento y monitoreo del puente.
2.5	Falta de información del proyecto por parte de la entidad.	4%	Gerencia municipal	Aceptar	Ordenamiento documentario de la entidad para ubicar los datos necesarios.
2.6	Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía.	20%	Gerencia municipal	Transferir	Comunicar al MTC la necesidad de asignar presupuesto para el mantenimiento.

**Fuente:** Elaboración propia

Tabla 85.

*Estrategia de riesgos para riesgos comerciales.*

Código	Riesgo	Calificación	Risk Owner	Estrategia	Acciones
3.1	Pérdidas económicas por incomunicación.	8%	Gerencia de planificación, presupuestación y racionalización	Aceptar	Garantizar que ante un cierre del puente existan las rutas adecuadas para la conexión. Informar constantemente a la población sobre los riesgos de inundación en la zona e intervenir oportunamente el proyecto.
3.2	Pérdidas de credibilidad con la entidad.	3%	Gerencia municipal	Aceptar	Plan de comunicación con los grupos de interés.
3.3	Paralización por movilizaciones.	5%	Gerencia de desarrollo urbano	Evitar	Utilización correcta de la vía con la coordinación entre rutas de transporte público.
3.4	Principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército.	93%	Gerencia de transporte urbano y circulación vial	Explotar	

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 86.

*Estrategia de riesgos para riesgos externos.*

Código	Riesgo	Calificación	Risk Owner	Estrategia	Acciones
4.1	Colapso del puente por fallas en las represas.	8%	AUTODEMA	Aceptar	Monitorear periódicamente los niveles de las presas conformantes del sistema regulado del Chili.
4.2	Falla del puente durante un evento sísmico.	7%	Gerencia de desarrollo urbano	Aceptar	Plan de gestión ante desastres sísmicos.
4.3	Colapso del puente bajo la crecida del río Chili.	86%	AUTODEMA	Mitigar	Monitorear el nivel del río Chili aguas arriba del puente.
4.4	Políticas estatales para mejoramiento del proyecto.	5%	Ministerio de economía y finanzas	Aceptar	Coordinar con el MEF para la dotación de presupuesto.
4.5	Competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto.	3%	Gerencia municipal	Aceptar	Coordinación con el MEF para la intervención del proyecto.
4.6	Normas vigentes nacionales para puentes.	4%	Ministerio de transportes y comunicaciones	Aceptar	Revisión de las diferencias entre las normas con las que fue construido el puente y las actuales.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 Gestión de respuestas a riesgos

Se ha realizado una hoja de respuesta ante los cuatro riesgos más incidentes, con la cual se podrá realizar la gestión y seguimiento de los riesgos del proyecto.

HOJA DE INFORMACIÓN DE UN RIESGO						
<b>Proyecto: Puente Bajo Grau</b>						
DATOS SOBRE EL RIESGO						
<b>Riesgo:</b>				<b>Nro. De riesgo:</b>		
Colapso por inundación de la superestructura.				1.6		
<b>Descripción:</b>				<b>Calificación 1:</b>		
Durante los periodos en los aumentos de la avenida de caudal del río Chili (enero, febrero y marzo), por la poca altura del estribo este, el puente puede funcionar como dique colector, provocando la inundación de la superestructura.				Negativo		
<b>Causa:</b>			<b>Disparador:</b>			
Diseño actual del puente Bajo Grau.			Incremento del caudal regulado del río Chili a más de 120 m3/s.			
<b>Hipótesis:</b>			<b>Fecha identificado:</b>		<b>Fecha cierre:</b>	
Los incrementos en el caudal del río Chili, pueden provocar el colapso de la estructura.			17/12/2018		Abierto	
ANÁLISIS Y RESPUESTA ANTE EL RIESGO						
<b>Probabilidad:</b>	90%	<b>Impacto:</b>	64%	<b>Calificación:</b>	72%	<b>Cuándo ocurrirá:</b>
Estrategia de respuesta:						Periodos de crecida del río Chili.
Evitar	Mitigar	Transferir	Acceptar			
Explotar	Mejorar	Compartir				
Plan de respuesta:						Costo del plan de respuesta \$
Ampliación del lecho del río aguas arriba.						\$105,455.00
<b>Riesgos residuales:</b>			<b>Riesgos secundarios:</b>			
Debilitamiento de los taludes del río aguas arriba.			Incremento del tirante de agua por arriba de la ampliación.			
REVISIONES Y AUDITORIAS DEL RIESGO						
Frecuencia de revisión	Diario	Quincenal	Última revisión:		Próxima revisión:	
	Semanal	Mensual	...../...../.....		...../...../.....	
Comentarios de la última revisión:						
El plan de respuesta ejecutado dio resultado?    Sí                    No						
Revisado por:						

Figura 60 Hoja de riesgo 1.6.

Fuente: Elaboración propia

HOJA DE INFORMACIÓN DE UN RIESGO						
<b>Proyecto: Puente Bajo Grau</b>						
DATOS SOBRE EL RIESGO						
<b>Riesgo:</b>				<b>Nro. De riesgo:</b>		
Fallas de infiltración en el estribo este.				1.1		
<b>Descripción:</b>				<b>Calificación 1:</b>		
El estribo este con coordenadas 228805.44 E y 8185785.49 S, ha presentado infiltraciones en los últimos eventos de lluvia, causando problemas de conexión a la vía Av. La Marina.				Negativo		
<b>Causa:</b>			<b>Disparador:</b>			
Diseño actual del puente Bajo Grau.			Fisuras en el pavimento sobre el estribo este.			
<b>Hipótesis:</b>			<b>Fecha identificado:</b>		<b>Fecha cierre:</b>	
El empuje de agua contra el estribo este puede ocasionar erosión e infiltraciones a la carpeta asfáltica.			17/12/2018		Abierto	
ANÁLISIS Y RESPUESTA ANTE EL RIESGO						
<b>Probabilidad:</b>	90%	<b>Impacto:</b>	28%	<b>Calificación:</b>	50%	<b>Cuándo ocurrirá:</b>
Estrategia de respuesta:						Periodos de crecida del río Chili.
Evitar	Mitigar	Transferir	Aceptar			
Explotar	Mejorar	Compartir				
Plan de respuesta:						Costo del plan de respuesta \$
Construcción de muro de protección al estribo este.						S/21,482.00
<b>Riesgos residuales:</b>			<b>Riesgos secundarios:</b>			
Durabilidad del muro de proteccion.			Trabajos durante la operación del proyecto.			
REVISIONES Y AUDITORIAS DEL RIESGO						
Frecuencia de revisión	Diario	Quincenal	Última revisión:		Próxima revisión:	
	Semanal	Mensual	...../...../.....		...../...../.....	
Comentarios de la última revisión:						
El plan de respuesta ejecutado dio resultado?    Sí            No						
Revisado por:						

Figura 61 Hoja de riesgo 1.1.

Fuente: Elaboración propia

HOJA DE INFORMACIÓN DE UN RIESGO						
<b>Proyecto: Puente Bajo Grau</b>						
DATOS SOBRE EL RIESGO						
<b>Riesgo:</b>				<b>Nro. De riesgo:</b>		
Arrastre de material rocoso y obstrucción.				1.4		
<b>Descripción:</b>				<b>Calificación 1:</b>		
Ante grandes avenidas del río Chili, por la fuerza de empuje del agua se puede dar el arrastre de rocas de gran tamaño (Mayores a 10 pulgadas) y al colicionar con los estribos pueden dañar considerablemente la estructura.				Negativo		
<b>Causa:</b>			<b>Disparador:</b>			
Diseño actual del puente Bajo Grau.			Material rocoso en movimiento detectado aguas arriba.			
<b>Hipótesis:</b>			<b>Fecha identificado:</b>		<b>Fecha cierre:</b>	
La crecida del río incrementará la velocidad de flujo, pudiendo arrastrar rocas de mediano a gran tamaño y dañando los estribos.			17/12/2018		Abierto	
ANÁLISIS Y RESPUESTA ANTE EL RIESGO						
<b>Probabilidad:</b>	90%	<b>Impacto:</b>	20%	<b>Calificación:</b>	25%	<b>Cuándo ocurrirá:</b>
Estrategia de respuesta:						Periodos de crecida del río Chili.
<b>Evitar</b>	Mitigar	Transferir	Aceptar			
Explotar	Mejorar	Compartir				
Plan de respuesta:						Costo del plan de respuesta \$
Remoción de las rocas de gran tamaño aguas arriba del puente.						S/12,951.94
<b>Riesgos residuales:</b>			<b>Riesgos secundarios:</b>			
Rocas no removidas del lecho.			Trabajos de excavación peligrosos.			
REVISIONES Y AUDITORIAS DEL RIESGO						
Frecuencia de revisión	Diario	Quincenal	Última revisión:		Próxima revisión:	
	Semanal	Mensual	...../...../.....		...../...../.....	
Comentarios de la última revisión:						
El plan de respuesta ejecutado dio resultado?    Sí            No						
Revisado por:						

**Figura 62 Hoja de riesgo 1.4.**

**Fuente: Elaboración propia**

HOJA DE INFORMACIÓN DE UN RIESGO						
<b>Proyecto: Puente Bajo Grau</b>						
DATOS SOBRE EL RIESGO						
<b>Riesgo:</b>				<b>Nro. De riesgo:</b>		
Obras de mejoramiento en la superestructura.				1.2		
<b>Descripción:</b>				<b>Calificación 1:</b>		
Las obras de mejoramiento del puente, provocan constantes interrupciones en la vía conectora.				Negativo		
<b>Causa:</b>			<b>Disparador:</b>			
Diseño actual del puente Bajo Grau.			Congestionamiento vehicular en la vía de conexión.			
<b>Hipótesis:</b>			<b>Fecha identificado:</b>		<b>Fecha cierre:</b>	
La gran congestión vehicular del puente puede ocasionar daños en la carpeta asfáltica.			17/12/2018		Abierto	
ANÁLISIS Y RESPUESTA ANTE EL RIESGO						
<b>Probabilidad:</b>	50%	<b>Impacto:</b>	39%	<b>Calificación:</b>	22%	<b>Cuándo ocurrirá:</b>
Estrategia de respuesta:						Periodos de crecida del río Chili.
Evitar	Mitigar	Transferir	Aceptar			
Explotar	Mejorar	Compartir				
Plan de respuesta:						Costo del plan de respuesta \$
Repavimentación de la carpeta asfáltica del puente Bajo Grau.						S/42,099.00
<b>Riesgos residuales:</b>			<b>Riesgos secundarios:</b>			
Rocas no removidas del lecho.			Trabajos de excavación peligrosos.			
REVISIONES Y AUDITORIAS DEL RIESGO						
Frecuencia de revisión	Diario	Quincenal	Última revisión:		Próxima revisión:	
	Semanal	Mensual	...../...../.....		...../...../.....	
Comentarios de la última revisión:						
El plan de respuesta ejecutado dio resultado?    Sí            No						
Revisado por:						

**Figura 63 Hoja de riesgo 1.2.**

**Fuente: Elaboración propia**

## Capítulo IV Discusión de resultados

### 4.1 Gestión de interesados

Del análisis de los interesados, mediante encuestas aleatorias, se han podido obtener datos para su procesamiento en la gestión de riesgos, este proceso resulta muy importante ya que la información en la gestión de proyectos no debe provenir unilateralmente, si no, se debe obtener información de los grupos involucrados de manera directa a los resultados.

Los resultados de las encuestas son altamente sensibles a variación, y en la medida de lo posible la selección correcta de las personas analizadas, permitirá que disminuya el error.

### 4.2 Gestión de riesgos: análisis cualitativo

El resultado para el análisis cualitativo nos entrega de acuerdo al ranking de riesgos, lo indicado en la tabla 70, sin embargo, las probabilidades e impactos para los riesgos son adjudicados a juicio propio del autor, por lo que un buen análisis y confiable dependerá directamente del grado de experiencia que tenga el evaluador.

Es así que los porcentajes cualificados para los riesgos 1.6, 1.1, 1.4 y 1.2 de 72%, 50%, 29% y 22% pueden sufrir modificaciones dependiendo de la percepción del autor.

### 4.3 Gestión de riesgos: análisis cuantitativo

Para el análisis cuantitativo se ha sometido a los riesgos a una evaluación probabilística y determinística de modo aleatoria normal, esto quiere decir que a pesar que el software utilizado como validación (@Risk 7.6) corre el modelo “n” veces, este no puede entregar un valor netamente fiable, solo reduce el error de equivocación y analiza en diferentes escenarios de combinación del riesgo.

El nivel de riesgo de 42.3 % y un impacto del \$ 99.168.36, nos informa que tenemos un proyecto expuesto a un riesgo moderado, lo que indica que es importante monitorearlo constantemente.

## Capítulo V Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

Fue posible gestionar los riesgos bajo el enfoque del “Project Management Institute” (PMI) en obras de infraestructura vial existentes aplicando el caso del puente Bajo Grau, ubicado en la ciudad de Arequipa, mediante una adecuación de sus estándares.

La gestión de riesgos bajo el enfoque del “Project Management Institute” (PMI) en puentes existentes aplicando el caso del puente Bajo Grau, nos devuelve que el riesgo al que está sometido el proyecto en estudio es mediano, al entregarnos una probabilidad del 42% con un impacto económico de \$ 99.168.36, dando como el riesgo prevaleciente es el colapso de la superestructura por inundaciones.

Se han podido adaptar de manera adecuada los estándares para gestionar riesgos de un proyecto existente brindado en el “Project Management Body of Knowledge” y proponer una metodología para su implementación.

Los riesgos identificados en el proyecto fueron, fallas de infiltración en el estribo este, obras de mejoramiento en la superestructura, colapso total del puente, arrastre de material rocoso y obstrucción, replanteo vial del puente Bajo Grau, colapso por inundación de la superestructura, ruta de desvío del puente bajo Grau. Diseño estructural del puente, métodos constructivos empleados al momento de su ejecución, limitación de espacio para futuras construcciones, deficientes medidas tomadas ante desastres, escaso mantenimiento de la vía conectora, retrabajos ejecutados en el proyecto, falta de proyectos de intervención al puente, falta de información del proyecto por parte de la entidad. Dotación de presupuesto para el mantenimiento de la vía, pérdidas económicas por incomunicación, pérdidas de credibilidad con la entidad, paralización por movilizaciones, principal conexión del río de las avenidas Marina y del Ejército. Colapso del puente por fallas en las represas, falla del

puede durante un evento sísmico, colapso del puente bajo la crecida del río Chili, políticas estatales para mejoramiento del proyecto, competencia de la municipalidad para la ejecución del proyecto, normas vigentes nacionales para puentes.

Del análisis cualitativo se obtuvo que los riesgos predominantes en el proyecto son: colapso por inundación de la superestructura, fallas de infiltración en el estribo este, arrastre de material rocoso y obstrucción y obras de mejoramiento en la superestructura con una cualificación de 72%, 50%, 29% y 22% respectivamente.

Con el uso de la herramienta informática @Risk 7.6, se han obtenido impactos económicos simulados de \$105,455, \$21,482, \$12,951.94 y \$42,099 para los riesgos 1.6, 1.1, 1.4 y 1.2 respectivamente, esto con la combinación de las probabilidades y un análisis de sensibilidad tenemos una cuantificación de \$ 99.168.36 como riesgo de contingencia.

Se ha propuesto un plan de respuesta ante los riesgos, establecidos en las figuras 60, 61, 62 y 63, en las cuales se pueden apreciar las estrategias, responsables y acciones a tomar para la gestión de riesgos.

Finalmente, cada riesgo incidente de acuerdo al teorema de Pareto, ha sido presentado en forma de hoja de informe de riesgos, dentro de la cual es posible controlar y monitorear su incidencia a lo largo del proyecto.

Se puede observar de la investigación que es posible gestionar los riesgos de proyectos de construcción ya culminados y que la técnica empleada, uso de los estándares del PMBOK 6ta edición han resultado útiles y adaptables al proyecto.

La forma de gestionar los riesgos propuestos en la investigación es eficiente, debido a que cumple con todo lo necesario para evitar daños colaterales.

La organización puede verse directamente beneficiada con la investigación desarrollada, ya que permite visualizar el riesgo desde todas las fuentes provenientes e involucra indirectamente a la población en conjunto.

### **Recomendaciones y trabajos futuros**

Es posible modelar una herramienta particular que tenga características propias del análisis y sea más aplicable a proyectos viales terminados.

Se plantea elevar los resultados de la investigación a entidades estatales que puedan poner en accionamiento directo los resultados obtenidos de la investigación.

Es posible modelar presupuestalmente los 26 riesgos identificados, simular su coste para generar contingencias y hacer un análisis de sensibilidad más amplio, así mismo con equipos computacionales más potentes es viable realizar mayores emulaciones para tener datos más aproximados a la realidad.

Realizar la gestión de riesgos con la metodología propuesta para los puentes San Martín, Tingo y Congata, ya que se han podido identificar falencias similares al proyecto en estudio.

Proponer la construcción de una nueva obra de conexión, partiendo desde la etapa de pre-inversión hasta formular el proyecto con los nuevos alcances del ministerio de economía y finanzas.

