

# ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES



## PROYECTO: TERMINAL PORTUARIO PUCUSANA

UBICACIÓN : PUCUSANA  
DISTRITO : PUCUSANA  
PROVINCIA : LIMA  
DEPARTAMENTO : LIMA

Solicitante: NAVINSAN S.A.



Índice de Contenido

I. ASPECTOS GENERALES ..... 8

1.1. Antecedentes..... 8

1.2. Objetivo..... 8

1.2.1. Objetivo General..... 8

1.2.2. Objetivo Específicos..... 9

1.3. Importancia ..... 9

1.4. Marco Legal ..... 10

1.5. Situación General ..... 10

1.5.1. Descripción de la Zona ..... 11

1.5.2. Ubicación Política..... 11

1.5.3. Localización Política ..... 12

1.5.4. Acceso a la zona de Estudio ..... 12

1.5.5. Actores Involucrados ..... 14

II. CARACTERÍSTICAS GENERALES ..... 14

2.1. Características de la Población ..... 14

2.1.1. Demografía..... 14

2.1.2. Educación ..... 14

2.1.3. Salud..... 14

2.1.4. Economía y pobreza ..... 15

2.1.5. Población del AESD dedicada a la pesca..... 15

2.1.6. Ingresos económicos por la actividad de la Pesca ..... 15

2.1.7. Comercio ..... 16

2.1.8. Vivienda, servicios básicos y públicos ..... 16

2.2. Clima ..... 17

2.3. Fisiografía y relieve..... 17

2.4. Hidrología Oceanografía ..... 17

2.5. Oceanografía Física ..... 18

2.6. Hidrogeología ..... 19

2.7. Mecánica de suelo y Geotecnia ..... 19

2.8. Pendiente del terreno ..... 21

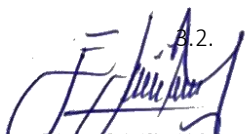
2.9. Unidades Geomorfológicas..... 24

2.10. Unidades Geológicas ..... 26

III. DETERMINACIÓN DEL PELIGRO ..... 29

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS ..... 29

3.2. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO POR SISMO ..... 30



RANULFO EDUARDO  
AGUIERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

## Estudio de Evaluación de Riesgos de Desastres del Proyecto Terminal Portuario Pucusana

3.2.1.	Caracterización de los Sismos.....	30
3.2.2.	Metodología .....	50
3.2.3.	Ponderación de los Parámetros de evaluación .....	50
3.2.3.1.	Pesos ponderados de los parámetros de evaluación del peligro por Sismo .....	50
3.2.4.	Susceptibilidad del Territorio ante Sismos.....	53
3.2.5.	Definición de Escenario por Sismo .....	61
3.2.6.	Niveles de Peligro por Sismo .....	62
3.3.	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO POR TSUNAMI .....	65
3.3.1.	Caracterización del Tsunami.....	65
3.4.	Elementos Expuestos .....	88
3.4.1.	Elementos expuestos susceptibles al fenómeno natural .....	88
IV.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE EL FENÓMENO DE SISMOS .....	90
4.1.	ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL .....	90
4.1.1.	Análisis de la exposición en la dimensión social de la vulnerabilidad.....	90
4.1.2.	Análisis de la fragilidad en la dimensión social de la vulnerabilidad.....	91
4.1.3.	Análisis de los parámetros del factor fragilidad en la dimensión social .....	95
4.1.4.	Análisis de la resiliencia en la dimensión social de la vulnerabilidad.....	96
4.2.	ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA.....	100
4.2.1.	Análisis de la exposición en la dimensión económica de la vulnerabilidad.....	101
4.2.2.	Análisis de la fragilidad en la dimensión económica de la vulnerabilidad.....	102
4.2.3.	Análisis de la Resiliencia en la dimensión económica de la vulnerabilidad .....	106
4.2.4.	Análisis de los parámetros del factor Resiliencia de la dimensión económica.....	109
4.3.	Nivel de Vulnerabilidad .....	115
4.4.	Estratificación de la Vulnerabilidad.....	116
V.	RIESGOS .....	118
VI.	CONTROL DEL RIESGO .....	128
VII.	GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES .....	134
7.1.1.	Medidas No estructurales del Riesgo por Sismo .....	134
7.2.	Recomendaciones del Riesgo por Tsunami .....	135
7.2.1.	Medidas estructurales del Riesgo por Tsunami.....	135
7.2.2.	Medidas No estructurales del Riesgo por Tsunami .....	135
VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	135
8.1.	Conclusiones .....	135
8.2.	Recomendaciones.....	136
IX.	BIBLIOGRAFÍA .....	136

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BÉRROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Índice de Tablas

Tabla N° 1. Calicatas del Estudio de Mecánica de suelos y Geotecnia..... 19

Tabla N° 2 Capacidad y Asentamiento..... 21

Tabla N° 3 Parámetros para Obras de Sostenimiento ..... 21

Tabla 4. Rango de Pendientes..... 22

Tabla 5. Parámetros sismológicos de las fuentes sismogénicas..... 48

Tabla 6. Para la ponderación de parámetros y descriptores desarrollada por Saaty..... 51

Tabla 7. Matriz de comparación de pares del parámetro del Evaluación Magnitud del Sismo..... 52

Tabla 8. Matriz de normalización de pares del parámetro del Evaluación Magnitud del Sismo ..... 52

Tabla 9. Índice y relación de consistencia ..... 52

Tabla 10. Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad ..... 53

Tabla 11. Descripción de los Factores Condicionantes..... 53

Tabla 12. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes..... 54

Tabla 13. Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes..... 54

Tabla 14. Índice y relación de consistencia ..... 54

Tabla 15 Matriz de comparación de pares del parámetro unidades Geológicas ..... 55

Tabla 16. Matriz de normalización de pares del parámetro unidades Geológicas..... 55

Tabla 17. Índice y relación de consistencia ..... 55

Tabla 18. Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente ..... 56

Tabla 19. Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente..... 56

Tabla 20. Índice y relación de consistencia ..... 56

Tabla 21 Matriz de comparación de pares del parámetro unidades geomorfología ..... 57

Tabla 22. Matriz de normalización de pares del parámetro unidades geomorfología ..... 57

Tabla 23. Índice y relación de consistencia ..... 57

Tabla 24. Matriz de comparación de pares del parámetro Intensidad sísmica ..... 58

Tabla 25. Matriz de normalización de pares del parámetro Intensidad sísmica ..... 59

Tabla 26. Índice y relación de consistencia ..... 60

Tabla 27. Cálculo de matriz de ponderación de Peligros por Sismo ..... 62

Tabla 28. Niveles de Peligro ..... 62

Tabla 29. Matriz de Estratificación del Peligro por Sismo..... 62

Tabla 30. Matriz de comparación de pares del Parámetro de Grado de Tsunami ..... 73

Tabla 31. Matriz de comparación de pares del Parámetro de Grado de Tsunami..... 74

Tabla 32. Índice y relación de consistencia del Parámetro de Grado de Tsunami ..... 74

Tabla 33. Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad ..... 75

Tabla 34. Descripción de los Factores Condicionantes..... 75

Tabla 35. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes..... 76

Tabla 36. Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes..... 76

Tabla 37. Índice y relación de consistencia ..... 76

Tabla 38. Matriz de comparación de pares del factor condicionante de Unidades Geomorfológica ..... 77

Tabla 39. Matriz de normalización de pares del factor condicionante Unidades Geomorfológicas ..... 77

Tabla 40. Índice y relación de consistencia del factor condicionante de Unidades Geomorfológicas ..... 78

Tabla 41. Rango de Pendientes..... 78

Tabla 42. Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente ..... 79

Tabla 43. Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente..... 79

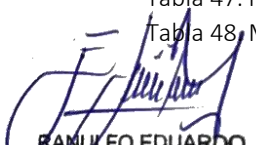
Tabla 44. Índice y relación de consistencia del parámetro pendiente..... 79

Tabla 45 Matriz de comparación de pares del parámetro altitud sobre el nivel del mar ..... 80

Tabla 46. Matriz de normalización de pares del parámetro altitud sobre el nivel del mar ..... 81

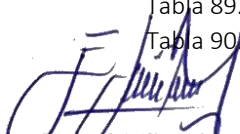
Tabla 47. Índice y relación de consistencia del parámetro altitud sobre el nivel del mar ..... 81

Tabla 48. Matriz de comparación de pares del parámetro Intensidad sísmica ..... 81

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

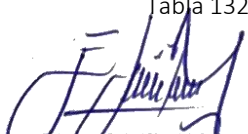
  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Tabla 49. Matriz de normalización de pares del parámetro magnitud de sismo .....	82
Tabla 50. Índice y relación de consistencia de magnitud de sismo.....	83
Tabla 51. Cálculo de matriz de ponderación de Peligros por Tsunami .....	85
Tabla 52. Niveles de Peligro por Tsunami.....	85
Tabla 53. Matriz de Estratificación del Peligro por Tsunami .....	85
Tabla 54. Parámetros para utilizar en los factores exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión social... 90	
Tabla 55. Matriz de comparación de pares del parámetro Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario .....	90
Tabla 56. Matriz de normalización del parámetro Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario... 91	
Tabla 57. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro.....	91
Tabla 58. Matriz de comparación de pares del parámetro Nivel de Organización .....	91
Tabla 59. Matriz de normalización del parámetro Nivel de Organización.....	92
Tabla 60. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Nivel de Organización.....	92
Tabla 61. Matriz de comparación de pares del parámetro Calidad del Servicio .....	92
Tabla 62. Matriz de normalización del parámetro Calidad del Servicio.....	93
Tabla 63. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro de Calidad del Servicio .....	93
Tabla 64. Matriz de comparación de pares del parámetro tipo: Grupo de Edades .....	93
Tabla 65. Matriz de normalización del parámetro tipo: Grupo de Edades.....	94
Tabla 66. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro de tipo: Grupo de Edades .....	94
Tabla 67. Matriz de comparación de pares de los parámetros del factor fragilidad.....	95
Tabla 68. Matriz de normalización de los parámetros del factor fragilidad .....	95
Tabla 69. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros de la fragilidad social.....	95
Tabla 70. Matriz de comparación del parámetro Población aplica conservación del sistema portuario.....	96
Tabla 71. Matriz de normalización del parámetro Población aplica conservación del sistema portuario .....	96
Tabla 72. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Población aplica conservación del sistema portuario.....	97
Tabla 73. Matriz de comparación del parámetro Nivel de seguridad y protección del trabajador.....	97
Tabla 74. Matriz de normalización del parámetro Nivel de seguridad y protección del trabajador.....	97
Tabla 75. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Nivel de seguridad y protección del trabajador .....	98
Tabla 76. Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres .....	98
Tabla 77. Matriz de normalización del parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres .....	98
Tabla 78. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres .....	99
Tabla 79. Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión social .....	99
Tabla 80. Matriz de normalización de los parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión social .....	100
Tabla 81. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC para los parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión social.....	100
Tabla 82. Parámetros de dimensión económica .....	100
Tabla 83. Matriz de comparación de pares del parámetro Superficie del área Portuaria .....	101
Tabla 84. Matriz de normalización del parámetro Superficie del área Portuaria.....	101
Tabla 85. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Superficie del área Portuaria .....	101
Tabla 86. Matriz de comparación de pares del parámetro Antigüedad de la infraestructura .....	102
Tabla 87. Matriz de normalización del parámetro Antigüedad de la infraestructura .....	102
Tabla 88. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Antigüedad de la infraestructura ....	102
Tabla 89. Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de Material .....	103
Tabla 90. Matriz de normalización del parámetro Tipo de Material.....	103

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUIERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BÉRRICAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Tabla 91. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Tipo de Material .....	103
Tabla 92. Matriz de comparación de pares del parámetro Configuración Estructural .....	104
Tabla 93. Matriz de normalización del parámetro Configuración Estructural.....	104
Tabla 94. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Configuración Estructural.....	105
Tabla 95. Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económica.....	105
Tabla 96. Matriz de normalización de los parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económica.....	106
Tabla 97. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros del factor fragilidad de la dimensión económica.....	106
Tabla 98. Matriz de comparación de pares del parámetro Estado de obra de protección .....	106
Tabla 99. Matriz de normalización del parámetro Estado de obra de protección .....	107
Tabla 100. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Estado de obra de protección .....	107
Tabla 101. Matriz de comparación de pares del parámetro Mantenimiento de la Obra .....	107
Tabla 102. Matriz de normalización del parámetro Mantenimiento de la Obra.....	108
Tabla 103. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Mantenimiento de la Obra.....	108
Tabla 104. Matriz de comparación de pares del parámetro Cumplimiento con la norma de edificación .....	108
Tabla 105. Matriz de normalización del parámetro Cumplimiento con la norma de edificación.....	109
Tabla 106. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Cumplimiento con la norma de edificación .....	109
Tabla 107. Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor Resiliencia de la dimensión económica .....	109
Tabla 108. Matriz de normalización de los parámetros utilizados en el factor Resiliencia de la dimensión económica.....	110
Tabla 109. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros del factor resiliencia de la dimensión económica .....	110
Tabla 110. Matriz de vulnerabilidad .....	115
Tabla 111. Niveles de vulnerabilidad .....	115
Tabla 112. Estratificación de la Vulnerabilidad por Sismos .....	116
Tabla 113. Niveles del riesgo por Sismos.....	120
Tabla 114. Estratificación del nivel de riesgo por Sismo.....	120
Tabla 115. Matriz de riesgos-Textual.....	124
Tabla 116. Matriz de Riesgo .....	124
Tabla 117. Niveles del riesgo por Tsunami .....	124
Tabla 118. Estratificación del nivel de riesgo por Tsunami.....	125
Tabla 119. Matriz de riesgos-Textual.....	128
Tabla 120. Matriz de Riesgo .....	128
Tabla 121. Valoración de consecuencias .....	129
Tabla 122. Valoración de la frecuencia de ocurrencia .....	129
Tabla 123. Nivel de consecuencia y daños .....	130
Tabla 124. Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia .....	130
Tabla 125. Matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia .....	130
Tabla 126. Prioridad de Intervención .....	131
Tabla 127. Valoración de consecuencias .....	131
Tabla 128. Valoración de la frecuencia de ocurrencia .....	132
Tabla 129. Nivel de consecuencia y daños .....	132
Tabla 130. Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia .....	132
Tabla 131. Matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia .....	133
Tabla 132. Prioridad de Intervención .....	133



**RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ**  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



Índice de Figura

Figura N°- 1. Macro Localización del Proyecto ..... 11

Figura N°- 2. Mapa de Ubicación del Proyecto..... 12

Figura N°- 3. Acceso a la Zona de Estudio Pucusana..... 13

Figura N°- 4. Oceanografía Física ..... 18

Figura N°- 5. Mapa de Pendientes ..... 23

Figura N°- 6 Mapa de Unidades Geomorfológicas ..... 25

Figura N°- 7 Mapa de Unidades Geológicas ..... 28

Figura N°- 8 Clasificación de los Peligros ..... 29

Figura N°- 9 Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2017 ..... 32

Figura N°- 10 Esquema que muestra la geometría de la subducción y la ubicación de las principales fuentes sismogénicas en la parte norte - centro del Perú. .... 33

Figura N°- 11 Esquema sismotectónico en superficie y distribución de los principales sistemas de fallas geológicas en Perú..... 34

Figura N°- 12 Mapa epicentral de grandes sismos históricos ocurridos en Perú, periodo 1500 a 2014 ..... 36

Figura N°- 13 Principales Sismos ocurridos entre 1900 y 2016 en la zona de subducción de la placa de nazca..... 37

Figura N°- 14 Mapa de distribución de Isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años..... 39

Figura N°- 15. Mapa de intensidades sísmicas máximas en la escala de Mercalli Modificada para sismos históricos ocurridos entre los años 1400 y 1900 ..... 41

Figura N°- 16 Mapa de intensidades sísmicas máximas en la escala de Mercalli Modificada para sismos históricos ocurridos entre los años 1901 y 1960 ..... 42

Figura N°- 17 Mapa de intensidades sísmicas máximas en la escala de Mercalli Modificada para sismos históricos ocurridos entre los años 1960 y 2014 ..... 43

Figura N°- 18 Mapa de periodos de retorno local para las principales asperezas identificadas en el borde occidental de Perú obtenido a partir de la variación espacial del valor de "b" y la metodología propuesta por Wiemer y Zúñiga (1994), (Condori y Tavera, 2012) ..... 45

Figura N°- 19 Esquema que muestra la convergencia de placas en el borde occidental del Perú y proceso de generación de sismos y tsunamis. La línea roja representa a la aspereza y/o zona de acoplamiento sísmico. El proceso de subducción deforma el borde continental..... 46

Figura N°- 20. A) Sismos históricos en el borde occidental de Perú (Sladen et al., 2010). B) Modelo de déficit de deslizamiento en Perú y Chile. C) Distribución del vector deslizamiento obtenido al combinar la tasa de déficit de deslizamiento (B) con un período intersísmico de 265 años correspondiente al terremoto de 1746 (Pulido et al, 2012)..... 47

Figura N°- 21 Fuentes Sismogénicas superficiales - interface ..... 49

Figura N°- 22 Flujograma general del proceso de análisis de información..... 50

Figura N°- 23. Mapa de Intensidades Sísmicas..... 61

Figura N°- 24. Mapa de Peligro por Sismos ..... 64

Figura N°- 25. Esquema de las ondas producidas por un tsunami en su llegada a la costa, mostrando su amplitud y longitud de onda ..... 66

Figura N°- 26. Fases de un tsunami ..... 67

Figura N°- 27. Esquema diferencia entre olas de viento y tsunami..... 68

Figura N°- 28. Relación entre profundidad, velocidad y longitud de onda de un tsunami ..... 69

Figura N°- 29. Mapa de Peligro por Tsunami ..... 87

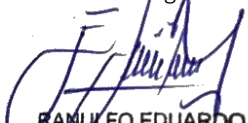
Figura N°- 30. Mapa de Elementos Expuestos ..... 89

Figura N°- 31. Mapa de Vulnerabilidad..... 117

Figura N°- 32.. Flujograma para estimar los niveles del riesgo..... 118

Figura N°- 33. Mapa de Riesgos Por Sismos ..... 123

Figura N°- 34. Mapa de Riesgos por Tsunami..... 127

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES DEL PROYECTO TERMINAL PORTUARIO  
PUCUSANA

I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Antecedentes

NAVISAN S.A. (en adelante, "NAVISAN"), contempla desarrollar un Terminal Portuario en Pucusana (en adelante TPP) en la zona denominada Grano de Oro, el proyecto comprende la construcción de un (1) muelle, un (1) rompeolas, áreas de respaldo principal y complementaria, accesos, y componentes auxiliares.