Obtener el comparativo entre los costes de reparación del puente y costes de construcción de una estructura nueva.

## Referencias

- Abmadisharaf, E., Mishra, A., Benham, B., Gallagher, D., Reckhow, K. y Smith, E. (2018). Two-Phase Monte Carlo Simulation for Partitioning the Effects of Epistemic and Aleatory Uncertainty in TMDL Modeling. *Journal of hydrologic engineering* (24). Pg. 1. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001731
- Acero, R. (2017). *Propuesta de implementación de procesos integrados de planificación y control en proyectos privados de construcción. Caso: gran empresa constructora en el Perú.* (tesis de maestría). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Akintola, S y MacLeod, J. (1996). *Risk analysis and management in Construction.* International Journal of Project Management Vol. 15, No. 1, pp. Pg. 31-38
- Ankunda K. (2011) The application of the Pareto principle in software engineering. *Journal Italian Economy* (28). Pg. 12-24
- Ansah, R., Sorooshian, S. y Oluyinka, S. (2017). Constructions Project Management Risks' Framework. *Quality-Access to success* (18), Pg. 90-95.
- Ardón, M. (2000). *Guía metodológica para la sistematización participativa de experiencias en agricultura sostenible.* El Salvador, PASOLAC.
- Aziz, S. (2017). Risk Management Analysis for Construction of Kutai Kartanegara Bridge-East Kalimantan-Indonesia. *Journal of 3rd international conference on construction and building engineering* (Iconbuild 2017). DOI: 10.1063/1.5011572
- Azofeifa, C. (2005). Aplicación de la simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel. *Tecnología en Marcha* (17). Pg. 17.
- Bavafa, A., Mahdiyar, A y Marsono, A (2018). Identifying and assessing the critical factors for effective implementation of safety programs in construction projects. *Safety Science* (106). 47-56. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.02.025

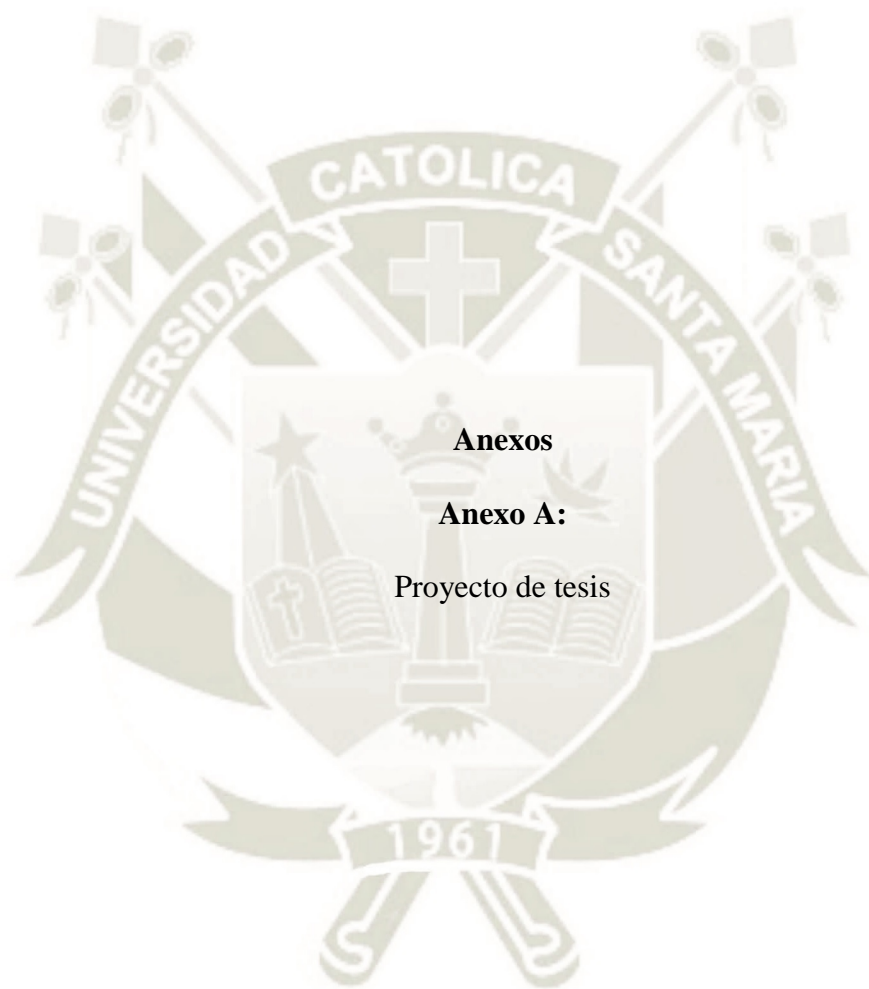
- Bernhardt, D. (2017). Bridge design specifications. American Association of State Highway and Transportation Officials (8). SBN: 978-1 -56051 -654-5
- Caltrans Office of Statewide Project Management Improvement., (2007). *Project Risk Management Handbook: Threats and Opportunities* (Second ed.). Sacramento, CA.
- Palisade Corporation. (2012). Case Studies: Novelis Uses @RISK, PrecisionTree for High Risk R&D Project Valuation.
- Carrasco, S. (2009). *Metodología de la investigación científica 2da Edición*. Lima, Perú. Editorital San Marcos Vol.2, pp. Pg. 43-48
- Castro H. (2016). *El control de riesgos en contrataciones del estado*. Actualidad Gubernamental, N° 87 – Enero. Capítulo VII
- Choi, J., Yun, S., Leite, F., y Mulva, S. (2019). Team Integration and Owner Satisfaction: Comparing Integrated Project Delivery with Construction Management at Risk in Health Care Projects. *Journal of management in engineering* (35). Pg. 1. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000654
- Dean, R. (2016). *La investigación tecnológica en las ciencias de la ingeniería*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Department of Energy, U.S., (2003). *Project Management Practices: Risk Management*. (O. o. Management, Ed.) Washington, D.C: Office of Management, Budget and Evaluation.
- Gómez C., Barbat A. y Oller S. (2000). *Vulnerabilidad de puentes de autopista: Un estado de arte*. Barcelona, España: Monografía CIMNE IS-41
- GyM (2018). *Manual de Gestión de Proyectos*. Grupo Graña y Montero. Lima.
- Helicher, K. y Andersen, K. (2017). New Project Management Institute. *Library Journal* (142). Pg. 130-130.

- Herrera, C. (21 de febrero de 2012). Construcción de puente Bajo Grau fue defectuosa y ubicación inadecuada. *La República*, pp. 06
- International Organization for Standardization (2018). *ISO 31000 Risk management*. Suiza. ISO Central Secretariat
- la planificación de la ejecución de obras? – Guía Práctica OSCE N°6*. Organismo Supervisor de Contrataciones del Estado. Lima, Perú.
- Lozada, C. (23 de octubre de 2014). Crecida del río Chili pone en peligro al puente Grau. *Correo*, pp. 12
- Merna, T. (2004). *Risk management in Projects and organizations*. Blackwell Science
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Puentes*. Lima, Perú. D.S. N° 034-2008-MTC
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014). Decreto supremo que modifica la norma técnica e.030 “diseño Sismorresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo n° 011-2006-vivienda, modificada con decreto supremo n° 002-2014-vivienda.
- Mondoro, A. y Frangopol, D. (2018). Risk-based cost-benefit analysis for the retrofit of bridges exposed to extreme hydrologic events considering multiple failure modes. *Engineering Structures* (159). 310-319. DOI: 10.1016/j.engstruct.2017.12.029
- Mondoro, A., Frangopol, D., Liu, L. (2017). Bridge Adaptation and Management under Climate Change Uncertainties: A Review. *Natural hazards review* (19). DOI: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000270
- Moon, J., Kim, J., Kim, H. y Hwang, R (2013). Easy and Secure Authentication Method using PMI. *Mechanical engineering, materials and energy II* (281). Pg. 86. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.281.86

- Paredes, R., Dueñas, L. y Hernández, I. (2018). Decomposition algorithms for system reliability estimation with applications to interdependent lifeline networks. *Journal Earthquake engineering & structural dynamics* (47). Pg. 13. DOI: 10.1002/eqe.3071
- Park, K., Sun, J. y Lee, M. (2017). A Multi-Level Asset Management Decision Method Considering the Risk and Value of Bridges. *Journal of Asian architecture and building engineering* (16). Pg. 163-170.
- Peláez, J. y Aragón, L. (2014). *Plan de gestión de riesgos para los servicios de consultorías de defensas riverañas en la región de Cusco* (tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias, Lima, Perú.
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para Dirección de Proyectos - PMBOK - Quinta Edición*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2017). *Guide to the Project Management Body of Knowledge- PMBOK – 6<sup>th</sup> edition*. Pennsylvania: PMMO
- Rafele, C., Hillson, D., & Grimaldi, S. (2007). *Understanding Project Risk Exposure Using the Two-Dimensional Risk Breakdown Matrix. 2005 PMI Global Congress Proceedings*, (págs. 1-8). Edinburgh, Scotland.
- Ranolfi, L., Rabechini, R. y Moutinho, J. (2017) Caracterização da gestão de fatores de risco em projetos de infraestrutura. *Revista Gestão & Produção. Gest. Prod., ahead of print* (1). 24-28. DOI: 10.1590/0104-530x3011-16
- Roos, M., Hartmann, T, Spit, T y Johann, G. (2017) Constructing risks - Internalization of flood risks in the flood risk management plan. *Environmental science & policyscience & policy* (74). Pg. 23-29. DOI: 10.1016/j.envsci.2017.04.007
- Sacks, R., Kedar, A., Bormann, A. Brilakis, L, Huthwohl, P., Daum, S. y Liebich, T. (2018). SeeBridge as next generation bridge inspection: Overview, Information Delivery

- Manual and Model View Definition. *Automation in construction* (90). Pg. 134-145. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.02.033
- Schoonwinkel, S., Fourie, C., Conradie, P. (2016). A Risk and cost management analysis for changes during the construction phase of a project. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering* (58). Pg. 111-119. DOI:10.17159/2309-8775/2016/v58n4a3
- Seco, G., Garcia, M., Rojas, P.; Herrero, E. (2018). Data analysis of incomplete repeated measures using a multivariate extension of the Brown-Forsythe procedure. *PSICOTHEMA* (30). Pg. 434-441. DOI: 10.7334/psicothema2018.192
- Seminario, P. y Flores, C. (2017). *¿Cómo se implementa la gestión de riesgos en*
- Setiawan, K. (2016). Mainstreaming Disaster Risk Management for Finance: Application of Real Options Method for Disaster Risk Sensitive Project. *Revista AD-minister* (28). Pg. 156-162. DOI: 10.17230/ad-minister.28.11
- Sinuco, V. (2013). In search of the ideal project. An orientation for projects, exploration and formulation. Bogotá: *Revista EAN* (74), Pg. 138 – 149.
- SiqueiraI, G., TavaresII, D. y PaultreII, P. (2014). Seismic fragility of a highway bridge in Quebec retrofitted with natural rubber isolators. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, (7). DOI: 10.1590/S1983-41952014000400002
- Smith, N. (2002). *Best value in Construction*. Chapter 6: Risk Management. Blackwell Science
- Tender, M., Martins, F., Couto, J., Pérez C. (2017). Estudio sobre la implementación de gesti riesgos en la fase de construcción de túneles: caso particular del Túnel de Marao II (Portugal). *Revista de la Construcción* (16). Pg. 44-52. DOI: 10.7764/rdlc.16.2.262
- Vegas, E. (1996). *Optimización en estudios de Monte Carlo en Estadística: Aplicaciones al Contraste de Hipótesis*. (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona.

- Villon, M. (2006). *Hidráulica de Canales*. Editorial Villon. Costa Rica.
- Weise, F., Kind, T., Stelzner, L. y Wieland, M. (2018) Dark Dyeing of the Concrete Pavement in the AKR Context: Root Cause Analysis with innovative Testing Technology. *Journal Beton- und stahlbetonbau* (113). Pg. 647-655. DOI: 10.1002/best.201800020.
- Wood, M., Collier, Z. y Bridges, T. (2018) Models of Navigation Safety to Inform Risk Management Decisions: Case Study on the Houston Ship Channel. *Asce-asme journal of risk and uncertainty in engineering systems part a-civil engineering* (4). Pg. 3. DOI: 10.1061/AJRUA6.0000963
- Yang, J. y Lam, H. (2018). An efficient adaptive sequential Monte Carlo method for Bayesian model updating and damage detection. *Structural control & health monitoring* (25). Pg. 12. DOI: 10.1002/stc.2260
- Zhou, X., Huang, X., Liu, P., Li, T. (2018). A probabilistic method to analyze collapse failure of shallow rectangular tunnels. *Tunneling and underground space technology* (82). Pg. 9 – 19. DOI: 10.1016/j.tust.2018.07.029



**Universidad Católica de Santa María**  
**Escuela de Postgrado**  
**Maestría en Gerencia de la Construcción**



**GESTIÓN DE RIESGOS BAJO EL ENFOQUE DEL PMI EN OBRAS VIALES  
EXISTENTES – CASO: PUENTE BAJO GRAU, AREQUIPA - 2018**

Proyecto de Tesis presentado por el Bachiller:

**Paredes Pinto, José Carlos**

Para optar el Grado Académico de:

**Maestro en Gerencia de la Construcción**

Asesor:

**Dr. Velarde Bedregal, Héctor Raúl**

**Arequipa – Perú**  
**2019**

## ÍNDICE

1.	Preámbulo	3
2.	Planteamiento Teórico	4
2.1.	Problema de Investigación	4
2.1.1.	Enunciado del Problema	4
2.1.2.	Descripción del Problema	4
2.1.2.1.	Área Científica a la que corresponde el Problema	4
2.1.2.2.	Análisis de las variables	4
2.1.2.3.	Tipo y Nivel de Investigación	4
2.1.3.	Justificación del Problema	5
2.1.3.1.	Relevancia Humana	5
2.1.3.2.	Relevancia Social	6
2.1.3.3.	Relevancia Científica	6
2.1.3.4.	Relevancia Contemporánea	6
2.1.3.5.	Implicancias prácticas	6
2.1.3.6.	Viabilidad	6
2.2.	Marco Conceptual	7
2.3.	Estado del Arte (Análisis de antecedentes investigativos)	13
2.4.	Objetivos	15
2.4.1.	General	15
2.4.2.	Específicos	15
2.5.	Hipótesis	16
3.	Planteamiento Operacional	16
3.1.	Técnicas, instrumentos y materiales de verificación	17
3.2.	Campo de verificación	17
3.2.1.	Ubicación espacial	17
3.2.2.	Ubicación temporal	17
3.2.3.	Unidades de estudio	17
3.3.	Estrategia de recolección de datos	17
3.3.1.	Organización	17
3.3.2.	Recursos	18
3.3.2.1.	Recursos Humanos	18
3.3.2.2.	Recursos Físicos	18
3.3.2.3.	Recursos Económicos	18
3.3.3.	Validación del instrumento	19
3.3.4.	Criterios para el manejo de resultados	19
3.3.4.1.	A nivel de sistematización	19
3.3.4.2.	A nivel de estudio de datos	20
3.3.4.3.	A nivel de conclusiones	21
3.3.4.4.	A nivel de recomendaciones	21
4.	Cronograma de trabajo	21
5.	Referencias Bibliográficas	22

### **Título de la investigación:**

Gestión de riesgos bajo el enfoque del PMI en puentes existentes – Caso: Puente Bajo Grau, Arequipa 2018.

#### **1. Preámbulo**

Es conocido que el riesgo afecta al jugador que se dispone a tirar los dados, al explorador que perfora un suelo en busca de petróleo o al constructor que ejecuta una presa. (Palisade, 2013). En este sentido, toda acción es “arriesgada”, desde el acto de cruzar una calle hasta la construcción de una presa. Los riesgos pueden ser de diversos tipos: ambientales, laborales, de diseño, entre otros; es por ello que siendo el Perú es un país diverso geográfica y climatológicamente se ven potenciados e incrementados el número de riesgos a lo que sus obras de infraestructura y servicios se ven expuestas. Una de las infraestructuras viales más importantes, la misma que sirve de conexión entre dos extremos geográficamente separados, son los puentes; estructuras que son altamente vulnerables no solo a sus riesgos inherentes (de diseño, construcción y operación), sino a una serie de factores externos medioambientales.

El año 1991 se construye en la ciudad de Arequipa el Puente Bajo Grau, conectando así dos de las arterias principales: Av. La Marina y Av. Del Ejercito; sin embargo, este ha sido sometido a muchos cuestionamientos presentando problemas de interrupción en épocas de lluvias (enero y febrero) e incluso en el año 2012 su superestructura sufrió daños debidos a la erosión en su estribo (Correo, 2012).

Realizar una adecuada gestión de riesgos para determinar el grado de vulnerabilidad de la estructura permitirá tomar decisiones para el gerenciamiento de obras de mejora o reemplazo, la investigación planteará una metodología para la gestión de riesgos basada en los estándares propuestos por el “Project Management Institute (PMI®).