NAVISAN, cuenta Viabilidad Técnica Portuaria Definitiva otorgada por la Autoridad Portuario Nacional (APN), y con reserva del derecho de uso de área acuática otorgada por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI) en un área de 800 753.21 m<sup>2</sup>.

Para lograr la instalación de muelle y área de respaldo será necesario la conformación de terraplenes con material de préstamo proveniente de las zonas de corte por la habilitación de las áreas de respaldo complementarias y accesos. Dada la condición de la zona acuática sólo será necesario una pequeña fracción de dragado que se realizará desde tierra y durarán sólo un mes.

Durante la etapa operativa el TPP espera atender al menos un (1) millón de toneladas de carga anual en su punto de equilibrio las que se incrementará hasta tres (3) millones de toneladas de carga anual. Durante la etapa de operación las embarcaciones de pesca artesanal tendrán libre tránsito, con excepción de los días que se reciban las naves, ya que espera recibir sólo entre tres (3) a cuatro (4) naves al mes, para atender la carga recibida se espera tener camiones entre 20 a 30Ton.

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo General

Elaborar el Estudio de Evaluación de Riesgo de desastres al que se encuentra expuesta el área de estudio que enmarca el proyecto Portuario Pucusana, ubicado en la Provincia de Lima, departamento de Lima, distrito de Pucusana, al fin de determinar el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo para proponer medidas estructurales y no estructurales que minimicen el riesgo. Así como reducir el riesgo de la población usuaria e infraestructura, en cumplimiento

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres–SINAGERD y su reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 048–2011–PCM.

#### 1.2.2. Objetivo Específicos

- Identificar y analizar los peligros de origen natural con mayor probabilidad de ocurrencia en el área de estudio que enmarca en el Terminal Portuario Pucusana del distrito de Pucusana, provincia de Lima, departamento de Lima.
- Identificar y analizar las condiciones de vulnerabilidad, teniendo en cuenta la fragilidad, exposición y resiliencia social y económica que se encuentra en el área de estudio, frente a los peligros por Sismo y Tsunami.
- Identificar los distintos riesgos naturales del área de estudio que enmarca el Terminal Portuario Pucusana, para plantear medidas de prevención con el fin de reducir el riesgo de desastre, logrando la sostenibilidad del proyecto.
- Desarrollar la evaluación de riesgos como un informe del tipo semicuantitativo.
- Recomendar medidas de control del riesgo.

#### 1.3. Importancia

- Contribuye con un documento técnico para que la autoridad correspondiente adopte las medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres en el marco de lo estipulado según la normativa vigente.
- Permite adoptar medidas preventivas y de mitigación/reducción de desastres, parámetros fundamentales en la Gestión de los Desastres, a partir de la identificación de peligros de origen natural y del análisis de la vulnerabilidad.
- Contribuye en la cuantificación del nivel de daño y los costos sociales y económicos del sistema de agua potable, Portuario y de tratamiento de aguas residuales frente a un peligro potencial.
- Proporciona una base para la planificación de las medidas de prevención específica, reduciendo la vulnerabilidad.
- Constituye un elemento de juicio fundamental para el diseño y adopción de medidas de prevención específica, como la preparación/educación de la población para una respuesta adecuada durante una emergencia y crear una cultura de prevención.

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

- Permite racionalizar los potenciales humanos y los recursos financieros, en la prevención y atención de los desastres.
- Constituye una garantía para la inversión en los casos de proyectos específicos de desarrollo.

#### 1.4. Marco Legal

- Ley N°27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.
- Ley N° 29664, Ley que se crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).
- Ley N°29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable.
- Decreto Supremo N°048-2011-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N°29664 que crea el SINAGERD.
- Decreto Supremo N°115-2013-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para las zonas de muy Alto Riesgo no Mitigable.
- Decreto Supremo N° 034-2014-PCM, que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - PLANAGERD.
- Resolución Ministerial N°334-2012-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres”.
- Resolución Ministerial N° 046-2013-PCM, que aprueba la Directiva N° 001-2013-PCM/SINAGERD – “Lineamientos que definen el Marco de Responsabilidades en Gestión de Riesgo de Desastres en las entidades del Estado en los tres niveles de Gobierno”.
- Resolución Ministerial N°222-2013-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres”.
- Resolución Ministerial N°147-2016-PCM, que aprueba los “Lineamientos para la implementación del Proceso de Reconstrucción”.
- Directiva N°001-2018-CENEPRED/J “Procedimientos para la Formación y la Acreditación de Evaluadores del Riesgo Originados por Fenómenos Naturales”



RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

1.5. Situación General

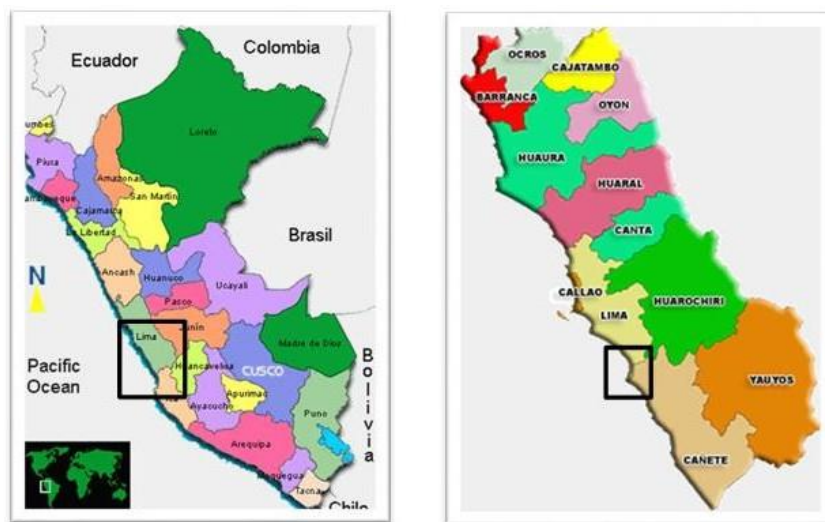
1.5.1. Descripción de la Zona

El Terminal Portuario Pucusana se encuentra ubicado en la bahía Grano de Oro, departamento de Lima, provincia de Lima, distrito de Pucusana, a 60 km al sur de Lima.

1.5.2. Ubicación Política

- Departamento : Lima
- Región : Lima
- Provincia : Lima
- Distrito : Pucusana

Figura N°- 1. Macro Localización del Proyecto

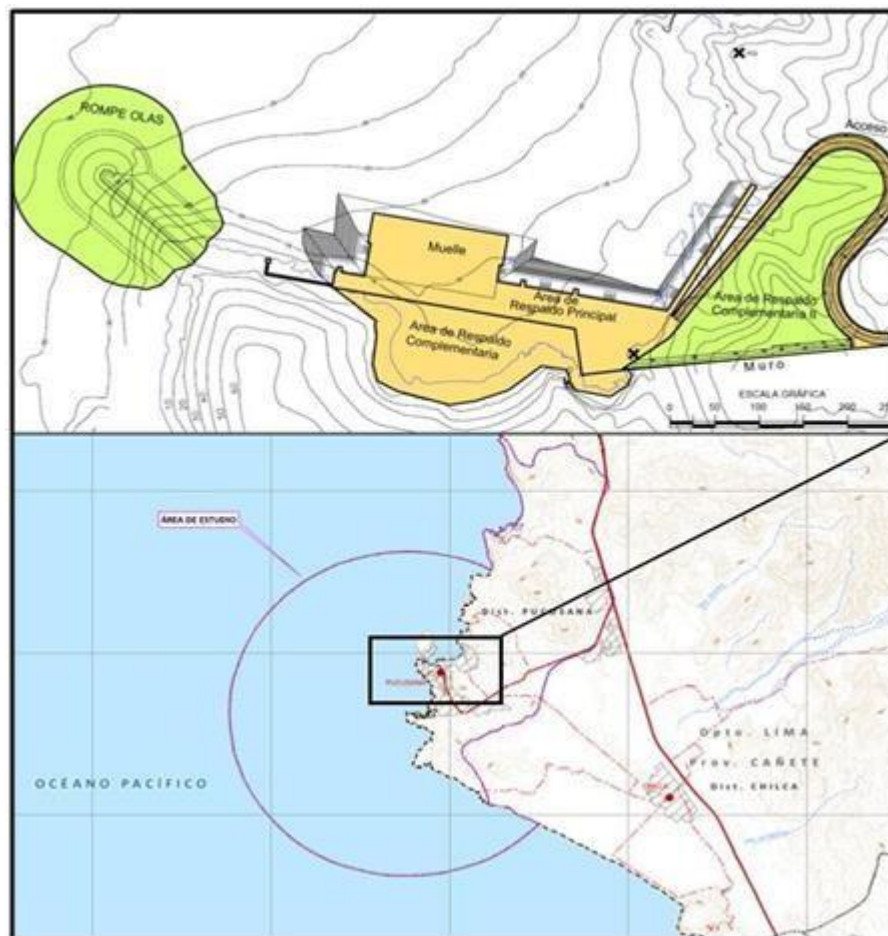


Fuente: NAVISAN S.A.

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 2. Mapa de Ubicación del Proyecto



Fuente: NAVISAN S.A.

### 1.5.3. Localización Política

Los límites políticos del área de Influencia:

- Por el Norte : Distrito de Pucusana
- Por el Sur : CNOIS – Base de la Fuerza Aérea del Perú
- Por el Este : AA.HH. Nueva esperanza y Virgen de las Mercedes
- Por el Oeste: Océano Pacífico

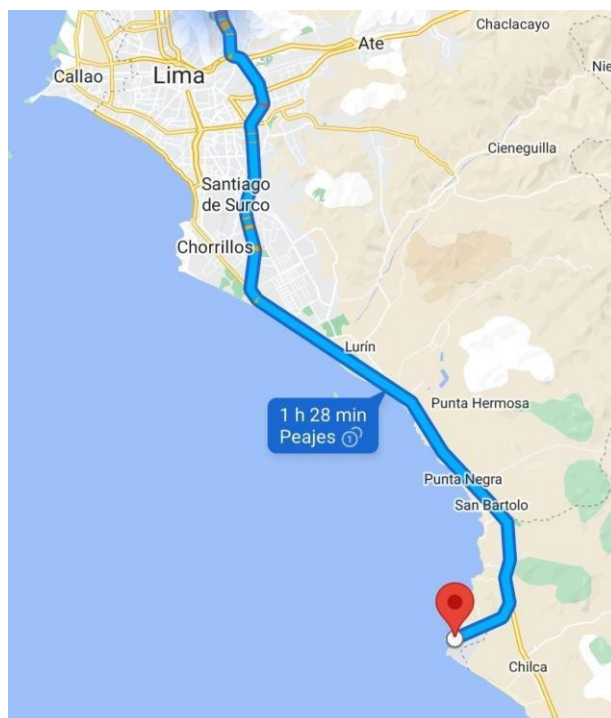
### 1.5.4. Acceso a la zona de Estudio

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

El acceso al área de Estudio por vía terrestre es desde la Carretera Panamericana Norte 1N (82.35 Km) hacia la ruta LM-674 (1.3 Km) comuna duración aproximada de 1 hora con 45 minutos.

Figura N°- 3. Acceso a la Zona de Estudio Pucusana



Fuente: Adaptado de Google Maps

  
**RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ**  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

#### 1.5.5. Actores Involucrados

Los actores involucrados son: Municipalidad Distrital de Pucusana, INDECI, empresas prestadoras de servicios, Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales y personal técnico involucrado en temas de gestión de riesgos de desastres.

## II. CARACTERÍSTICAS GENERALES

### 2.1. Características de la Población

La data que se consigna a continuación ha sido descargada del Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de desastres y Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Nativas-INEI.

#### 2.1.1. Demografía

La población del AESD (Nueva Esperanza, Puerto Esperanza y Virgen de las Mercedes) en contraste con el distrito de Pucusana y la provincia de Lima es bastante pequeña (471 habitantes), a razón de ser una población migrante que ha ocupado un terreno que pertenece a la Superintendencia de Bienes Nacionales (SBN).

El AESD está conformada por población joven, quienes a través de invasiones han logrado habitar Pucusana. La distribución de esta población por edades decanales permite identificar que existe un grupo de edad predominante conformado por habitantes entre los 0 a 9 años (26.75 %), seguido del grupo poblacional de 20 a 29 años (20.59 %).

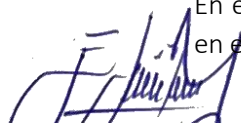
A pesar de presentarse movimientos migratorios, en los últimos 5 años, se puede decir que la población está conformada fundamentalmente por pobladores no nacidos dentro del AESD que representa al 87.50 %, existe también el 12.50 % de la población que si nació en los asentamientos poblacionales de estudio.

#### 2.1.2. Educación

En el AESD, no se han identificado instituciones educativas públicas o privadas. La asistencia de la población en edad escolar se realiza a instituciones ubicadas en el distrito de Pucusana. Según el estudio cuantitativo, en relación con el nivel educativo, el secundario es el de mayor porcentaje (53.13 %), seguido del nivel primario (28.31 %), el inicial (7.42 %), y el superior técnico (5.34 %). Se puede indicar que el analfabetismo en el AESD es mínimo, evidenciando que el 2.94 % de la población no sabe leer ni escribir.

#### 2.1.3. Salud

En el AESD no existen establecimientos de salud públicos o privados. La población se atiende en el Centro de Salud Pucusana y el Centro de Salud Benjamín Doig.

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



El estudio cuantitativo indagó acerca de la morbilidad entre la población del AESD. Los resultados son que el 54.9 % de la población manifestó alguna Infección Respiratoria Aguda (IRA), seguido de un 8.40 % que hace mención de alguna Enfermedad Diarreica Aguda (EDA). Las estadísticas del uso del SIS son de 63.48 %, asimismo no cuentan con ningún tipo de seguro el 25.48 %.

#### 2.1.4. Economía y pobreza

Los siguientes resultados son parte del estudio cuantitativo. La PET en el AESD está compuesta por un 47.73 % de hombres y 52.27 % de mujeres. Por otro lado, la PEA Remunerada está compuesta por un 66.55 % de esta PET, correspondiendo el 40.90 % al hombre y el 25.65 % a la mujer. Finalmente, el 2.60 % de la población del AESD está en situación de desempleo.

Las principales actividades económico-productivas propias del AESD son la pesca (30.73 %), seguida del "Transporte, almacén y comunicaciones"<sup>5</sup> (11.22 %), "Otras actividades de servicios comunitarios sociales y personales"<sup>6</sup> (10.24 %) y el comercio por menor (9.76 %).

#### 2.1.5. Población del AESD dedicada a la pesca

El estudio cuantitativo concluye que, en el AESD un 38.09 %, 21.43 % y 25.00 %, se dedican a la actividad pesquera, en Nueva Esperanza, Puerto Esperanza, y Virgen de las Mercedes, respectivamente. Existen dos tipos de pescador: embarcado y no embarcado. El tipo de pescador que se encuentra en el AESD con mayor representatividad es del tipo embarcado (95.56 %). Durante el estudio cualitativo, se pudo identificar que los pescadores del AESD, tienen diferentes actividades o funciones, tales como: Pescador de orilla, buzo, Armador, patrón y tripulante.

#### 2.1.6. Ingresos económicos por la actividad de la Pesca

Según los resultados del estudio cualitativo-los pescadores pueden tener un ingreso mensual de S/ 2000 a S/ 4000 soles en temporada alta, pero en temporada baja éste decrece entre S/ 900 a S/ 2400.00.

Es decir, no existe un monto exacto, pues especies con distintos precios, como por ejemplo el kilo de "pota" cuesta aproximadamente, S/ 10.00 en temporada alta, pero este precio puede variar a S/ 1 a S/ 0.50, en temporada baja. Asimismo, los ingresos dependen de la especie, como el caso de la "cabrilla", especie que genera mayores ingresos, pues el kilo tiene un precio de S/ 15.00.

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

#### 2.1.7. Comercio

En el AESD, se pueden observar viviendas que dedican una parte de sus ambientes para un pequeño negocio. Según los hallazgos del estudio cuantitativo el 3.68 % de los encuestados cuenta con una bodega en su vivienda.

#### 2.1.8. Vivienda, servicios básicos y públicos

La principal fuente de agua en población del AESD, es el camión cisterna. El acceso al agua es restringido por su alto costo, según el estudio cualitativo, el costo del agua es de S/ 8.00 soles el cilindro en época de verano y S/ 7.00 soles en época de invierno. El 45.59 % de los asentamientos poblaciones no cuentan con servicios higiénicos. El 90.44 % de la población del AESD dispone de energía eléctrica dentro de su vivienda, y el 9.56 % no dispone de este servicio. Según los datos cuantitativos, el 96.32 % de la población del AESD señaló que la basura se dispone en un punto de acopio (contenedor).



RANULFO EDUARDO  
AGUIERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

## 2.2. Clima

Para la caracterización meteorológica y climática del Proyecto Terminal Portuario Pucusana se ha tomado en cuenta los registros de las estaciones meteorológicas: Pisco, Fonagro, Cañete, Manchay Bajo, Atocongo, Las Palmas, La Capilla 2, Aeropuerto Inter. Jorge Chávez, Ñaña, Antioquia, Modelo, Campo De Marte y Punta Lobos; las cuales fueron seleccionadas por su proximidad al área de estudio (AE) del Proyecto.