## 2. Planteamiento Teórico

### 2.1. Problema de Investigación

#### 2.1.1. Enunciado del problema.

Funcionalidad de la gestión de riesgos en puentes existentes adaptando estándares establecidos por el “Project Management Institute” (PMI), para determinar la operatividad de un puente existente, enfocando el estudio en el puente Bajo Grau, ubicado en la ciudad de Arequipa – Perú.

#### 2.1.2. Descripción del problema.

##### 2.1.2.1. Área científica a la que corresponde el problema.

Gestión de Proyectos (PMI).

##### 2.1.2.2. Análisis de las variables.

Se presentan las variables consideradas en el proyecto de tesis de acuerdo a la tabla 1:

**Tabla 1**

*Análisis de las variables*

Tipo variable	Nombre de la variable	Indicadores
Dependiente	Puente existente: Bajo Grau	Apreciación técnica en base al riesgo
Independiente	Gestión de riesgos	Nivel de Riesgo

Fuente: Elaboración propia

##### 2.1.2.3. Tipo y nivel de investigación.

#### Tipo de investigación: Aplicada y Tecnológica.

La investigación ha realizarse, por su naturaleza, será de tipo aplicada ya que se busca la generación de conocimiento con la aplicación directa a los problemas de la sociedad. La razón fundamental es que estará fundamentada en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, siendo su principal objetivo entrelazar los conceptos teóricos con la realidad. (Lozada, 2017)

La investigación aplicada debe tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, esto porque luego de su conclusión se busca actuar y modificar el puente a estudiarse para mejorar su operatividad. (Carrasco, 2009).

Además, por su finalidad, se puede clasificar la investigación como tecnológica; acotando que las investigaciones tecnológicas para las ciencias aplicadas de la ingeniería poseen la característica que vinculan las formas naturales con las innovaciones tecnológicas (Dean, 2014) y que su valoración estará principalmente radicada en su utilidad y eficiencia (Carrasco, 2009).

#### **Nivel de investigación: Exploratoria.**

Según su finalidad la investigación abarca un nivel exploratorio, al no conocer con precisión el comportamiento de la gestión de riesgos para un puente existente y el cuerpo teórico con el que se trabaja no es precisamente abundante.

#### **2.1.3. Justificación del problema.**

La investigación se desarrolla con el fin de estudiar a fondo los riesgos que atañan al puente Bajo Grau en la ciudad de Arequipa, de esta forma proponer una metodología que permita gestionarlo correctamente, apoyada en los lineamientos establecidos por el “Project Management Institute” (PMI®), además de realizar análisis cuantitativo profundo a los más incidentes y proponer acciones de mejora, reforzamiento o reemplazo de la vía para evitar dejar incomunicada a la ciudad ante una eventualidad.

La importancia Mejorar la satisfacción de todos los interesados del proyecto, incidiendo en los usuarios propios de la Universidad Católica de Santa María.

##### **2.1.3.1. Relevancia humana.**

Mejorar la satisfacción de los usuarios de las vías de conexión existentes, gestionando de forma adecuada a los interesados.

### ***2.1.3.2. Relevancia Social***

Evitar la interrupción de una de las vías de comunicación terrestre más importante de la ciudad de Arequipa, así como pérdidas humanas, mediante la prevención de riesgos con un correcto plan. La optimización del puente beneficiará la calidad de transporte de miles de Arequipeños al conectar dos de las arterias viales más densas de la ciudad, avenidas La Marina y Del Ejercito.

### ***2.1.3.3. Relevancia Científica***

Integración de tecnologías para el procesamiento y análisis de riesgos. Proponer una metodología de como gestionar los riesgos en obras de infraestructura de gran importancia, aterrizando los estándares del PMBOK y este pueda servir para el análisis de cualquier otra obra similar.

### ***2.1.3.4. Relevancia Contemporánea***

Con la gestión de riesgos se busca identificar las principales falencias de la estructura a estudiar y de esta manera estar preparados con las optimizaciones pertinentes ante fenómenos que podrían limitar su operatividad.

### ***2.1.3.5. Implicancias prácticas***

Brindará como resultado el estado actual del puente Bajo Grau, y dejará precedente de una metodología para el análisis de obras viales existentes de conexión ante fenómenos periódicos presentes en la región.

### ***2.1.3.6. Viabilidad***

El proyecto será ejecutado mediante la toma de datos en campo, mediciones básicas de flujos vehiculares, recopilación de datos producto de investigaciones similares, identificación gerencial de los interesados, mapeo de los riesgos por rubro y procesamiento mediante herramientas informáticas para la entrega de resultados.

## 2.2. Marco Conceptual

### 2.2.1 Fundamentos del “Project Management Institute” (PMI).

El Project Management Institute (PMI), es una organización fundada en 1969 los Estados Unidos, con el fin de difundir las prácticas de la gerencia de proyectos, en 1990 hace su primera publicación: el conocido PMBOK® “Guide to the Project Management Body of Knowledge”.

#### Definición de Proyecto

De acuerdo al concepto que nos entrega el PMI (PMBOK, 2017, p.3): “Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”.

Esto demarca que cada proyecto tiene un comienzo final definidos. El final solo se alcanza cuando se han logrado los objetivos o cuando queda claro que no podrán ser alcanzados y el proyecto sea cancelado.

Un proyecto genera entregables únicos, los cuales pueden ser productos, servicios o resultados. La singularidad será por lo tanto una de sus principales características; por ejemplo, se han construido cientos de puentes en el país, sin embargo, cada uno es único, con diferente diseño, conexión, capacidad, etc. El hecho que tengan ciertas similitudes no hace variar la condición de ser único. (Acero, 2017).

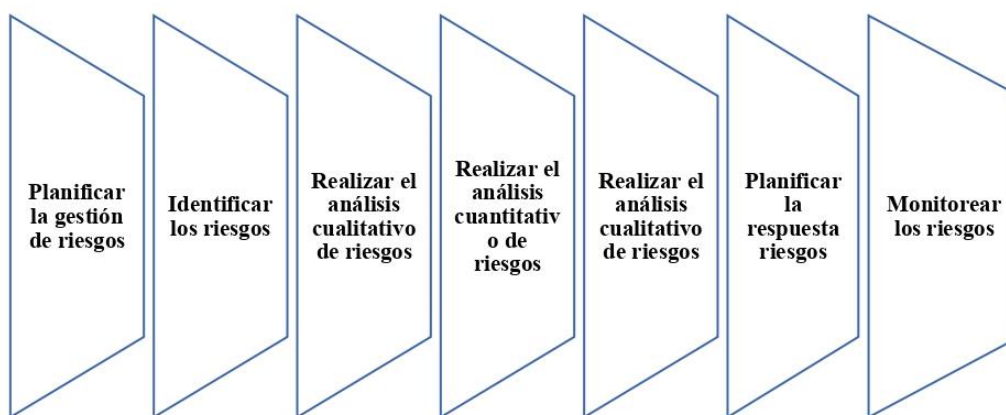
### 2.2.2 Gestión de Riesgos

#### Definición de Riesgos

El manual de gestión de proyectos del PMI, (PMBOK, 2017, p.395) define: “Los objetivos de la gestión de riesgos son aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos del proyecto, y disminuir la probabilidad e impacto de los aspectos negativos”.

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto. (PMBOK, 2017).

La implementación de un adecuado sistema de gestión de riesgos es el principal desafío que enfrentan las obras de construcción e infraestructura, su correcta administración enfocándose principalmente de la variabilidad determinará el éxito o fracaso del mismo. (Cruz, 2018). Este sistema es cada vez usado con mayor frecuencia esto para aumentar la confiabilidad y minimizar las pérdidas en los proyectos o por su operación (Merna, 2004). Una correcta gestión provee de información que es útil para la toma de decisiones en cualquier momento de la duración del proyecto (Smith, 2002).



**Figura 1.** Procesos para la gestión de riesgos

Fuente: Elaboración propia

### **Características del Riesgo**

El riesgo es generado por nuestra falta de capacidad para predecir el futuro e indica un grado de incertidumbre suficientemente considerable como para ser percibida. Esta falta de precisión se da a notar un poco más cuando se mencionan algunas de las características más importantes del riesgo. (Palisade, 2013)

1. El riesgo puede ser objetivo o subjetivo. Echar los dados al aire representa un riesgo objetivo, porque las probabilidades son perceptibles. Aunque el resultado sea incierto, el riesgo objetivo se puede describir basándose precisamente en teoría, sentido común o experimentación. Ahora, no es tan obvio predecir el acontecimiento de una tormenta eléctrica: se trata de un riesgo subjetivo. Usando la misma información, teoría, cálculos, y otros, un hidrólogo puede pensar que la probabilidad de que ocurra es del 45%, mientras otro profesional puede asumir apenas un 15%. Ninguno de los dos es dueño de la verdad absoluta. La mayor parte de riesgos presentes siempre serán subjetivos y su cuantificación debe estar aperturada a modificaciones por la llegada de más información y estudios más detallados del fenómeno.

2. Siempre está sometido al uso del juicio personal, incluso en el caso de riesgos objetivos. Pero siempre habría un pequeño grupo que tampoco consideraría significativos estos posibles resultados. Retomemos el caso de los dados, pongamos que un jugador apuesta ganar apenas un dólar al seis en su resultado y pagarlo si es que no lo obtiene, probablemente para esa persona la ganancia o pérdida suene insignificante, y sería otra cosa si la apuesta llegase al millón de dólares, aunque probablemente para otras realidades también el riesgo no sea calificado como alto. (Palisade, 2013)

3. Es posible aceptar o rechazar el riesgo. Cada persona, organización e entidad es libre de tomar la decisión que considere pertinente a la hora de asumir o no un riesgo. En el ejemplo de los dados, para la apuesta del millón de dólares, dos individuos en las mismas condiciones económicas podrían responder de manera distinta al riesgo. (Palisade, 2013)

### **Estimación y cuantificación del riesgo**

En primer lugar, debemos reconocer cual será el tipo de análisis, y asumir que es necesario aplicarla. Cuando se está en una situación previa a la construcción de un nuevo proyecto es de prioridad aplicar una metodología para cuantificar el riesgo y proponer planes de mejora, ahora bien, ante el caso de un proyecto existente que no satisface los objetivos para

los cuales fue previsto, es importante analizar la implicancia que adquirirá la gestión de riesgos para la toma de decisiones, no por simple juicio propio, si no por datos probabilísticos. (P (Project Management Institute, 2013)

### **Prácticas de las Gestión de Riesgos**

Es necesario ampliar el alcance de la gestión de riesgos, asegurando que sean considerados todos los riesgos que estén actuando, los mismos que deben ser entendidos en su contexto más enfocado.

De acuerdo a ello el PMBOK (2017) ha identificado las siguientes tendencias a los riesgos:

#### **a) Riesgos no relacionados con eventos:**

Es un error común centrarse únicamente en los riesgos futuros al proyecto, ya que estos son inciertos y pueden suscitarse o no. Un ejemplo de ellos son los riesgos por una no aceptación del usuario final, la probabilidad de su incidencia en objeto de estudio. Sin embargo, existen otro tipo de riesgos, los cuales son necesariamente objeto de identificación, los cuales no están ligados a un evento concreto, tenemos en estos:

Riesgo de variabilidad, número de errores encontrados en el producto, condiciones climáticas no estacionarias adversas al proyecto. La mejor forma de simular los riesgos de variabilidad es a través de una modelación de Montecarlo.

Riesgo de ambigüedad, incertidumbre de los que puede pasar, esto puede afectar la capacidad de diseño, requisitos o técnica, evolución futura o complejidad del proyecto; se gestionan mediante definición de brechas.

#### **b) Capacidad de recuperación del proyecto.**

Existen riesgos emergentes los cuales solo pueden ser identificados una vez han ocurrido, esto requerirá que el proyecto tenga una capacidad de respuesta ante ellos. Además, el proyecto debe ser lo más flexible posible para afrontar eventualidades no esperadas.

**c) Gestión integral de riesgos.**

La gestión de recuperación ante riesgos desconocidos se puede llevar a cabo con la generación organizacional que esté atento a los disparadores que mostrarán las amenazas. (Project Management Institute, 2013).

**2.2.3 Puentes, conceptos básicos**

El manual de diseño de puentes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, p. 54) nos da la siguiente definición: “Estructura requerida para atravesar un accidente geográfico o un obstáculo natural o artificial”.

**a) Estudios básicos de ingeniería para puentes:**

A continuación, se citan los principales estudios dados por el manual de diseño de puentes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, p. 52), los mismos que no son excluyentes.

- Levantamientos topográficos.
- Estudio hidráulico e hidrológico.
- Estudios de suelos.
- Estudios sísmicos.
- Estudio de impacto ambiental.
- Estudio de tráfico.
- Estudios complementarios.

**b) Clasificación de puentes:**

Según el MTC en su manual de puentes (2016) tenemos los siguientes tipos de puentes:

- Según la vía soportada: carretera, férrea o acueductos, etc.
- Según el material: de concreto armado, acero, concreto pre-esforzado, etc.

- Según el tiempo de vida prevista: definitivos (75 años) o temporales (hasta 5 años).

**c) Clasificación de puentes:**

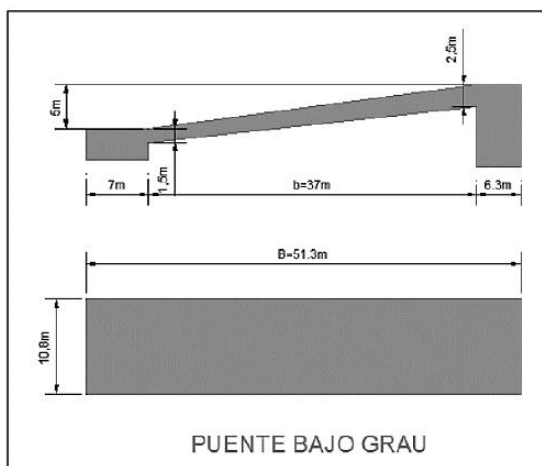
De acuerdo a la “American Association of State Highway and Transportation Officials” en su manual para diseño de estructuras de pavimentos para puentes, tenemos los siguientes periodos de diseño:

- Puente de tránsito elevado: 50 a 75 años.
- Puente interurbano de tránsito medio: 20 a 50 años.
- Vías de baja intensidad: 15 a 25 años.
- Puentes temporales: 10 a 20 años

**2.2.4 Puente Bajo Grau**

El puente bajo Grau es una obra de arte construida para acercar los extremos separados por el río Chili en la ciudad de Arequipa, su función principal es conectar dos de las vías más importantes de la ciudad: las avenidas La Marina y Del Ejercito.

Coordenadas de ubicación	:	228798.66m E, 8185807.95M S
Elevación media	:	2334 msnm
Longitud de superestructura	:	51.3 m



**Figura 2. Sección transversal del puente**  
Fuente: Elaboración propia

Su construcción se inició en el año 1989, periodo que coincidió con una gran avenida, desencadenando en una inundación de la avenida La Marina que dejó incomunicada por varios días a la ciudad.

Analizando la problemática actual, tenemos que el año 2012 el puente sufrió serios daños en épocas de lluvias, los cuales dejaron un forado en el extremo que conecta a la avenida la Marina, situación que se presenta típicamente en cada periodo de verano disminuyendo considerablemente la operatividad del puente.



**Figura 3. Puente Bajo Grau**  
**Fuente: Elaboración propia**

### **2.3. Estado del Arte**

La gestión de riesgos es una rama de la gestión integrada de la gestión proyectos y nos brinda una herramienta metodológica para combatir la incertidumbre a la que se ve sometida cualquier obra de construcción, servicio y operación. Diversos autores vienen actualmente estudiando a profundidad la implicancia de una buena gestión y administración de los riesgos en cualquier etapa del proyecto. A continuación, se presentarán las investigaciones más relevantes realizadas en los últimos años, las mismas que se encuentran publicadas en revistas indizadas de alto impacto y cargadas al directorio Web of Science.

Ansah, Sorooshian y Oluyinka comentan en su publicación “Constructions Project Management Risks' Framework” en la revista “Quality-Access to Success” (2017) acerca de la importancia que es para los interesados en cualquier proyecto identificar y evaluar adecuadamente los riesgos; el estudio resalta que la gestión de riesgos es una herramienta decisiva en la ejecución y administración de proyectos o servicios.

Park, Sun y Lee escriben en el artículo “A Multi-Level Asset Management Decision Method Considering the Risk and Value of Bridges” (2017) sobre lo fundamental que resulta a la hora de tomar decisiones sobre el mantenimiento y/o reposición de puentes la utilización de matrices de riesgos compuestas en las que podamos incluir todas las variables que juegan un papel importante. También proponen un modelo de acuerdo al nivel de riesgo e importancia de cada puente, esto realizado a raíz del análisis de un gran número de diferentes estructuras.

Aziz expuso en la tercera conferencia de construcción e ingeniería (Estados Unidos, 2017), como las fuentes de riesgo pueden incidir en el colapso de un puente. Aziz identificó alrededor de 15 riesgos en el puente Kutai Kartanegara, de los cuales se concluyen con 6 altamente incidentes. Expone, además que la mitigación para riesgos en puentes es inaceptable y por ello plantea diversas soluciones para prevenir su colapso.