## 2.3. Fisiografía y relieve

Las formas del relieve identificadas en el área de estudio se agruparon en tres conjuntos morfológicos para su mejor comprensión, tales como:



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental

## 2.4. Hidrología Oceanografía

El Niño/ Southern Oscillation es un fenómeno climático conocido como ENSO, caracterizado por presentar una temperatura del océano, estando directamente relacionado con las variaciones atmosféricas de precipitación, temperatura y vientos. EL ENSO va acumulando calor en las celdas de masa de aire durante su trayecto hacia las costas ecuatorianas<sup>4</sup> y peruanas, transfiriendo estas temperaturas (28 °C) y la humedad acumulada a la atmósfera tropical.

Contrario a este, surge el fenómeno de oscilación climática “La Niña”, que consiste en un enfriamiento del agua oceánica superficial con presencia de vientos con mayor intensidad y dirección de oeste a este, permitiendo concentrar las mayores temperaturas entre la zona noreste de Australia y sureste de Indonesia acumulando el aire seco a lo largo de la costa se Sudamérica en la zona atmosférica.

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

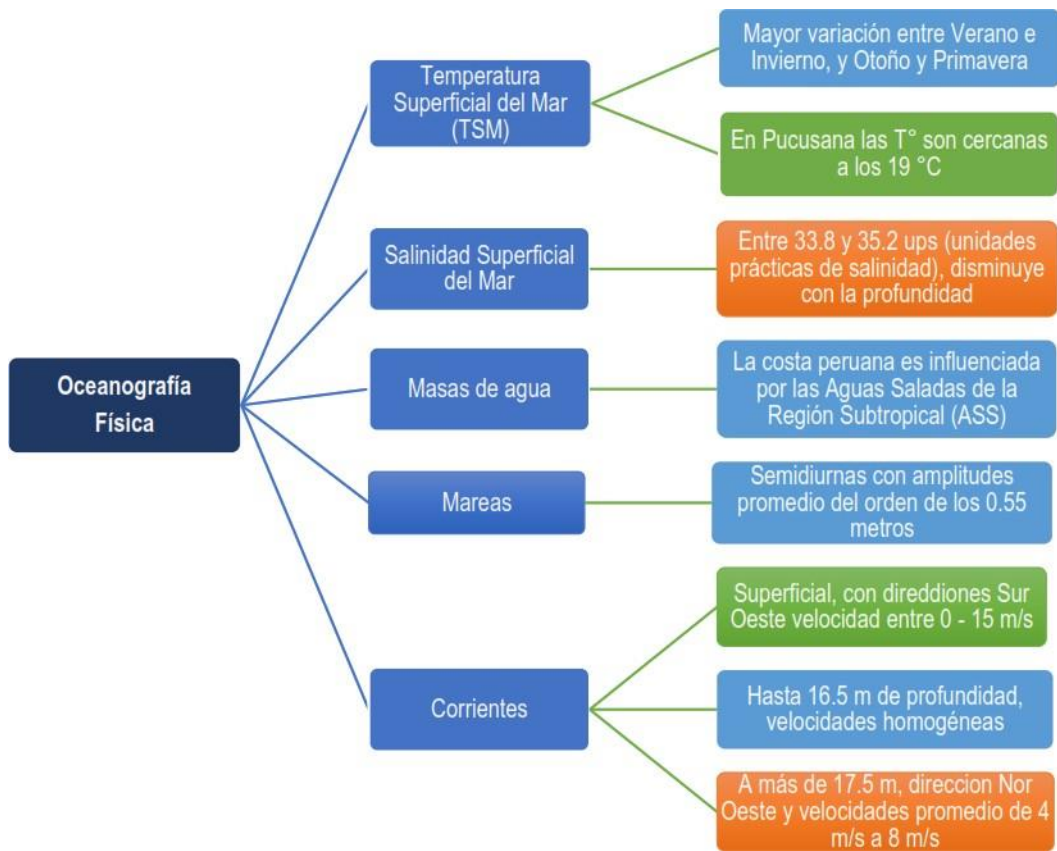
  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Al analizar la zona de Pucusana, se observa que durante condiciones El Niño, la bahía presenta temperaturas medias altas, mientras que en las condiciones normales la temperatura del océano disminuye hasta un nivel bajo, sin embargo, en condiciones La Niña, las temperaturas disminuyen mucho más hasta alcanzar temperaturas muy bajas comparadas con las temperaturas promedio presentes durante años de condiciones normales.

2.5. Oceanografía Física

La oceanografía física es una disciplina que analiza los fenómenos y variables físicas del océano como lo es la temperatura y conductividad en diferentes estratos de la columna de agua, también se realiza la descripción de otros aspectos más complejos como las corrientes, oleajes, mareas, etc. que permiten describir la relación que tienen con el comportamiento de los fenómenos geológicos, químicos y biológicos.

Figura N°- 4. Oceanografía Física



2.6. Hidrogeología

En el área de estudio afloran formaciones geológicas del cretácico, también se observan depósitos cuaternarios (eólicos) suprayaciendo a estas, en la parte media y norte del área de estudio, cabe resaltar que los depósitos eólicos al encontrarse suprayaciendo a rocas impermeables (formaciones del cretácico) y no encontrarse en una zona de recarga no forman acuíferos.

Se puede inferir con base en los estudios realizados, que las formaciones aflorantes al este del área de estudio (Formación Pamplona y Pucusana) forman parte del límite lateral del acuífero de Chilca (margen derecha del Valle del Chilca) por ser impermeables.

2.7. Mecánica de suelo y Geotecnia

De Acuerdo al estudio de mecánica de suelos se tiene los siguientes resultados

Tabla N° 1. Calicatas del Estudio de Mecánica de suelos y Geotecnia

	<p>CALICATA C-1</p> <p>0.00m 0.10m Se encontró material de cobertura arenosa de grano fino de color marrón claro con grava angulosa.</p> <p>0.10m – 0.60m Se encontró material rocoso fracturado de fácil rotura manual, se observa estratos horizontales, de color negro.</p> <p>0.60m a más Se encontró manto rocoso, de tipo sedentario de color negro.</p> <p>No se encontró presencia de aguas subterráneas.</p>
	<p>CALICATA C-2</p> <p>0.00m – 0.10m Se encontró material de cobertura arenosa de grano fino de color marrón claro con gravilla angulosa.</p> <p>0.10m – 0.65m Se encontró material rocoso fracturado de moderada rotura manual, se observa estratos horizontales, de color verde.</p> <p>0.65m a más Se encontró manto rocoso, de tipo sedentario de color verde.</p> <p>No se encontró presencia de aguas subterráneas.</p>

	<p>CALICATA C-3</p> <p>0.00m – 0.10m</p> <p>Se encontró material de cobertura arenosa de grano fino de color marrón claro con grava angular de hasta 2 pulgadas</p> <p>0.10m – 0.50m</p> <p>Se encontró material rocoso fracturado de moderada rotura manual, se observa estratos horizontales, de color rojizo.</p> <p>0.50m a más</p> <p>Se encontró manto rocoso, de tipo sedentario de color rojizo</p> <p>No se encontró presencia de aguas subterráneas</p>
---	---

Fuente: Estudio de Mecánica de suelo y Geotecnia

La evaluación de campo ha podido determinar el siguiente perfil:

- Se encontró una capa de material de cobertura superficial arenoso de grano fino, de color marrón claro, con presencia de grava angular de hasta 2 pulgadas aprox.
- Debajo de esta capa se encontró material rocoso de grado moderado de rotura, en capas horizontales, de diversos colores en la roca encontrándose de color verde, negro y rojo. Finalmente se encontró manto rocoso la cual no se puede romper con herramientas manuales.
- Según el sondeo geoelectrico el manto rocoso se proyectó a una profundidad de 100 m aprox.
- Para el nivel de desplante se deberá cimentar a 1.50 m por debajo del nuevo nivel obtenido luego de la nivelación del terreno.
- Para la capacidad portante se realizó los cálculos como zapata cuadrada y cimiento corrido, considerando como mejor elemento de soporte a la ZAPATA CUADRADA, por lo que se tiene el siguiente cuadro donde se indica las capacidades de carga para cada calicata evaluada.

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



Tabla N° 2 Capacidad y Asentamiento

Calicata	Capacidad	Asentamiento
C – 1	3.92	0.45
C – 2	4.77	0.45
C – 3	6.73	0.45

Fuente: Estudio de Mecánica de suelo y Geotecnia

- No se encontró nivel freático en la zona de estudio.
- Debido a la realización de cortes y plataformado en el área de estudio se eliminará materiales y se realizaran estructuras de sostenimientos como son muros de contención o muros pantalla se deberá tener en cuenta los siguientes parámetros para los diseños respectivos.

Tabla N° 3 Parámetros para Obras de Sostenimiento

PARÁMETROS PARA OBRAS DE SOSTENIMIENTO		
Ángulo de Fricción	$\phi$	29.5°
Coefficiente Activo Estático	Ka	0.340
Coefficiente Pasivo Estático	Kp	2.940
Coefficiente en Reposo Estático	Ko	0.508

Fuente: Estudio de Mecánica de suelo y Geotecnia

De acuerdo al estudio de mecánica de suelo, se concluye que el terreno donde se colocará las nuevas cimentaciones de las futuras estructuras está representado por el manto rocoso sedimentario que favorece a la edificación sismo resistente

## 2.8. Pendiente del terreno

Este parámetro indica los grados de inclinación del terreno frente a un plano horizontal. Los diferentes grados de pendiente condicionan los procesos geomorfológicos.

La pendiente predominante del terreno es muy baja menor a 5°, característico de conos de deyección de los cursos frecuentes y esporádicos, superficies no meteorizadas semiplanas.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BÉRRICAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Tabla 4. Rango de Pendientes

Rangos	Descripción
<5°	Terreno llano y/o inclinados con pendiente suave
5° - 20°	Pendiente moderada
20° - 35°	Pendiente fuerte
35° - 45°	Pendiente abrupta
>45°	Pendiente muy escarpada

Fuente: Elaboración propia.

Los colores que van desde el color roja hasta el color verde significan el grado de pendiente que posee el terreno, entendiéndose que el color rojo es de mayor pendiente y el de color verde es de menor pendiente.

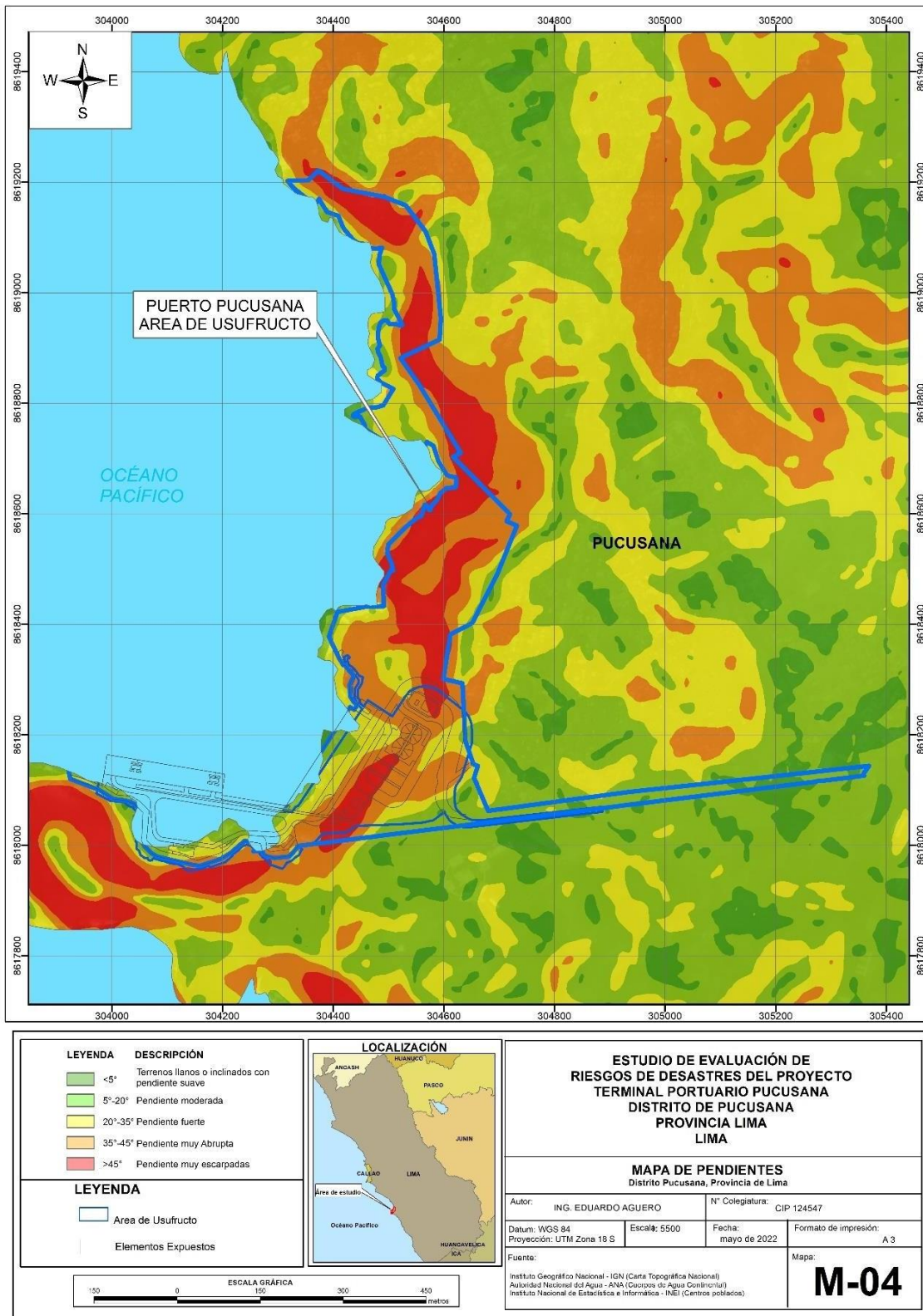


RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 5. Mapa de Pendientes



Fuente: Elaboración propia

**EDUARDO AGÜERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

## 2.9. Unidades Geomorfológicas

### Mantos de arena (M-a)

Geoforma de origen depositacional, es una capa de arena fina transportada por la acción eólica, presenta aproximadamente entre 12m y 50 m de espesor.

### Vertiente o piedemonte aluvio torrencial (P-at)

Corresponde a la base de las formaciones colinosas. Presenta un relieve con ligeras ondulaciones. Litológicamente está compuesto por material de tamaños diversificados como bloques, gravas, arenas y limos.

### Llanura o planicie aluvial (Pl-al)

Presenta un relieve llano a ligeramente ondulado, esta zona se encuentra formada por depósitos aluviales sobre los cuales se ha acumulado una capa de arena transportada por el viento desde la zona litoral.

### Colinda y lomada en roca volcano-sedimentaria (RCL-rvs)

Presenta una pendiente moderada. Su litología presenta material volcano-sedimentario, cubierto por una fina capa de arenas transportadas por el viento, las colinas se encuentran disectadas, pero en menor proporción que las conformadas por roca intrusiva.

### Terraza marina (T-m)

Presenta una pendiente llana, se presenta como una franja costera suavemente inclinada hacia el mar. Los procesos de desgaste superficial son originados por el mar y el viento.

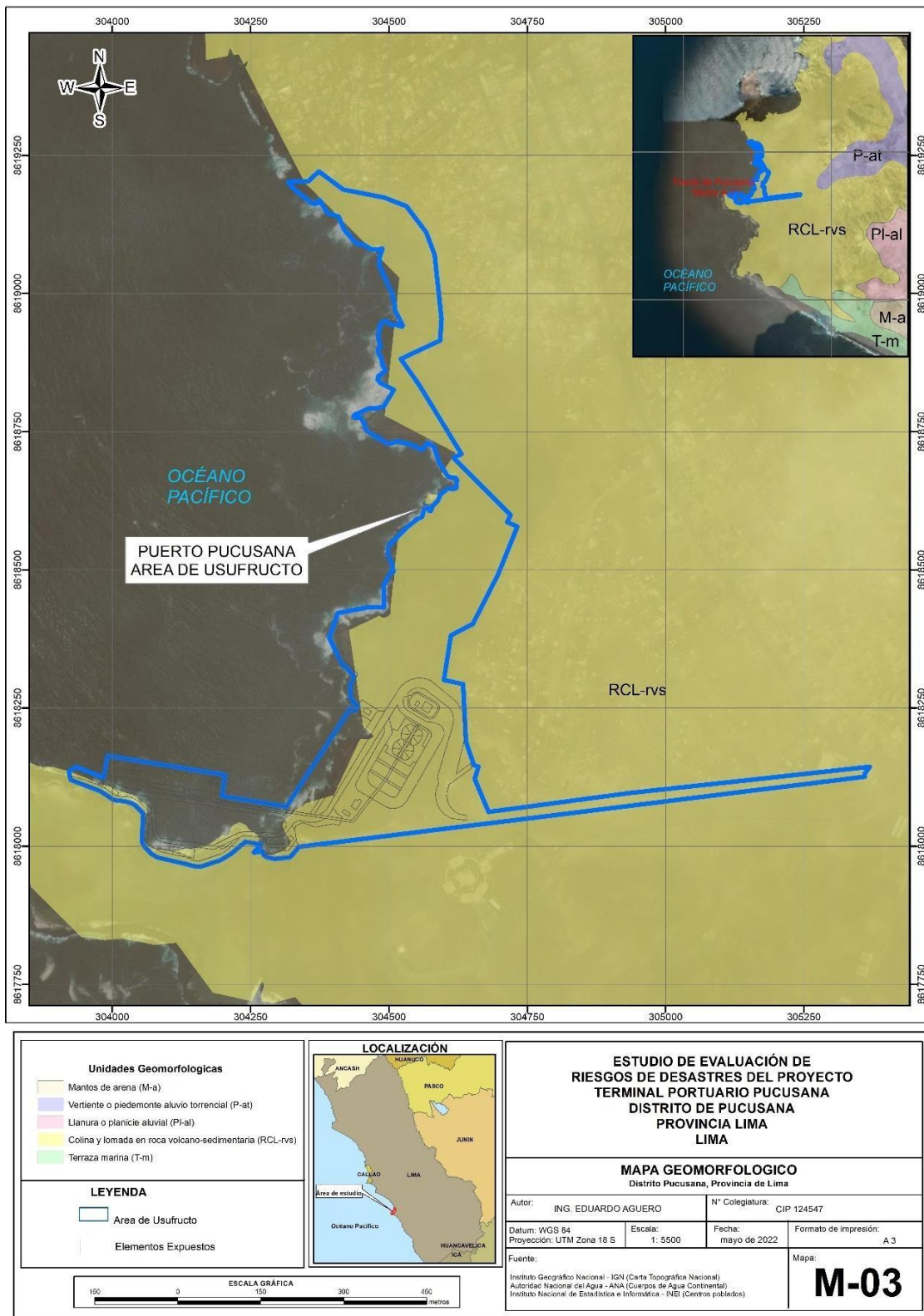


RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 6 Mapa de Unidades Geomorfológicas



Fuente: Elaboración propia.