Sacks, Kedar, Borrmann, Brilakis, Huthwohl plantean el uso de soluciones innovadoras y ágiles para la evaluación de riesgos en puentes en servicio de todo el mundo, en su publicación “Overview, Information Delivery Manual and Model View Definition. Automation in construction” (2018), para la revista “Automation in Construction”.

El riesgo de puentes existentes y el planteamiento de soluciones que mejoren su optimización basado en un análisis de costo-beneficio son estudiados por Mondoro y Frangopol, enfocándose en el planteamiento de soluciones que mejoren su optimización basado en un análisis de costo-beneficio, (Risk-based cost-benefit analysis for the retrofit of bridges exposed to extreme hydrologic events considering multiple failure modes, 2018) , su enfoque

principal fueron los riesgos hidrológicos extremos como inundaciones pluviales, huracanes y otros. Su principal conclusión recae en considerar las fluctuaciones en la intensidad y frecuencia del peligro.

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. General.**

Gestionar los riesgos bajo el enfoque del “Project Management Institute” (PMI) en puentes existentes aplicando el caso del puente Bajo Grau, ubicado en la ciudad de Arequipa – Perú 2018.

### **2.4.2. Específicos.**

- a. Adaptar los estándares presentes en el PMBOK (2017) para emplearlos en una obra de arte existente de acuerdo a los niveles de riesgo pre-establecidos.
- b. Identificar correctamente los riesgos presentes en el puente Bajo Grau, para el periodo actual y un periodo de retorno de 50 años.
- c. Analizar cualitativa y cuantitativamente los riesgos identificados en el proyecto de acuerdo a los estándares adaptados del PMBOK.
- d. Realizar la matriz FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) para el proyecto en estudio.
- e. Aplicar una herramienta informática para el análisis cuantitativo del riesgo mediante una simulación de Montecarlo y obtener datos de mayor confiabilidad.
- f. Proponer el plan de respuestas ante los riesgos incidentes.
- g. Plantear el monitoreo de los riesgos permanentes que no podrán ser anulados con las optimizaciones.

## 2.5. Hipótesis

Dado que el puente Bajo Grau es una vía de conexión importante para la ciudad de Arequipa; es probable que una adecuada gestión de riesgos bajo adaptada del PMI garantice su operatividad para su periodo de diseño.

## 3. Planteamiento Operacional

### 3.1. Técnicas, Instrumentos y Materiales de Verificación

**Tabla 2**

*Definición y operacionalización de las variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Dependiente: Puente existente: Bajo Grau	Puente de concreto armado ubicado en el distrito, provincia, y región de Arequipa; construido en el año 1989 y constantemente sometido a riesgos pluviales.	Inoperatividad del Puente	Apreciación técnica en base al riesgo	Indicadores de riesgos.	Informe de riesgos.
Independiente: Gestión de Riesgos	Se define como la forma de administrar las incertidumbres asociadas a una amenaza, para evitar que se vea transformado en un peligro.	Riesgos pluviales.  Riesgos sísmicos.  Riesgos por fatiga vehicular.	Nivel de Riesgo	Análisis cuantitativo de riesgos.  Análisis cualitativo de riesgos.	Tablas informáticas.  Datos de campo.

**Fuente: Elaboración propia**

### **3.2. Campo de Verificación**

#### **3.2.1. Ubicación espacial.**

Lugar de la investigación:

Distrito y Provincia: Arequipa

Estructura: Puente Bajo Grau

#### **3.2.2. Ubicación temporal.**

Este proyecto es de carácter coyuntural, ya que es una investigación que será realizada en el presente año.

El levantamiento de la información requerida para el desarrollo de dicho modelo se llevará a cabo luego de la aprobación del presente proyecto, recopilando información histórica de los años de funcionamiento de la infraestructura.

#### **3.2.3. Unidades de estudio.**

La unidad de estudio será el puente Bajo Grau, ubicado en el distrito, ciudad y provincia de Arequipa.

### **3.3. Estrategia de Recolección de Datos**

La recolección de datos se realizará mediante revisión de documentos históricos en diarios y revistas especializadas de la ciudad, toma de encuestas a los interesados en el proyecto y obtención de indicadores de investigaciones aplicadas realizadas previamente en el puente Bajo Grau.

#### **3.3.1. Organización.**

La forma de obtener datos será mediante la solicitud pertinente a las entidades públicas responsables (Municipalidad Provincial de Arequipa) y toma directa de datos en forma de encuestas a los interesados (usuarios) del proyecto.

### 3.3.2. Recursos.

**Tabla 3**

*Recursos Humanos*

Cant.	Descripción	Monto S/.
01	Toma de datos: Ingeniero Civil	00.00
02	Procesamiento de data: Ingeniero Civil	00.00

**Fuente: Elaboración propia**

#### 3.3.2.2. Recursos físicos.

**Tabla 4**

*Recursos Físicos*

Cant.	Descripción	Monto S/.
01	Software (Licencia por un mes)	7,500.00
01	Libro PMBOK – PMI	400.00
01	Bibliografía de consulta física	300.00

**Fuente: Elaboración propia**

#### 3.3.2.3. Recursos económicos.

**Tabla 5**

*Recursos Económicos*

Cant.	Descripción	Monto S/.
01	Procesamiento de datos	150.00
02	Transporte a zona de recopilación	100.00
03	Impresiones de expedientes técnicos de la municipalidad	200.00
04	Impresión	300.00
05	Empaste de tesis	100.00

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.3.3. Validación del instrumento.

**Tabla 6**  
*Validación del instrumento*

Variable	Instrumento	Validación
Puente Bajo Grau	Informe de riesgos	Información documental.
Gestión de Riesgos	Tablas informáticas. Datos de campo.	Software de Riesgos Confiabilidad de datos.

**Fuente:** Elaboración propia

La validación del instrumento se realizará mediante el uso de la herramienta informática de la empresa Palisade: el software @Risk, plataforma que analiza el riesgo utilizando la simulación para mostrar múltiples resultados posibles en un modelo de hoja de cálculo, y le indica qué probabilidad hay de que se produzcan. Computa y controla matemática y objetivamente gran número de escenarios futuros posibles, y luego le indica las probabilidades y riesgos asociados con cada uno. Esto quiere decir que usted podrá decidir qué riesgos desea tomar y cuáles prefiere evitar, tomando la mejor decisión en situaciones de incertidumbre.

### 3.3.4. Criterios para el manejo de resultados.

#### 3.3.4.1. A nivel de sistematización.

Los procedimientos de estructuración y sistematización estarán dados mediante:

- Cuadros resumen.
- Gráficas analíticas.
- Tablas de información.
- Representaciones estadísticas.
- Patrones de medición: histogramas, diagrama de frecuencias, polígonos de frecuencias y gráficas de línea.

**Tabla 7**  
***Cráterios para manejo de resultados a nivel de sistematización***

<b>Resultado</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Patrón de medición</b>
Identificación de interesados	Anexo A – Identificación de interesados	Cuadros resumen.
Análisis cualitativo de riesgos.	Anexo B – Tabla para análisis cualitativo de riesgos.	Diagrama de frecuencia.
Análisis cuantitativo de riesgos.	Anexo C – Tabla para análisis cuantitativo de riesgos.	Diagrama de frecuencia.
Plan de respuestas a riesgos.	Anexo D – Plan de respuestas de riesgos.	Cuadro resumen

**Fuente:** Elaboración propia

#### ***3.3.4.2. A nivel de estudio de datos.***

Los métodos de investigación a utilizarse en la investigación serán: el deductivo y el descriptivo.

#### **Método deductivo:**

Mediante este método se aplican los principios descubiertos a casos particulares, a partir de un enlace de juicios. El papel de la deducción en la investigación es doble, en primer lugar, consiste en encontrar principios desconocidos, a partir de los fundamentos ya estudiados y además sirve para descubrir las consecuencias de los principios hallados.

Este método se aplicará en un puente ya existente, con el propósito de formular las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

#### **Método descriptivo:**

Este método se constituye como el conjunto de Procedimientos, que permite el acopio de información sobre un hecho real y actual, tendiente a una interpretación correcta. El indicado

método se lleva a cabo mediante la recolección de datos actuales en el proceso de ejecución de los proyectos de construcción.

**3.3.4.3. A nivel de conclusiones.**

Las conclusiones se entregarán a modo de preposiciones finales, esto se realizará a modo de síntesis de las variables y procurando dar respuesta a la hipótesis planteada.

**3.3.4.4. A nivel de recomendaciones.**

Estará orientada a las entidades del estado, a modo de preposiciones finales.

**4. Cronograma de trabajo**

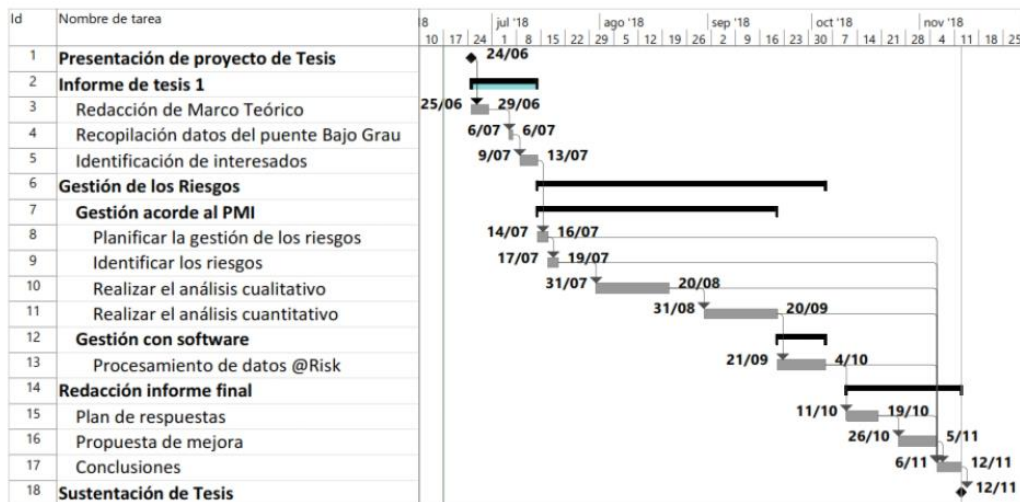


Figura 4. Cronograma de ejecución de tesis

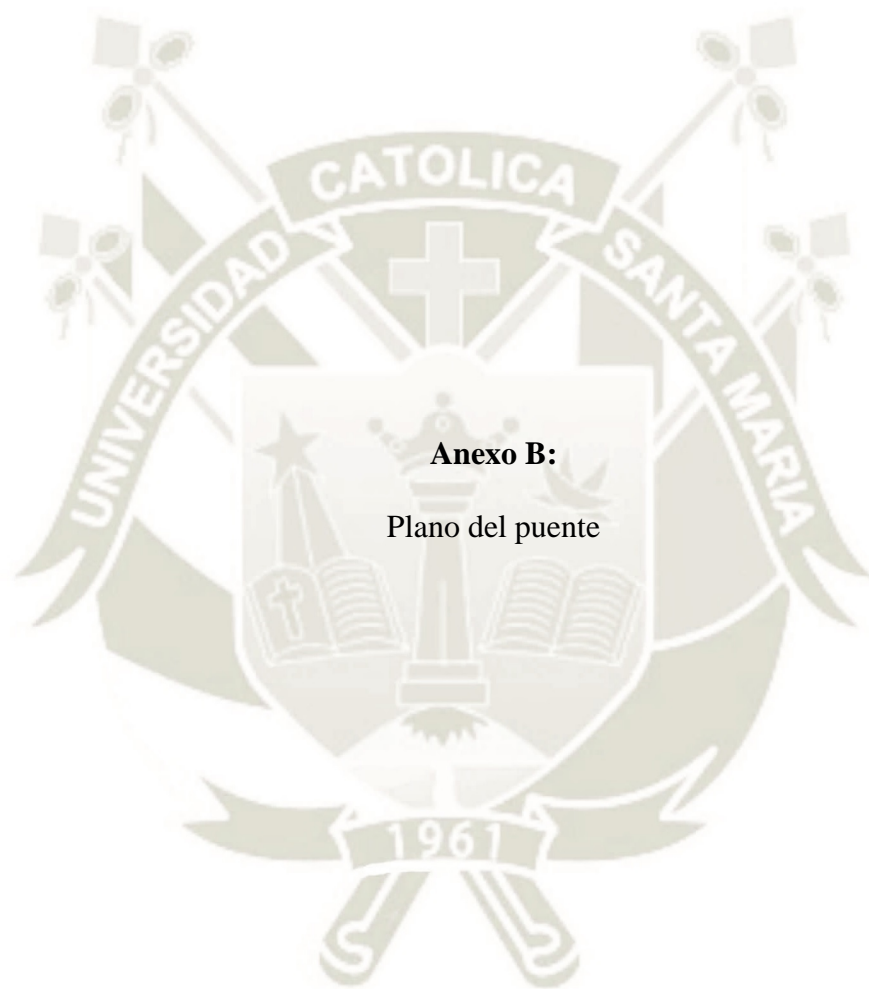
Fuente: Elaboración propia

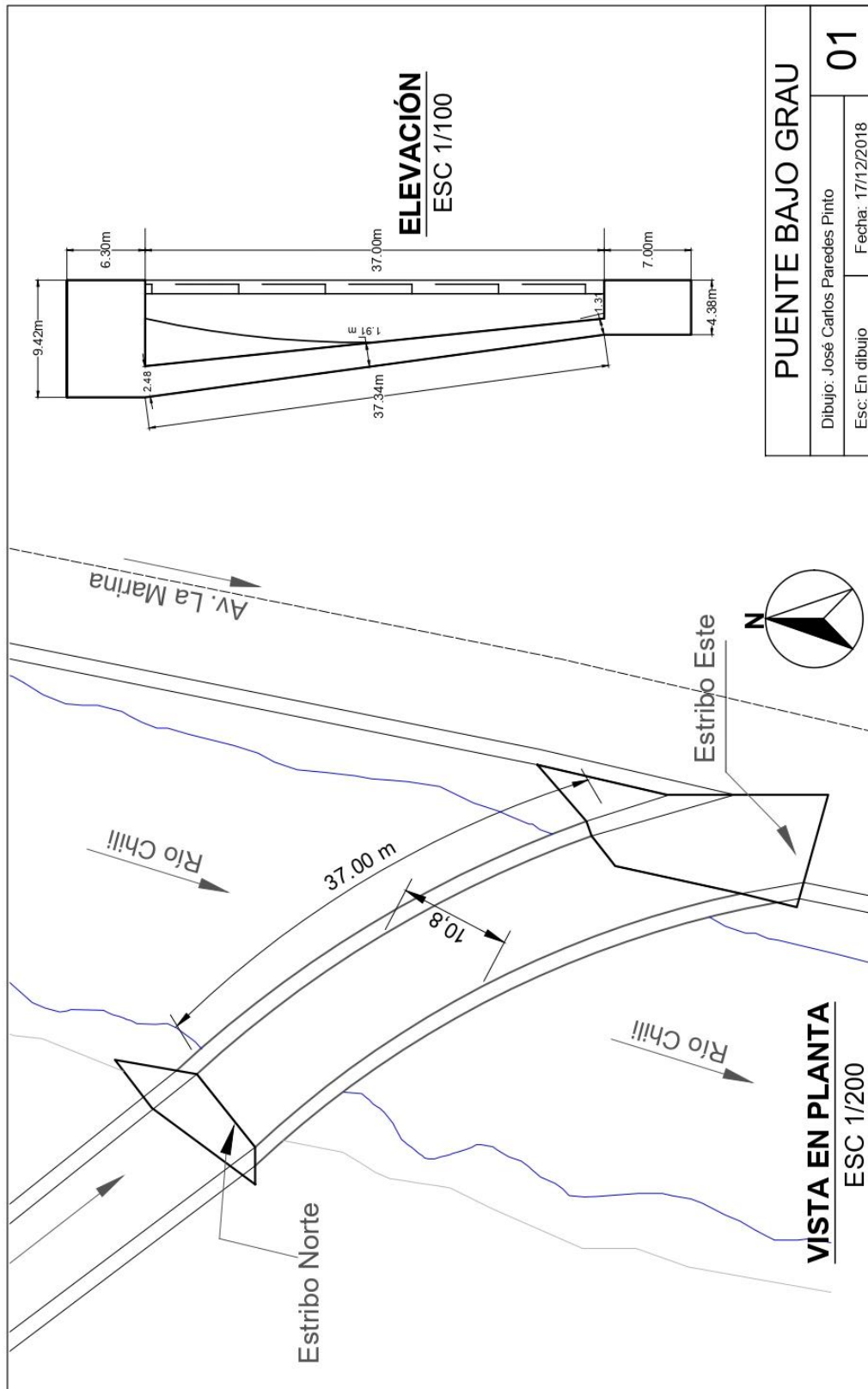
## 5. Referencias Bibliográficas

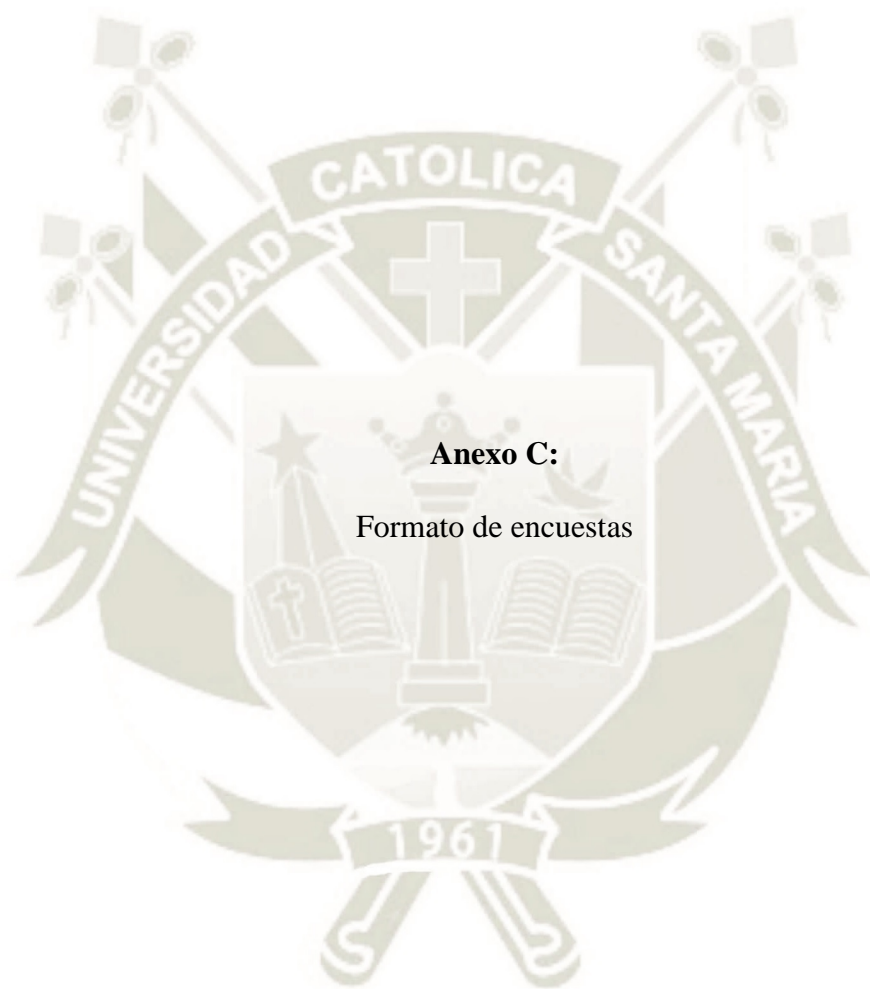
- Acero, R. (2017). *Propuesta de implementación de procesos integrados de planificación y control en proyectos privados de construcción. Caso: gran empresa constructora en el Perú.* (tesis de maestría). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Akintola, S y MacLeod, J. (1996). *Risk analysis and management in Construction.* International Journal of Project Management Vol. 15, No. 1, pp. 31-38
- Ansah, R., Sorooshian, S. y Oluyinka, S. (2017). *Constructions Project Management Risks' Framework. Quality-Access to success* (18), 90-95.
- Ardón, M. (2000). *Guía metodológica para la sistematización participativa de experiencias en agricultura sostenible.* El Salvador, PASOLAC.
- Aziz, S. (2017). Risk Management Analysis for Construction of Kutai Kartanegara Bridge-East Kalimantan-Indonesia. *Journal of 3rd international conference on construction and building engineering* (Iconbuild 2017). DOI: 10.1063/1.5011572
- Bavafa, A., Mahdiyar, A y Marsono, A (2018). Identifying and assessing the critical factors for effective implementation of safety programs in construction projects. *Safety Science* (106). 47-56. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.02.025
- Carrasco, S. (2009). *Metodología de la investigación científica 2da Edición.* Lima, Perú. Editorital San Marcos Vol.2, pp. 43-48
- Castro H. (2016). *El control de riesgos en contrataciones del estado.* Actualidad Gubernamental, N° 87 – Enero. Capítulo VII
- Dean, R. (2016). *La investigación tecnológica en las ciencias de la ingeniería.* Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Gómez C., Barbat A. y Oller S. (2000). *Vulnerabilidad de puentes de autopista: Un estado de arte.* Barcelona, España: Monografía CIMNE IS-41

- International Organization for Standardization (2018). *ISO 31000 Risk management*. Suiza. ISO Central Secretariat
- la planificación de la ejecución de obras? – Guía Práctica OSCE N°6*. Organismo Supervisor de Contrataciones del Estado. Lima, Perú.
- Lozada, C. (23 de octubre de 2014). Crecida del río Chili pone en peligro al puente Grau. *Correo*, pp. 12
- Merna, T. (2004). *Risk management in Projects and organizations*. Blackwell Science
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Puentes*. Lima, Perú. D.S. N° 034-2008-MTC
- Mondoro, A. y Frangopol, D. (2018). Risk-based cost-benefit analysis for the retrofit of bridges exposed to extreme hydrologic events considering multiple failure modes. *Engineering Structures* (159). 310-319. DOI: 10.1016/j.engstruct.2017.12.029
- Park, K., Sun, J. y Lee, M. (2017). A Multi-Level Asset Management Decision Method Considering the Risk and Value of Bridges. *Journal of Asian architecture and building engineering* (16). 163-170.
- Peláez, J. y Aragón, L (2014). *Plan de gestión de riesgos para los servicios de consultorías de defensas riverañas en la región de Cusco* (tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias, Lima, Perú.
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para Dirección de Proyectos - PMBOK - Quinta Edición*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2017). *Guide to the Project Management Body of Knowledge- PMBOK – 6<sup>th</sup> edition*. Pennsylvania: PMMO
- Ranolfi, L., Rabechini, R. y Moutinho, J. (2017) Caracterização da gestão de fatores de risco em projetos de infraestrutura. *Revista Gestão & Produção. Gest. Prod., ahead of print* (1). 24-28. DOI: 10.1590/0104-530x3011-16

- Roos, M., Hartmann, T, Spit, T y Johann, G. (2017) Constructing risks - Internalization of flood risks in the flood risk management plan. *Environmental science & policy science & policy* (74). 23-29. DOI: 10.1016/j.envsci.2017.04.007
- Sacks, R., Kedar, A., Borrmann, A. Brilakis, L, Huthwohl, P., Daum, S. y Liebich, T. (2018). SeeBridge as next generation bridge inspection: Overview, Information Delivery Manual and Model View Definition. *Automation in construction* (90). 134-145. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.02.033
- Schoonwinkel, S., Fourie, C., Conradie, P. (2016). A Risk and cost management analysis for changes during the construction phase of a project. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering* (58). 111-119. DOI:10.17159/2309-8775/2016/v58n4a3
- Seminario, P. y Flores, C. (2017). *¿Cómo se implementa la gestión de riesgos en*
- Setiawan, K. (2016). Mainstreaming Disaster Risk Management for Finance: Application of Real Options Method for Disaster Risk Sensitive Project. *Revista AD-minister* (28). 156-162. DOI: 10.17230/ad-minister.28.11
- Sinuco, V. (2013). In search of the ideal project. An orientation for projects, exploration and formulation. Bogotá: *Revista EAN* (74), 138 – 149.
- SiqueiraI, G., TavaresII, D. y PaultreII, P. (2014). Seismic fragility of a highway bridge in Quebec retrofitted with natural rubber isolators. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, (7). DOI: 10.1590/S1983-41952014000400002
- Smith, N. (2002). *Best value in Construction*. Chapter 6: Risk Management. Blackwell Science
- Tender, M., Martins, F., Couto, J., Pérez C. (2017). Estudio sobre la implementación de gesti riesgos en la fase de construcción de túneles: caso particular del Túnel de Marao II (Portugal). *Revista de la Construcción* (16). 44-52. DOI: 10.7764/rdlc.16.2.262







## Datos generales

Mapeo de la importancia de puentes modernos en la ciudad de Arequipa

\* Required

### 1. Edad \*

Mark only one oval.

- de 18 a 28
- de 29 a 38
- de 39 a 48
- de 49 a 58
- Más de 59 años

### 2. Grado de instrucción \*

Mark only one oval.

- Secundaria completa
- Superior en curso
- Superior culminada
- Postgrado
- Other: \_\_\_\_\_

### 3. Distrito de domicilio \*

Mark only one oval.

- Cerro Colorado
- Cayma
- Cercado
- Yanahuara
- Alto Selva Alegre
- Sachaca
- Otros

### 4. Distrito donde labora o estudia \*

Mark only one oval.

- Cerro Colorado
- Cayma
- Cercado
- Yanahuara
- Alto Selva Alegre
- Sachaca
- Otros

18/12/2018

Datos generales

## Importancia de Puentes - Arequipa

Mapeo de la importancia de puentes modernos en la ciudad de Arequipa

5. **¿Cuál consideras la vía conectora más importante en el centro histórico de la ciudad de Arequipa? \***

*Mark only one oval.*

- Puente San Martín
- Puente Bajo Grau

6. **¿Qué distritos consideras usan con mayor frecuencia la vía conectora? \***

*Mark only one oval.*

- Yanahuara
- Cayma
- Cerro Colorado
- Cercado
- Otros

7. **De los puentes propuestos ¿Cuál consideras como el más vulnerable al riesgo? \***

*Mark only one oval.*

- Puente San Martín
- Puente Bajo Grau
- Other: \_\_\_\_\_

## Evaluación del puente seleccionado

8. **¿Qué riesgo asocias como el mayor al puente elegido en la pregunta 2? \***

*Mark only one oval.*

- Aumento en el caudal del río Chili
- Evento sísmico
- Errores en el diseño
- Other: \_\_\_\_\_

9. **Del 1 al 5, ¿Cuán riesgoso consideras a la estructura? \***

*Mark only one oval.*

- |               |                       |                       |                       |                       |                       |              |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
|               | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |              |
| Nada Riesgoso | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Muy riesgoso |

10. **¿Con qué frecuencia transitas por el puente seleccionado? \***

*Mark only one oval.*

- Todos los días
- Interdiario
- Una vez a la semana
- Una vez al mes
- Other: \_\_\_\_\_

18/12/2018

Datos generales

11. ¿A qué grupos (empresas, instituciones, etc) considerarías como interesados en la obra vial? \*

---

---

---

---

---

12. ¿Qué distritos consideras usan con mayor frecuencia la obra vial conectora seleccionada? \*

Mark only one oval.

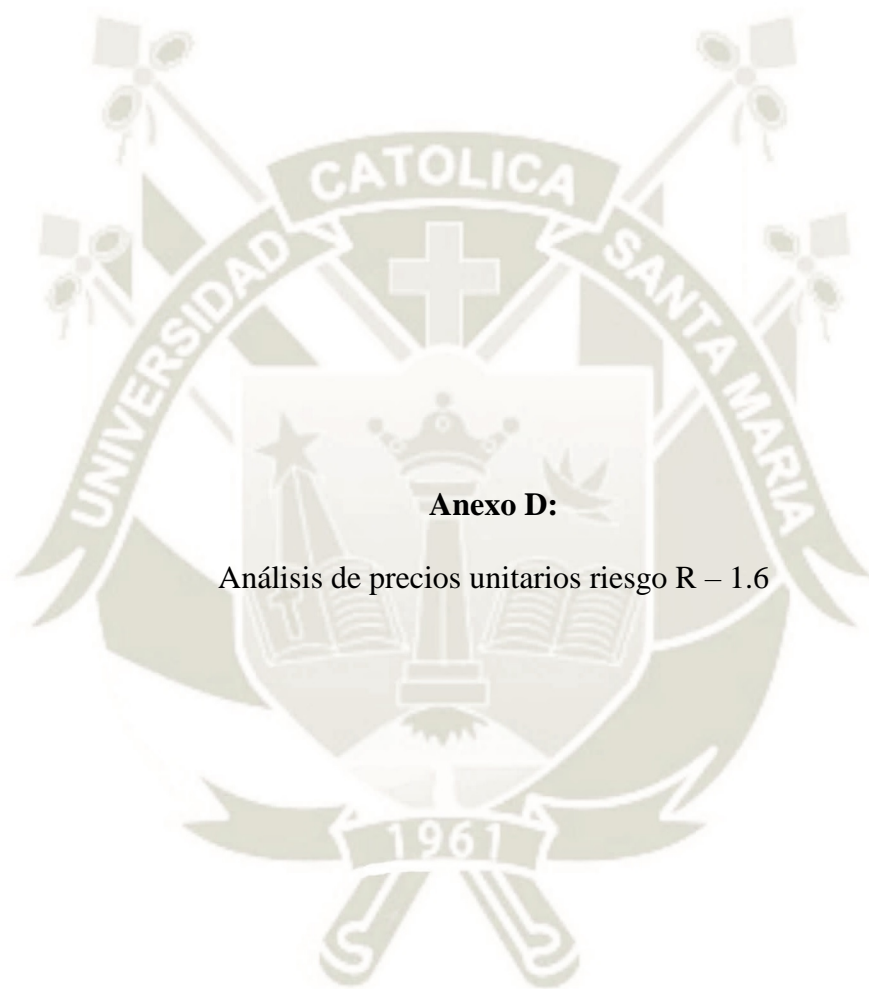
- Cayma
- Cerro Colorado
- Yanahuara
- Cercado
- Other: \_\_\_\_\_

13. Si existiera la posibilidad de intervenir el puente seleccionado ¿Qué opción aceptarías como más viable? \*

Mark only one oval.

- Reparación parcial de la estructura
- Ampliación del puente
- Demolición y construcción de un puente nuevo

Powered by  
 Google Forms



**Anexo D:**

Análisis de precios unitarios riesgo R – 1.6

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

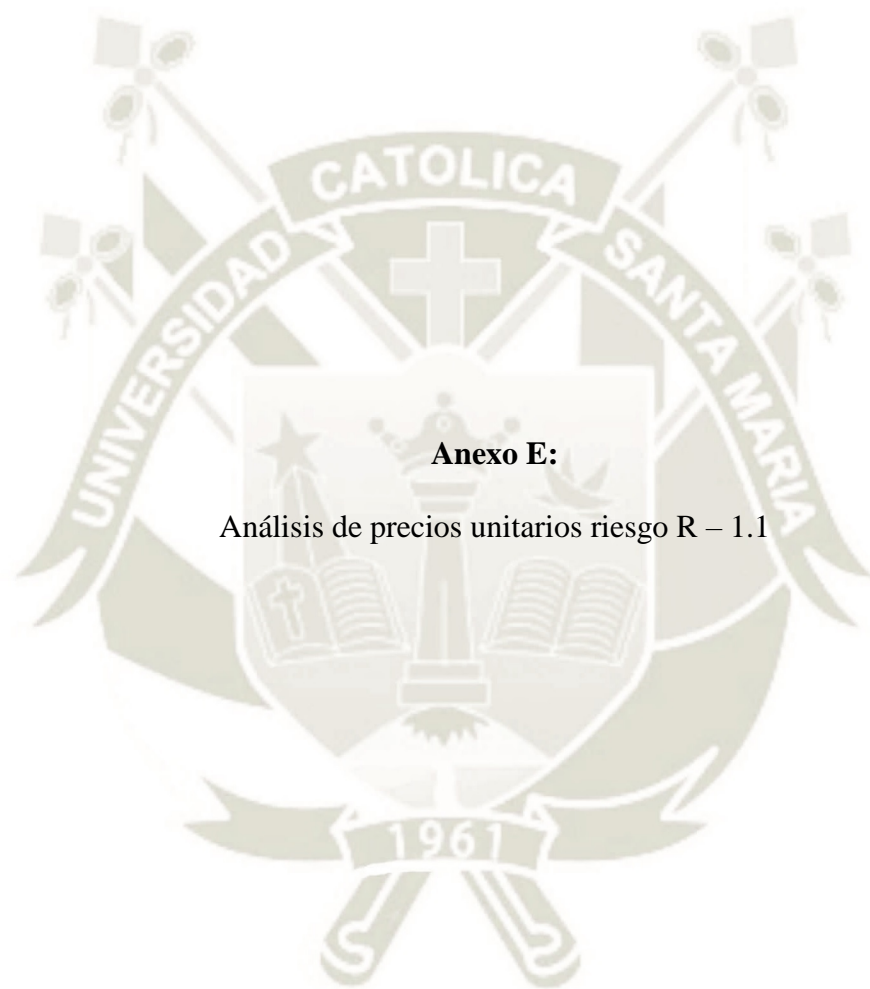
**Proyecto :** R-1.6 Colapso por inundación de la superestructura.