*[Signature]*  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*[Signature]*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



## 2.10. Unidades Geológicas

### Fm. Pamplona (Ki-pa)

Esta formación fue estudiada por la Comisión de Lima del Instituto Geológico del Perú, R. Rivera (1951). Su localidad tipo se encuentra en el cerro Pamplona, con afloramientos casi continuos en los cerros al Este de Lima hasta Pachacamac. Se caracteriza por el predominio de lutitas en la base mientras que hacia el tope dominan las calizas en capas delgadas medianas; yace concordantemente sobre la Formación Marcavilca y debajo de la Formación Atocongo. La Formación Pamplona aflora en algunas localidades de la zona costanera de los cuadrángulos de Mala y Lunahuaná, como en el cerro Quipa (sector de empalme con el cuadrángulo de Lurín), en el cerro Calavera, en la parte baja del cerro Las Brujas, en los cerros que siguen hasta la Cantera de Corral Grande de Chilca, en las lomas de Quilmaná, en los cerros al Este de Mala y en el cerro Perico.

### Fm. Pucusana (Ki-pu)

Se adopta el nombre de Formación Pucusana propuesto por E. Bosc (1963, Tesis de Bachiller) para designar la secuencia de rocas sedimentarias y piroclástica-tobáceas con ocasionales unidades de derrames volcánicos que afloran en las lomas de Pucusana-Naplo-La Yesera. Inicialmente el área fue estudiada por A. Alberca (1955), W. Ruegg y A. Manrique (1957) y B. Boit (1959) quienes la consideraron de edad jurásica, pues W. Ruegg y A. Manrique correlacionaron la secuencia litológica con la Formación Río Grande del Jurásico medio, identificada en el departamento de Ica.

En el área de Pucusana la base de la secuencia no está expuesta, pero se deduce que el Grupo Morro Solar, infrayace a esta unidad; en tanto que su contacto superior es transicional y concordante con la secuencia calcárea, margosa y lutácea de la Formación Pamplona como se observa entre Naplo, La Yesera y Cerro Quipa, (límite de los cuadrángulos de Mala y Lurín).

### Depósitos Aluviales 1 (Qh-al1)

Estos depósitos están ampliamente distribuidos en las pampas costaneras de la región estudiada. Están representados por los conos de deyección de los ríos Chincha, Cañete, Pócoto, Mala, Momas y Chilca; así como por los depósitos aluvionales de las quebradas que desembocan a las pampas costaneras. Generalmente conforman un manto continuo por estar los conos aluviales anastomosados, algunas veces cubiertos por depósitos eólicos. En algunos valles se presentan formando terrazas que alcanzan de 20 a 60 m. sobre el actual nivel del río tal como



se aprecia en el valle de Mala. El material aluvial mal clasificado consiste de gravas, arenas y limo arcilloso, las gravas y cantos tienen formas subredondeadas a redondeadas y composición variada. El grosor de los depósitos aluviales varía desde pocos metros en las playas de inundación de los ríos hasta 60 m. en las terrazas localizadas en los flancos de los valles y quebradas principales.

#### Depósitos Eólicos (Qh-e)

Estos depósitos se presentan en las pampas costaneras y laderas de los cerros situados en la parte baja del frente occidental andino, en algunos casos se les encuentra hasta los 1,500 m.s.n.m. En las pampas y cerros bajos próximos a la costa los depósitos eólicos forman en algunos casos una cubierta de grosor variable y en otros casos constituyen medianos del tipo barjana como los observados al Este del cerro La Bruja en Chilca y en la pampa Clarita al sureste de Cañete; se reconoce también en el área de estudio depósitos eólicos estabilizados por acción de la humedad y la vegetación.

#### Deposito Marino (Qh-m)

En el borde litoral del área en estudio existen numerosas playas en las que se observa pequeñas terrazas escalonadas que alcanzan hasta 8 m. sobre el nivel medio del mar; estas terrazas están cubiertas tierra adentro, por depósitos aluviales o están relacionados a escarpas litorales emergidas; algunas veces están destruidos por acción antrópica. El cuaternario marino en la costa del área de estudio está representado por las salinas de Chilca que se comportó como una cubeta de depósitos marinos y de albufera (G. Petersen, 1954).

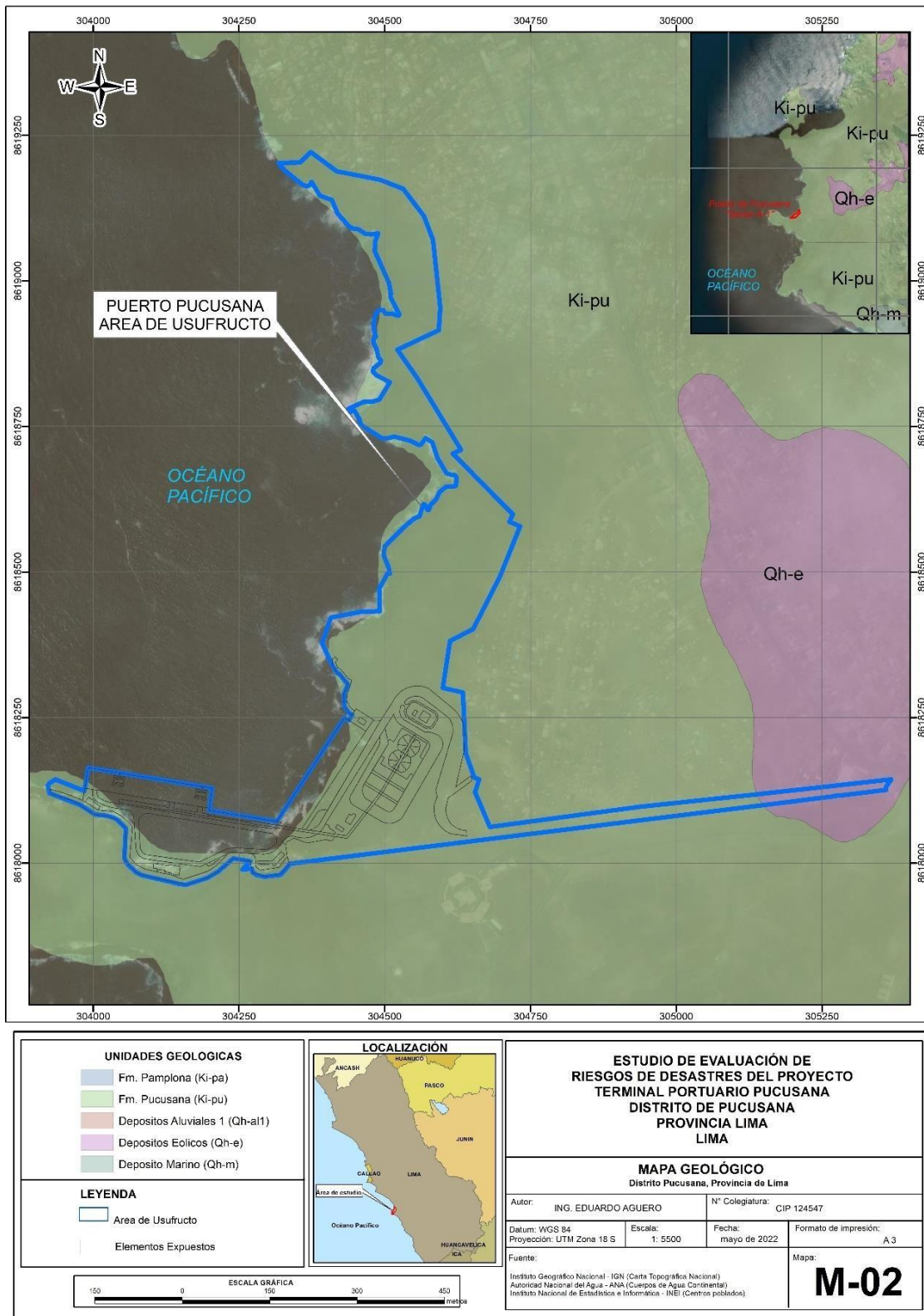


RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIÉRREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 7 Mapa de Unidades Geológicas



Fuente: Elaboración propia

*[Firma]*  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*[Firma]*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

### III. DETERMINACIÓN DEL PELIGRO

#### 3.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

En otros países los documentos técnicos referidos al estudio de los fenómenos de origen natural utilizan el término amenaza, para referirse al peligro.

El peligro, según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural; y, los inducidos por la acción humana. Para el presente estudio de evaluación de riesgo solo se ha considerado los peligros originados por fenómenos de origen natural.