**Lugar :** Arequipa - Perú

**Fecha :** 17/12/18

<b>Partida</b> <b>Excavación de material lodoso del lecho del río</b>					
Rendimiento					
<b>m3/día</b>	MO.	74.67	EQ.	74.67	P.U. <b>12.81</b>
			Jornada	8.00	
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD</b>	<b>arcial USD</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.50	0.05	15.63	0.84
Operador de Equipo Pesado	hh	1.00	0.11	13.65	1.46
Peón	hh	1.00	0.11	8.70	0.93
					<b>3.23</b>
<b>Equipos</b>					
Excavadora de 336	hm	1.00	0.11	89.44	9.58
					<b>9.58</b>

<b>Partida</b> <b>Selección y conformación de berma con roca propia</b>					
Rendimiento					
<b>m3/día</b>	MO.	29.87	EQ.	29.87	P.U. <b>51.28</b>
			Jornada	8.00	
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD</b>	<b>arcial USD</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.50	0.13	15.63	2.09
Operador de Equipo Pesado	hh	1.00	0.27	13.65	3.66
Peón	hh	1.00	0.27	8.70	2.33
					<b>8.08</b>
<b>Equipos</b>					
Retroexcavadora	hm	1.00	0.27	31.83	8.53
Tractor Bulldozer D8T	hm	1.00	0.27	129.44	34.67
					<b>43.20</b>



**Anexo E:**

Análisis de precios unitarios riesgo R – 1.1

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Proyecto : R-1.1 Muro de protección en estribo este

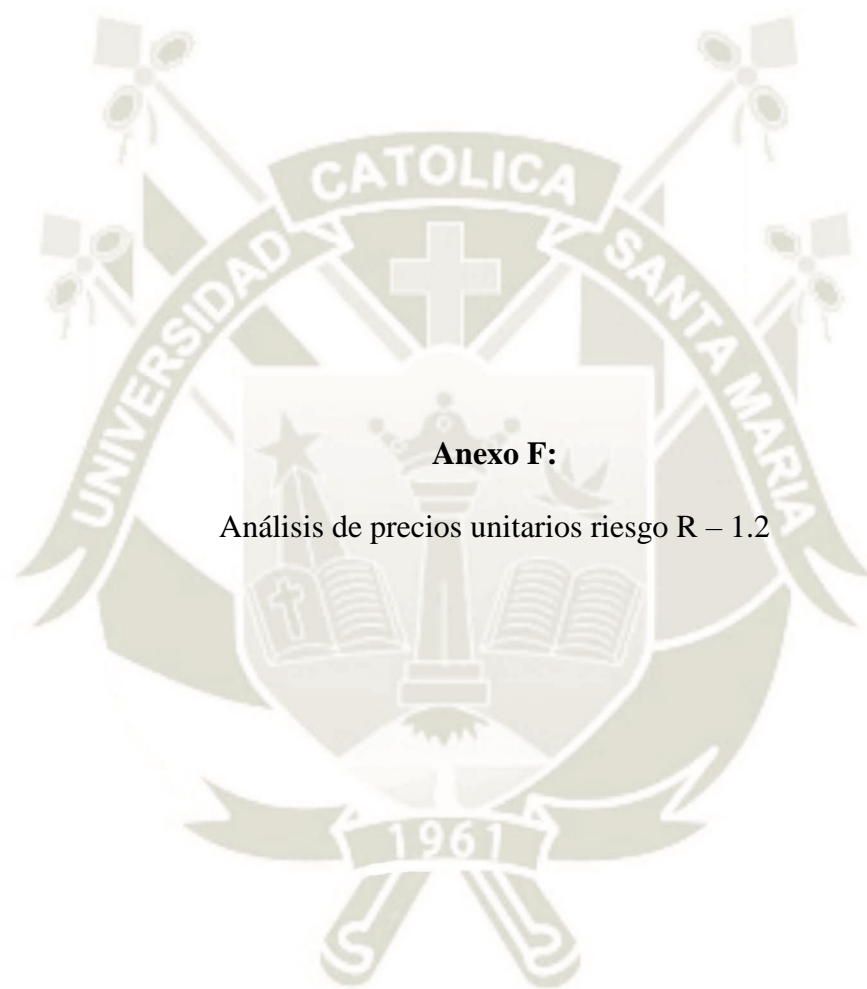
Lugar : Arequipa - Perú

Fecha : 17/12/18

Partida		Colocación de concreto premezclado en muro (incluye curado y vibrado)				
Rendimiento						
<b>m3/día</b>	MO.	9.00	EQ.	9.00	sto unitario:	<b>255.44</b>
			Jornada	8.00		
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio USD arcial USD		
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz	hh	0.50	0.44	15.63	6.95	
Operario	hh	2.00	1.78	9.85	17.51	
Oficial	hh	1.00	0.89	9.24	8.22	
Peón	hh	10.00	8.89	8.70	77.32	
					<b>109.99</b>	
<b>Materiales</b>						
Concreto premezclado 280 Kg/cm2	m3		1.13	100.25	113.28	
					<b>113.28</b>	
<b>Equipos</b>						
Vibrador de concreto	hm	1.00	0.89	30.00	26.67	
Herramientas manuales	hm		0.05	109.99	5.50	
					<b>32.17</b>	

Partida		Selección y conformación de berma con roca propia				
Rendimiento						
<b>m2/día</b>	MO.	9.00	EQ.	9.00	sto unitario:	<b>78.88</b>
			Jornada	8.00		
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio USD arcial USD		
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz	hh	0.50	0.44	15.63	6.95	
Operario	hh	2.00	1.78	9.85	17.51	
Oficial	hh	1.00	0.89	9.24	8.22	
Peón	hh	4.00	3.56	8.70	30.93	
					<b>63.60</b>	
<b>Materiales</b>						
Alambre Negro # 8	kg		0.22	2.34	0.52	
Madera Tornillo	p2		1.47	5.10	7.49	
Triplay Lupuna	pl		0.04	82.00	3.13	
Desmoldante	gln		0.02	14.00	0.27	
Clavo para Madera	kg		0.22	3.10	0.68	
					<b>12.10</b>	
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	hm	1.00	0.05	63.60	3.18	
					<b>3.18</b>	

Partida		Habilitación de acero dimensionado fy = 4200 Kg/cm2				
Rendimiento						
<b>Kg/día</b>	MO.	1,000.00	EQ.	1000.00	sto unitario:	<b>1.41</b>
			Jornada	8.00		
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio USD arcial USD		
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz	hh	0.50	0.004	15.63	0.06	
Operario	hh	2.00	0.016	9.85	0.16	
Oficial	hh	1.00	0.008	9.24	0.07	
Peón	hh	1.00	0.008	8.70	0.07	
					<b>0.36</b>	
<b>Materiales</b>						
Acero corrugado	kg		1.03	1.00	1.03	
					<b>1.03</b>	
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	hm	1.00	0.05	0.36	0.02	
					<b>0.02</b>	



**Anexo F:**

Análisis de precios unitarios riesgo R – 1.2

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Proyecto : R-1.2 Obras de mejoramiento del pavimento

Lugar : Arequipa - Perú

Fecha : 17/12/18

Partida R.1-1 Cod 06		Transporte de Mezcla Afáltica D = 25 Km				
Rendimiento						
<b>m2/día</b>	MO.	30.00	EQ.	30.00	sto unitario:	<b>31.84</b>
			Jomada	8.00		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD</b>	<b>arcial USD</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Preparación de la Mezcla Afáltica en Caliente	m3		0.18	138.39	25.46	
Transporte de Mezcla Afáltica D = 25 Km	m3		0.82	7.80	6.37	
						<b>31.84</b>

Subpartida 1		Preparación de la Mezcla Afáltica en Caliente				
Rendimiento						
<b>m3/día</b>	MO.	200.00	EQ.	200.00	sto unitario:	<b>138.39</b>
			Jomada	8.00		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD</b>	<b>arcial USD</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz	hh	0.50	0.02	15.63	0.31	
Operador de Equipo Pesado	hh					
Operario	hh	3.00	0.12	9.85	1.18	
Peón	hh	6.00	0.24	8.70	2.09	
						<b>3.58</b>
<b>Materiales</b>						
Filler	Kg		24.40	0.18	4.29	
Agregado grueso para asfalto	m3		0.52	9.09	4.73	
Agregado fino para asfalto	m3		0.78	7.27	5.67	
Cemento asfáltico PEN 85/100	gal		36.00	2.80	100.80	
Petroleo Diessek #2	gal		3.00	3.03	9.09	
						<b>115.49</b>
<b>Equipos</b>						
Planta de asfalto en caliente 60 - 115 TN/H	hm	1.00	0.04	448.48	17.94	
Retroexcavadora	hm	1.00	0.04	31.83	1.27	
Herramientas manuales	hm		0.03	3.58	0.11	
						<b>19.32</b>

Subpartida 2		Transporte de Mezcla Afáltica D = 25 Km				
Rendimiento						
<b>m3/día</b>	MO.	30.00	EQ.	30.00	sto unitario:	<b>7.80</b>
			Jomada	8.00		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD</b>	<b>arcial USD</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Oficial	hh	1.00	0.27	9.24	2.46	
						<b>2.46</b>
<b>Equipos</b>						
Camión Volquete 15m3	hm	1.00	0.27	20.00	5.33	
						<b>5.33</b>

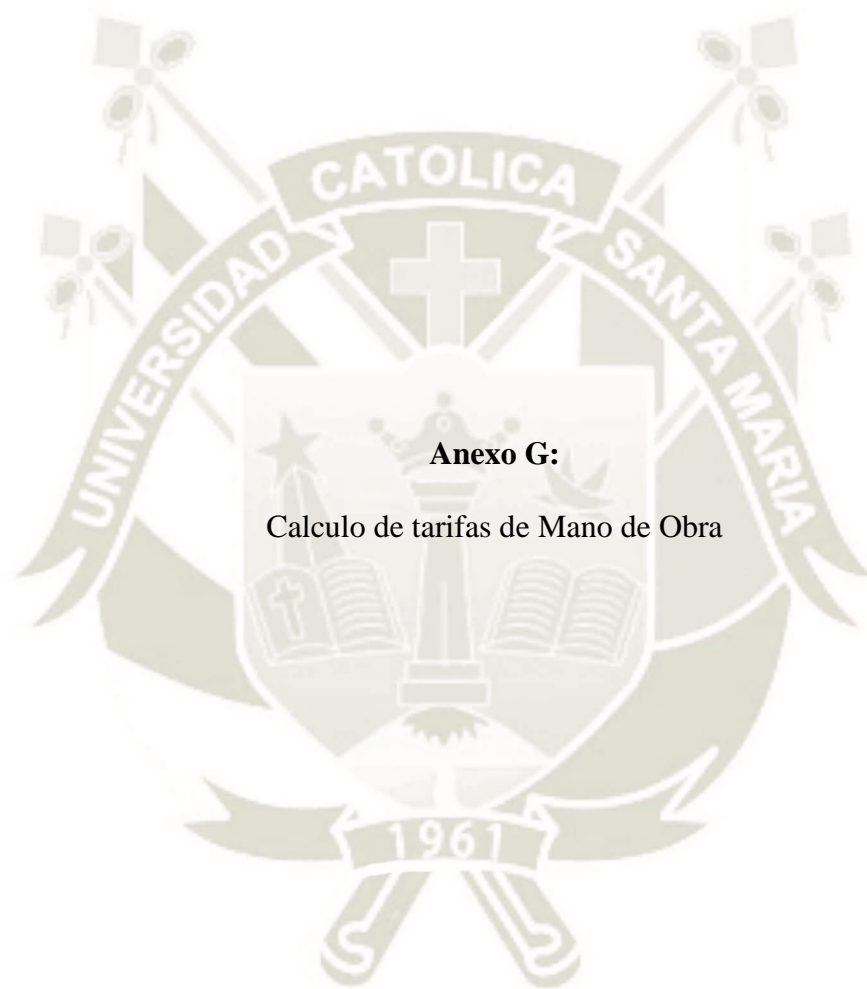
Partida R.1-1 Cod 04		Limpieza de superficie a tratar				
Rendimiento						
<b>m2/día</b>	MO.	1,700.00	EQ.	1700.00	sto unitario:	<b>0.17</b>
			Jomada	8.00		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD</b>	<b>arcial USD</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Oficial	hh	3.00	0.01	9.24	0.13	
Peón		1.00	0.00	8.70	0.04	
						<b>0.17</b>

Partida R.1-1 Cod 01		Demolición de Pavimento Asfáltico				
Rendimiento						
<b>m2/día</b>	MO.	74.00	EQ.	74.00	sto unitario:	<b>2.01</b>
			Jornada	8.00		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD arcial USD</b>		
<b>Mano de Obra</b>						
Oficial	hh	1.00	0.11	9.24	1.00	
Peón	hh	1.00	0.11	8.70	0.94	
					<b>1.94</b>	
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%MO		0.04	1.94	0.07	
					<b>0.07</b>	

Partida R.1-1 Cod 02		Carguo y eliminación de material excedente				
Rendimiento						
<b>m3/día</b>	MO.	45.00	EQ.	45.00	sto unitario:	<b>7.8</b>
			Jornada	8.00		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD arcial USD</b>		
<b>Mano de Obra</b>						
Operador de Equipo Pesado	hh	2.00	0.36	13.65	4.85	
Peón	hh	1.00	0.18	8.70	1.55	
					<b>6.40</b>	
<b>Equipos</b>						
Retroexcavadora	hm	1.00	0.18	1.55	0.27	
Camión Volquete 15m3	hm	1.00	0.18	6.40	1.14	
					<b>1.41</b>	

Partida R.1-1 Cod 03		Imprimación bituminosa INC/Arenado				
Rendimiento						
<b>m2/día</b>	MO.	400.00	EQ.	400.00	sto unitario:	<b>4.07</b>
			Jornada	8.00		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD arcial USD</b>		
<b>Mano de Obra</b>						
Peón	hh	1.00	0.02	8.70	0.17	
					<b>0.17</b>	
<b>Subcontratos</b>						
Imprimante bituminoso	m2		1.00	3.90	3.90	
					<b>3.90</b>	

Partida R.1-1 Cod 05		Riego de liga con asfalto diluido RC-250				
Rendimiento						
<b>m2/día</b>	MO.	400.00	EQ.	400.00	sto unitario:	<b>1.54</b>
			Jornada	8.00		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio USD arcial USD</b>		
<b>Mano de Obra</b>						
Peón	hh	1.00	0.02	8.70	0.17	
					<b>0.17</b>	
<b>Subcontratos</b>						
Imprimante diluido	m2		1.00	1.37	1.37	
					<b>1.37</b>	



**Anexo G:**

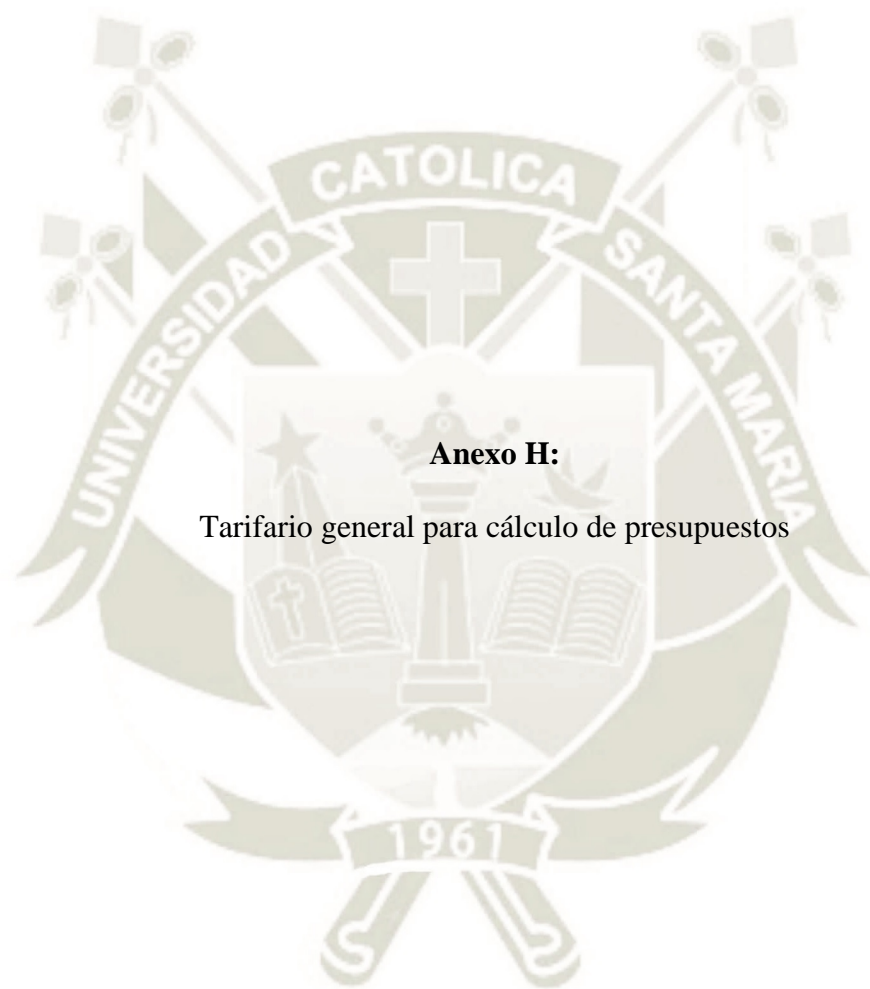
Calculo de tarifas de Mano de Obra

**RESUMEN DE CÁLCULO DEL HH PARA RÉGIMEN COMÚN OBRERO**

PARA OBREROS AFILIADOS AL SNP	Capataz	Operador	Operario	Oficial	Peón
HH en Altitud S/.	50.79 S/.	44.36 S/.	32.01 S/.	30.04 S/.	28.27

**CÁLCULO DE VALOR DE HH LABORANDO POR ENCIMA DE LOS 3000 MSNM (ALTIUD)**

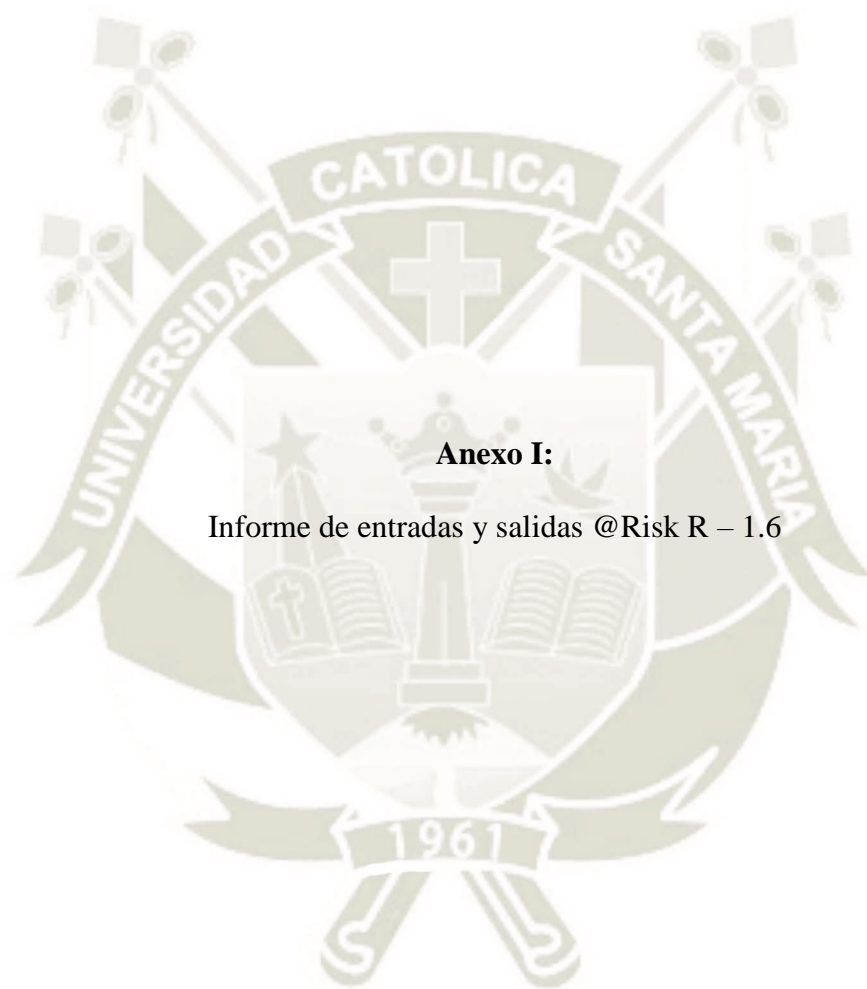
PARA OBREROS AFILIADOS AL SNP	Capataz	Operador	Operario	Oficial	Peón
Jornal Básico RCO	228.57	190.48	117.34	105.71	95.24
Mameluco térmico	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
Implementos de seguridad	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
Seguro Vida	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Transporte a obra	12.86	12.86	12.86	12.86	12.86
Transporte interno en obra	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Examen medico	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33
Alojamiento	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Alimentación	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Agua para beber	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Factor de Rotación de personal	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97
Beneficios Sociales (52%)	118.86	99.05	61.02	54.97	49.52
<b>Total Día</b>	<b>S/. 457.13 S/.</b>	<b>399.22 S/.</b>	<b>288.06 S/.</b>	<b>270.38 S/.</b>	<b>254.46</b>
<b>Total HH en Altitud</b>	<b>S/. 50.79 S/.</b>	<b>44.36 S/.</b>	<b>32.01 S/.</b>	<b>30.04 S/.</b>	<b>28.27</b>
<b>COSTO MES</b>	<b>S/. 11,732.49 S/.</b>	<b>10,247.16 S/.</b>	<b>7,394.31 S/.</b>	<b>6,939.24 S/.</b>	<b>6,530.37</b>



**Anexo H:**

Tarifario general para cálculo de presupuestos

<b>TARIFARIO</b>				
<b>Tipo de Cambio:</b>		3.25		
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Base ( \$ )</b>	<b>Precio ( \$ )</b>	
<b>Mano de Obra</b>				
Capataz	hh	50.79		15.63
Operador de Equipo Pesado	hh	44.36		13.65
Operario	hh	32.01		9.85
Oficial	hh	30.04		9.24
Peón	hh	28.27		8.70
<b>Equipos</b>			<b>Combustible</b>	
Tractor Bulldozer D8T	hm	90.00	39.44	129.44
Excavadora de 336	hm	50.00	39.44	89.44
Retroexcavadora	hm	20.00	11.83	31.83
Cinzel	hm	2.50	0.00	2.50
Vibrador de concreto	hm	19.50	10.50	30.00
Taladro percutor Hilti ET-0.70KW	hm	11.75		11.75
<b>Equipos</b>				
Alambre Negro # 8	kg	2.34		2.34
Madera Tornillo	p2	5.10		5.10
Triplay Lupuna	pl	82.00		82.00
Desmoldante	gln	14.00		14.00
Clavo para Madera	kg	3.10		3.10



**Anexo I:**


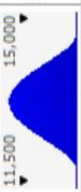

Informe de entradas y salidas @Risk R – 1.6

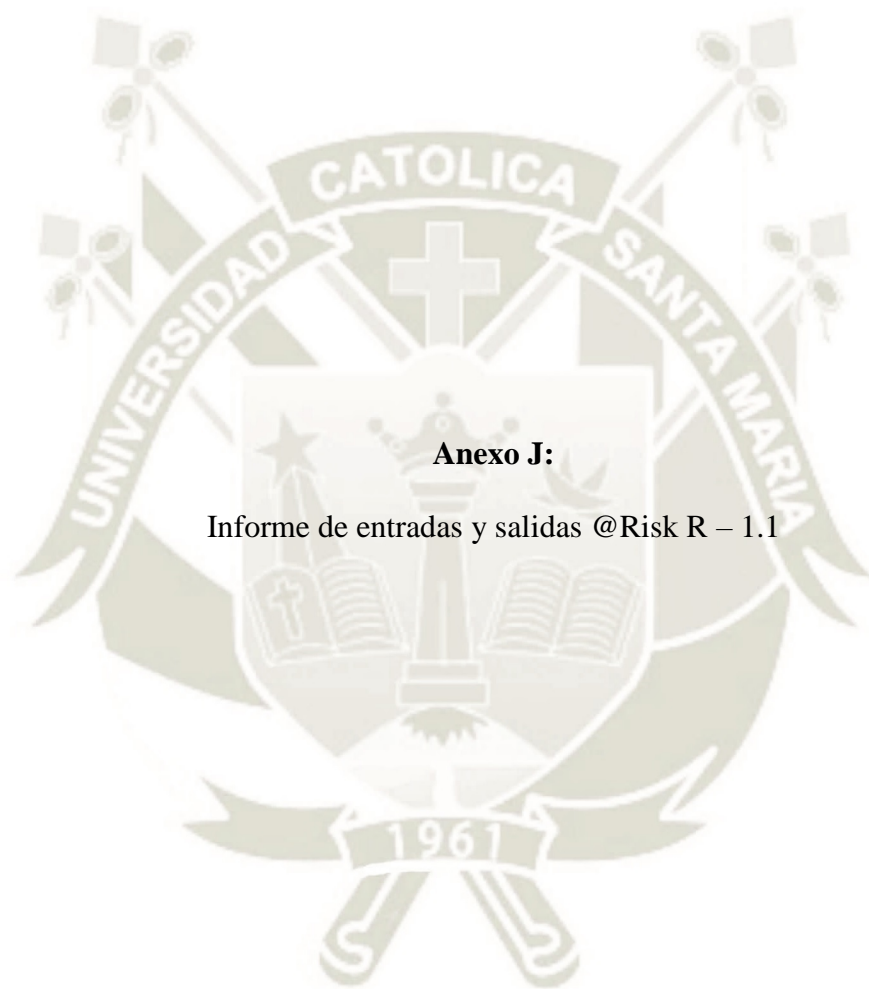


### Entradas de modelo @RISK

Ejecutado por: Jose Carlos

Fecha: martes, 18 de Diciembre de 2018 00:23:10

Nombre	Celda	Gráfico	Función	Mín	Media	Máx
Categoría: Excavación de material lodoso del lecho del río						
Excavación de material lodoso del lecho del río / Muestreado	J3		RiskPert(G3;H3;I3)	30,497	33,886	37,274.08
Categoría: Gastos Generales						
Gastos Generales / Muestreado	J5		RiskPert(G5;H5;I5)	11,899	13,222	14,543.82
Categoría: Selección y conformación de berma con roca propia						
Selección y conformación de berma con roca propia / Muestreado	J4		RiskPert(G4;H4;I4)	48,833	54,259	59,684.74



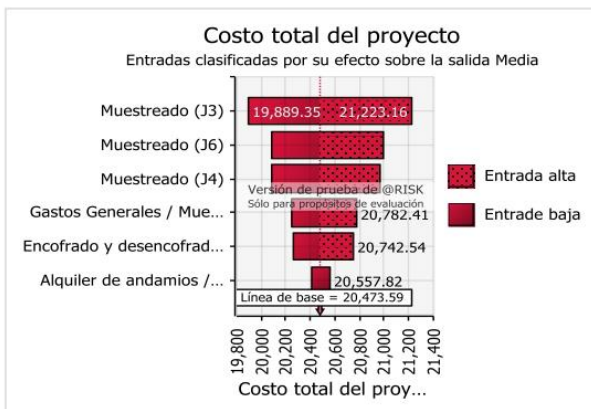
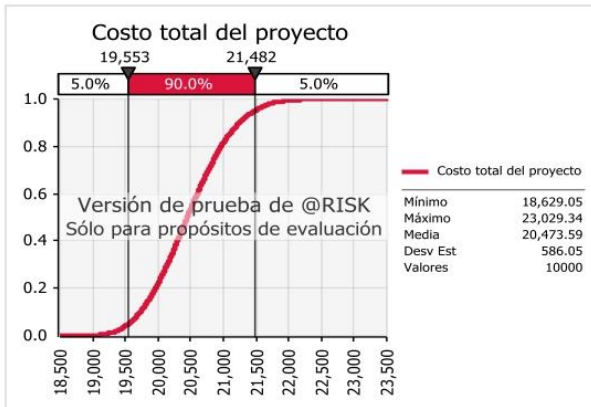
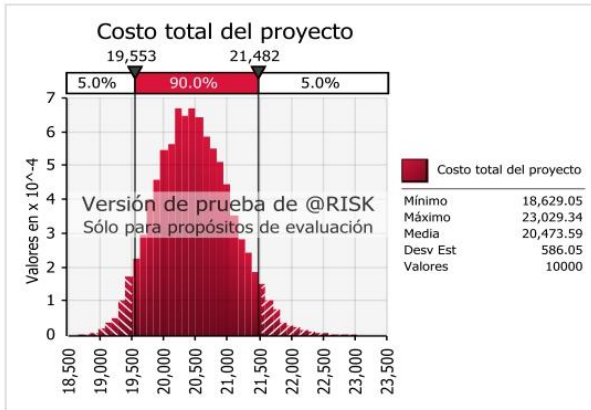
**Anexo J:**

Informe de entradas y salidas @Risk R – 1.1

## Informe @RISK Salida para Costo total del proyecto J11

Ejecutado por: Jose Carlos

Fecha: martes, 18 de Diciembre de 2018 10:13:09



Información de resumen de simulación	
Nombre de libro de trabajo	Estimación de costos.xlsx
Número de simulaciones	1
Número de iteraciones	10000
Número de entradas	6
Número de salidas	1
Tipo de muestreo	Latino Hipercúbico
Tiempo de inicio de simulación	18/12/2018 10:11
Duración de simulación	00:00:05
Generador de # aleatorio	Merseme Twister
Semilla aleatoria	28665974







Estadísticos resumen para Costo total del proyecto		
Estadísticos	Percentil	
Minimo	5%	19,553
Máximo	10%	19,734
Media	15%	19,860
Desv Est	20%	19,961
Varianza	25%	20,054
Indice de sesgo	30%	20,143
Curtosis	35%	20,224
Mediana	40%	20,297
Moda	45%	20,373
X izquierda	50%	20,449
P izquierda	55%	20,523
X derecha	60%	20,603
P derecha	65%	20,688
Diff X	70%	20,774
Diff P	75%	20,869
#Errores	80%	20,967
Filtro mín	85%	21,089
Filtro máx	90%	21,251
#Filtrado	95%	21,482

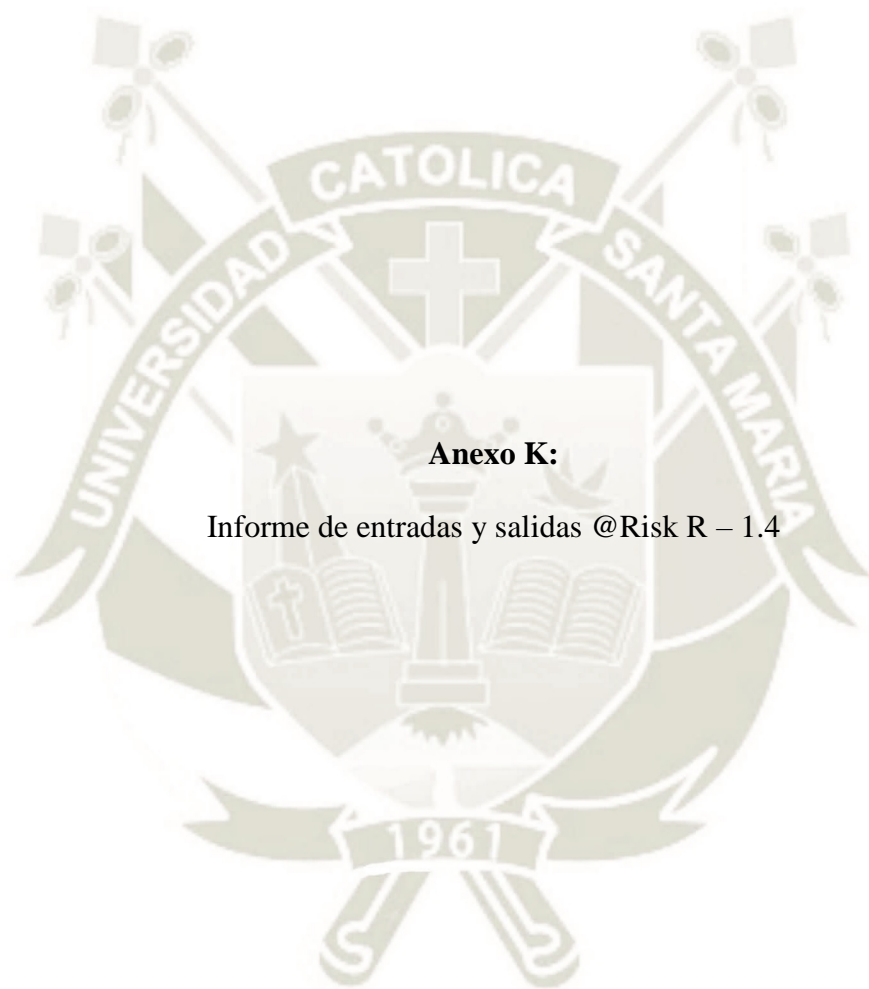
Cambio en la estadística de salida de Costo total del			
Jerarquía	Nombre	Inferior	Superior
1	Muestreado (J3)	19,889	21,223
2	Muestreado (J6)	20,085	20,989
3	Muestreado (J4)	20,084	20,967
4	Gastos Generales /	20,244	20,782
5	Encofrado y desenc...	20,254	20,743
6	Alquiler de andamio	20,414	20,558

### Entradas de modelo @RISK

Ejecutado por: Jose Carlos

Fecha: martes, 18 de Diciembre de 2018 10:13:12

Nombre	Celda	Gráfico	Función	Mín	Media	Máx
Categoría: <ninguno>						
Muestreado	J3		RiskPert(G3;H3;I3)	5,635	6,418	7826.862
Muestreado	J4		RiskPert(G4;H4;I4)	3,688	4,201	5122.888
Muestreado	J6		RiskPert(G6;H6;I6)	3,739	4,258	5192.8
Categoría: Alquiler de andamios						
Alquiler de andamios / Muestreado	J7		RiskPert(G7;H7;I7)	523	596	726.6125
Categoría: Encofrado y desencofrado de madera en muro						
Encofrado y desencofrado de madera en muro / Muestreado	J5		RiskPert(G5;H5;I5)	2,114	2,408	2936.738
Categoría: Gastos Generales						
Gastos Generales / Muestreado	J8		RiskPert(G8;H8;I8)	2276.559	2592.748	3161.887



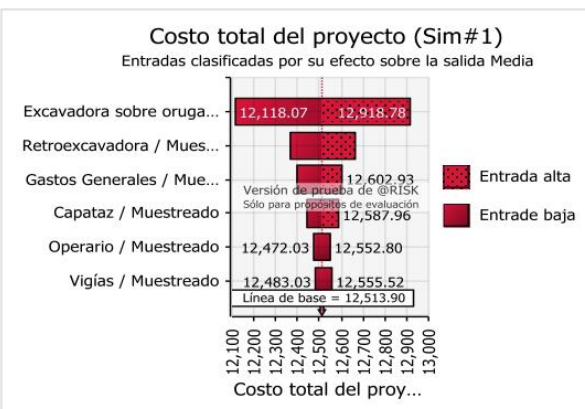
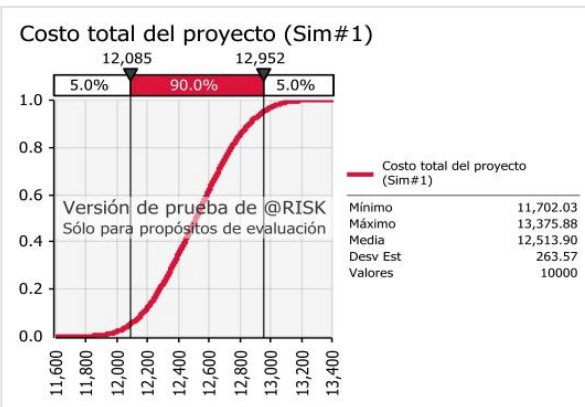
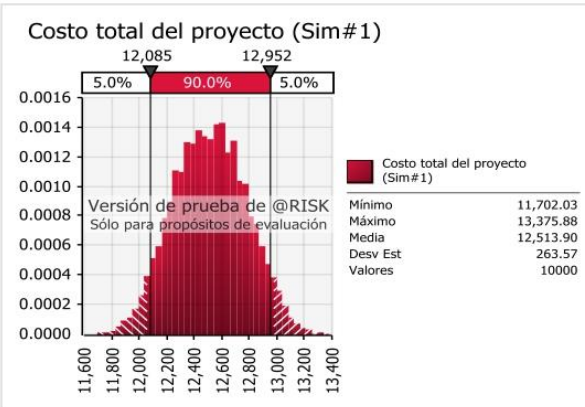
**Anexo K:**

Informe de entradas y salidas @Risk R – 1.4

## Informe @RISK Salida para Costo total del proyecto J11 (Sim#1)

Ejecutado por: Jose Carlos

Fecha: martes, 18 de Diciembre de 2018 11:19:08



### Información de resumen de simulación

Nombre de libro de trabajo	Estimación de costos.xlsx
Número de simulaciones	2
Número de iteraciones	10000
Número de entradas	6
Número de salidas	1
Tipo de muestreo	Latino Hipercúbico
Tiempo de inicio de simulación	18/12/2018 11:18
Duración de simulación	00:00:09
Generador de # aleatorio	Mersenne Twister
Semilla aleatoria	217263302

### Estadísticos resumen para Costo total del proyecto

Estadísticos	Percentil
Mínimo	5% 12,085
Máximo	10% 12,171
Media	15% 12,231
Desv Est	20% 12,278
Varianza	25% 12,324
Índice de sesgo	30% 12,364
Curtosis	35% 12,402
Mediana	40% 12,441
Moda	45% 12,477
X izquierda	50% 12,514
P izquierda	55% 12,550
X derecha	60% 12,586
P derecha	65% 12,621
Diff X	70% 12,661
Diff P	75% 12,700
#Errores	80% 12,747
Filtro mín	85% 12,796
Filtro máx	90% 12,862
#Filtrado	95% 12,952







### Cambio en la estadística de salida de Costo total del

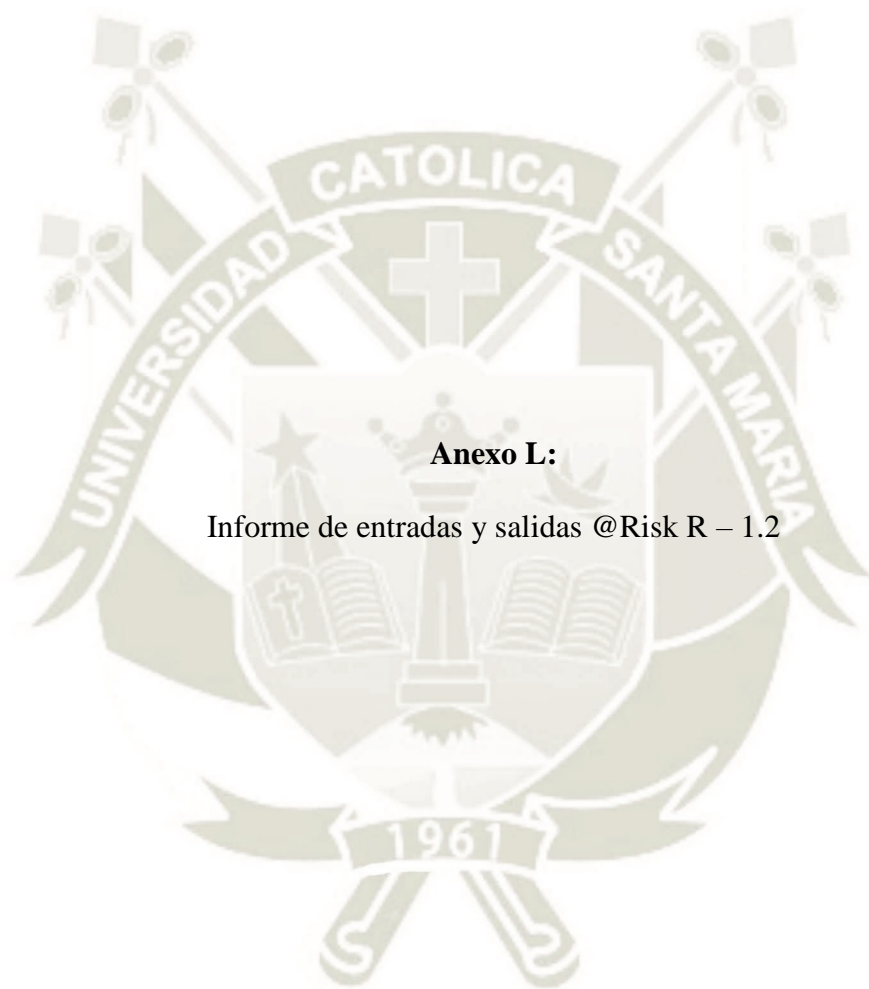
Jerarquía	Nombre	Inferior	Superior
1	Excavadora sobre o	12,118	12,919
2	Retroexcavadora /	12,365	12,665
3	Gastos Generales /	12,399	12,603
4	Capataz / Muestrea	12,445	12,588
5	Operario / Muestre	12,472	12,553
6	Vigías / Muestreado	12,483	12,556

### Entradas de modelo @RISK

Ejecutado por: Jose Carlos

Fecha: martes, 18 de Diciembre de 2018 11:19:20

Nombre	Celda	Gráfico	Función	Mín	Media	Máx
Categoría: Capataz						
Capataz / Muestreado	J5		RiskPert(G5;H5;I5)	985	1,094	1203.334
Categoría: Excavadora sobre orugas 336						
Excavadora sobre orugas 336 / Muestreado	J3		RiskPert(G3;H3;I3)	5,635	6,261	6887.155
Categoría: Gastos Generales						
Gastos Generales / Muestreado	J8		RiskPert(G8;H8;I8)	1469.025	1632.25	1795.475
Categoría: Operario						
Operario / Muestreado	J6		RiskPert(G6;H6;I6)	621	689	758.395
Categoría: Retroexcavadora						
Retroexcavadora / Muestreado	J4		RiskPert(G4;H4;I4)	2,005	2,228	2451.152
Categoría: Vigías						
Vigías / Muestreado	J7		RiskPert(G7;H7;I7)	548	609	669.779



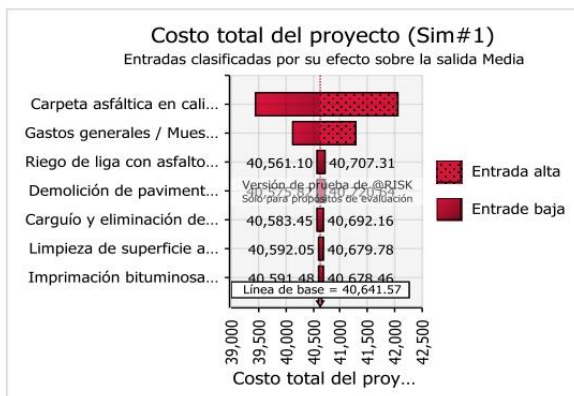
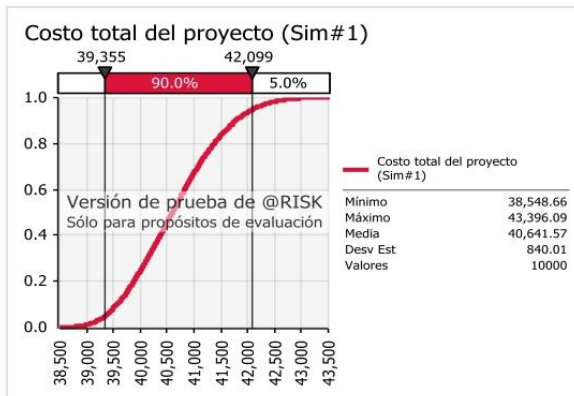
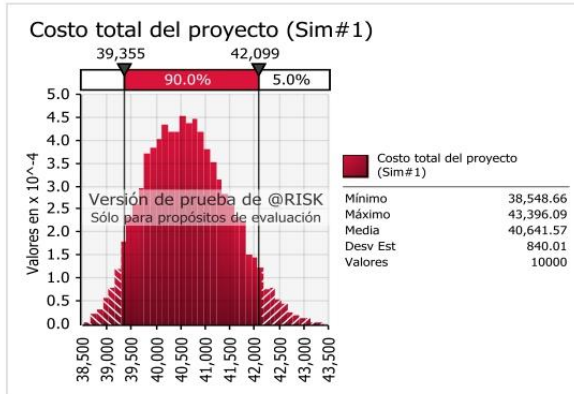
**Anexo L:**

Informe de entradas y salidas @Risk R – 1.2

## Informe @RISK Salida para Costo total del proyecto J12 (Sim#1)

Ejecutado por: Jose Carlos

Fecha: martes, 18 de Diciembre de 2018 13:08:48



### Información de resumen de simulación

Nombre de libro de trabajo	Estimación de costos.xlsx
Número de simulaciones	5
Número de iteraciones	10000
Número de entradas	7
Número de salidas	1
Tipo de muestreo	Latino Hipercúbico
Tiempo de inicio de simulación	18/12/2018 13:06
Duración de simulación	00:01:32
Generador de # aleatorio	Mersenne Twister
Semilla aleatoria	843882429

### Estadísticos resumen para Costo total del proyecto

Estadísticos	Percentil
Mínimo	5% 39,355
Máximo	10% 39,570
Media	15% 39,745
Dev Est	20% 39,882
Varianza	25% 40,012
Indice de sesgo	30% 40,135
Curtosis	35% 40,252
Mediana	40% 40,371
Moda	45% 40,489
X izquierda	50% 40,600
P izquierda	55% 40,715
X derecha	60% 40,829
P derecha	65% 40,940
Diff X	70% 41,077
Diff P	75% 41,213
#Errores	80% 41,375
Filtro mín	85% 41,558
Filtro máx	90% 41,778
#Filtrado	95% 42,099








### Cambio en la estadística de salida de Costo total del

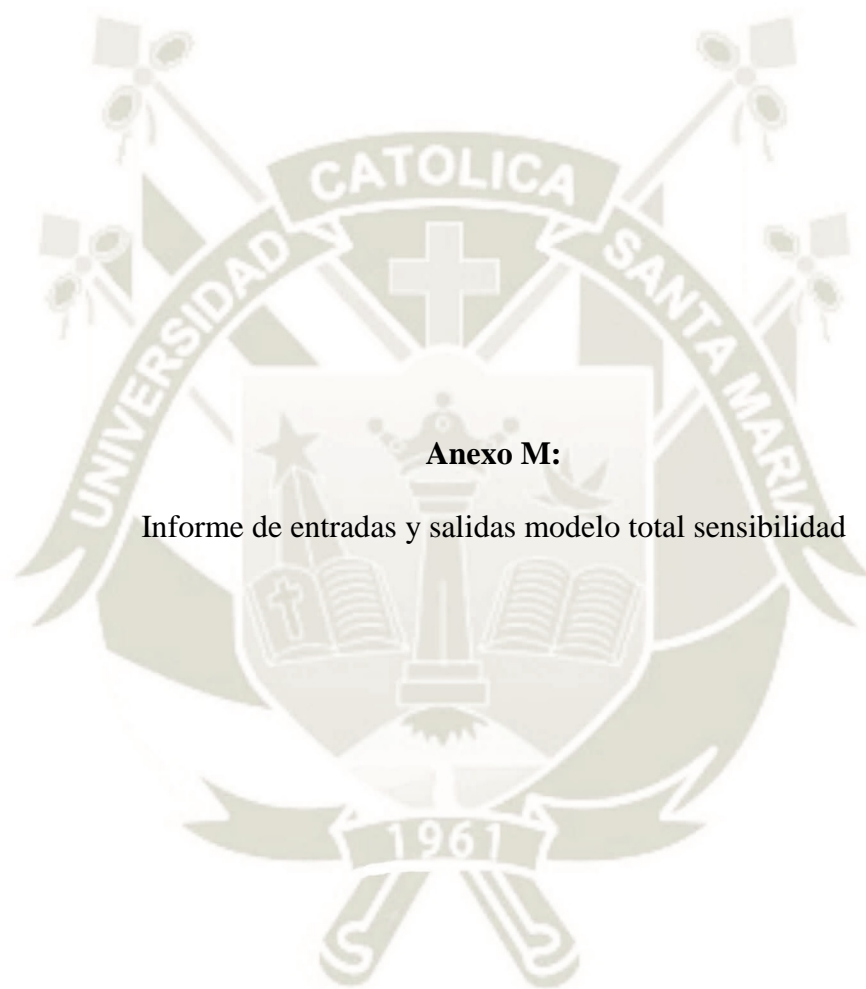
Jerarquía	Nombre	Inferior	Superior
1	Carpeta asfáltica en 39,459	42,056	
2	Gastos generales / 40,134	41,277	
3	Riego de liga con as 40,561	40,707	
4	Demolición de pavim 40,576	40,721	
5	Carguío y eliminació 40,583	40,692	
6	Limpieza de superfi 40,592	40,680	
7	Imprimación bitumi 40,591	40,678	

### Entradas de modelo @RISK

Ejecutado por: Jose Carlos

Fecha: martes, 18 de Diciembre de 2018 13:09:26

Nombre	Celda	Gráfico	Función	Mín	Media	Máx
<b>Categoría: Carguio y eliminación de material excedente</b>						
Carguio y eliminación de material excedente / Muestreado	J4		RiskPert(G4;H4;I4)	312	355	433.3
<b>Categoría: Carpeta asfáltica en caliente de 2"</b>						
Carpeta asfáltica en caliente de 2" / Muestreado	J8		RiskPert(G8;H8;I8)	26461.68	28086.52	30639.84
<b>Categoría: Demolición de pavimento asfáltico de 2"</b>						
Demolición de pavimento asfáltico de 2" / Muestreado	J3		RiskPert(G3;H3;I3)	1,670	1,773	1934.24
<b>Categoría: Gastos generales</b>						
Gastos generales / Muestreado	J9		RiskPert(G9;H9;I9)	4,727	5,384	6565.487
<b>Categoría: Imprimación bituminosa INC/Arenado</b>						
Imprimación bituminosa INC/Arenado / Muestreado	J5		RiskPert(G5;H5;I5)	3,383	3,531	3560.53
<b>Categoría: Limpieza de superficie a tratar</b>						
Limpieza de superficie a tratar / Muestreado	J6		RiskPert(G6;H6;I6)	141	154	185.9
<b>Categoría: Riego de liga con asfalto diluido RC-250</b>						
Riego de liga con asfalto diluido RC-250 / Muestreado	J7		RiskPert(G7;H7;I7)	1,280	1,358	1481.953



**Anexo M:**

Informe de entradas y salidas modelo total sensibilidad




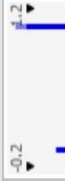






### Entradas de modelo @RISK

Ejecutado por: Jose Carlos

Fecha: martes, 18 de Diciembre de 2018 15:26:59

Nombre	Celda	Gráfico	Función	Min	Media	Máx
Categoría: Arrastre de material rocoso y obstrucción.						
Arrastre de material rocoso y obstrucción. / Ocurre	D6		RiskBinomial(1;C6)	0	0.25	1
Categoría: Colapso por inundación de la superestructura.						
Colapso por inundación de la superestructura. / Ocurre	D4		RiskBinomial(1;C4)	0	0.72	1
Categoría: Fallas de infiltración en el estribo este.						
Fallas de infiltración en el estribo este. / Ocurre	D5		RiskBinomial(1;C5)	0	0.5	1
Categoría: Obras de mejoramiento en la superestructura.						
Obras de mejoramiento en la superestructura. / Ocurre	D7		RiskBinomial(1;C7)	0	0.22	1