Para el estudio estos fenómenos se han agrupado los peligros de acuerdo a su origen. Esta agrupación nos permite realizar la identificación y caracterización de cada uno de ellos, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura N°- 8 Clasificación de los Peligros



Fuente: CENEPRED

Esta clasificación ha permitido ordenar los fenómenos de origen natural en tres grupos:

Así podemos apreciar en el gráfico anterior, el resultado de la clasificación indicada:

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIÉRREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

- Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna
- Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa
- Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos

En síntesis:

PELIGRO : SISMO

TIPO : PELIGROS GENERADOS POR FENÓMENOS DE ORIGEN

NATURAL

ORIGEN : GEODINÁMICA INTERNA

PELIGRO : TSUNAMI

TIPO : PELIGROS GENERADOS POR FENÓMENOS DE ORIGEN

NATURAL

ORIGEN : OCEANOGRÁFICOS

### 3.2. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO POR SISMO

#### 3.2.1. Caracterización de los Sismos

La ubicación geográfica del Perú, dentro del contexto geotectónico mundial “Cinturón de Fuego Circun-Pacífico” y la existencia de la placa tectónica de Nazca, que se introduce por debajo de la Placa Sudamericana; permiten a nuestro país ubicarlo en la región con un alto índice de sismicidad, esto se demuestra por los continuos movimientos telúricos producidos en la actualidad y los registros catastróficos ocurridos en la historia.

El proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca (oceánica) por debajo de la Sudamericana (continental) con velocidades promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1999), se desarrolla en el borde occidental del Perú.

Este proceso da origen a sismos de diversas magnitudes y focos, ubicados a diferentes profundidades, todos asociados a la fricción de ambas placas (oceánica y continental), a la deformación de la corteza a niveles superficiales y a la deformación interna de la placa oceánica por debajo de la cordillera.



RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIÉRREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

La distribución espacial de esta sismicidad ha permitido definir la existencia de tres principales fuentes sismogénicas:

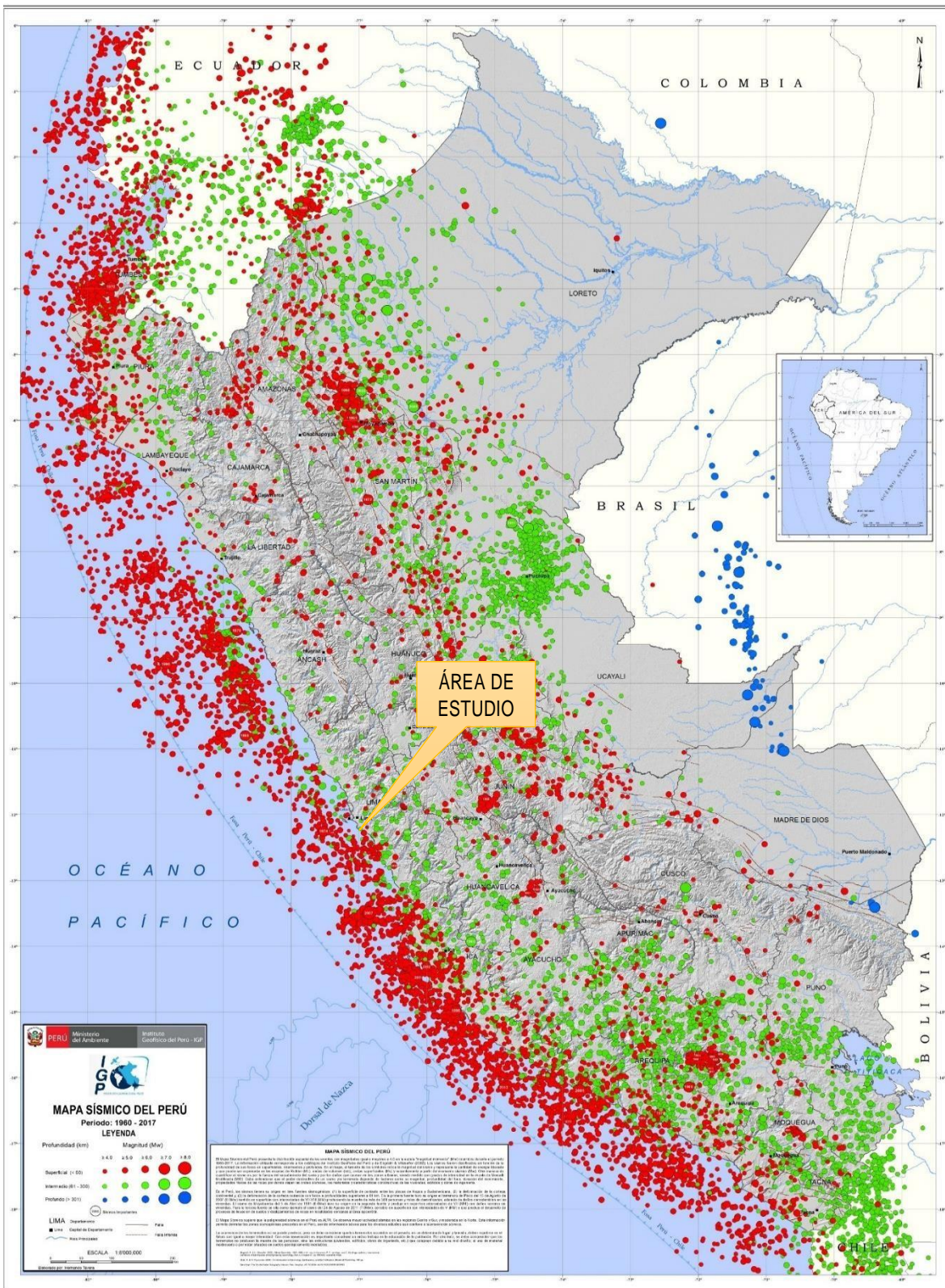
- La superficie de fricción entre las placas de Nazca y Sudamericana, presente en el borde occidental del Perú (entre la fosa y la línea de costa), da origen a los sismos más importantes, en cuanto a su magnitud ( $M_w > 8.0$ ) e intensidad de sacudimiento del suelo. Muchos de estos eventos fueron acompañados de tsunamis que incrementaron el daño, principalmente en zonas costeras.
- La segunda fuente, considera la deformación de la corteza continental con la presencia de fallas geológicas de diversas geometrías y dimensiones. Esta fuente da origen a eventos sísmicos con magnitudes de hasta 6.5 Mw, produciendo daños en áreas reducidas, pero con importantes niveles de sacudimiento del suelo. Eventos recientes son los ocurridos en 1990 y 1991 (6.5 Mw) en la región del Alto Mayo (San Martín), acompañados de deslizamiento e importantes procesos de licuación de suelos.
- La tercera fuente, agrupa a los sismos que se producen por la deformación interna de la placa de Nazca por debajo de la cordillera de los Andes, a niveles de profundidad del orden de 100 km a más. Esta fuente da origen a eventos sísmicos con magnitudes hasta de 7.0 Mw y en general, producen procesos de licuación de suelos en valles de las zonas andinas y subandinas. Por ejemplo, el evento ocurrido en el año 2005 (7.0 Mw) en Yurimaguas (Loreto).

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIÉRREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



Figura N°- 9 Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2017



Fuente: IGP 2017

El gráfico 2 Mapa Sísmico del Perú muestra los sismos ocurridos para el periodo 1960 y 2017.

*Ranulfo Eduardo Aguero Menendez*  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

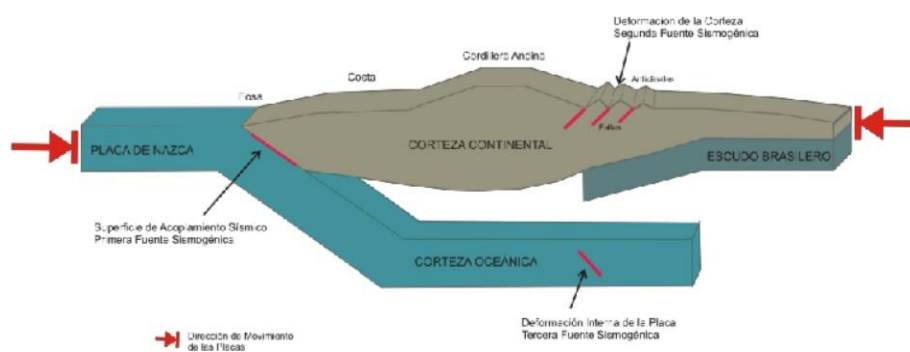
*Luis Gutierrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



La magnitud de los sismos se diferencia por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos, con número inscrito en su interior, indican la ubicación y año de ocurrencia de los grandes sismos (Tavera 2017).

La colisión de las placas Nazca y Sudamericana produce el levantamiento de la cordillera y la ocurrencia de sismos de variada magnitud en la superficie de acoplamiento sísmico. En las regiones norte-centro, el escudo brasilero produce el plegamiento de las capas superficiales para formar anticlinales y fallas geológicas

Figura N°- 10 Esquema que muestra la geometría de la subducción y la ubicación de las principales fuentes sismogénicas en la parte norte - centro del Perú.

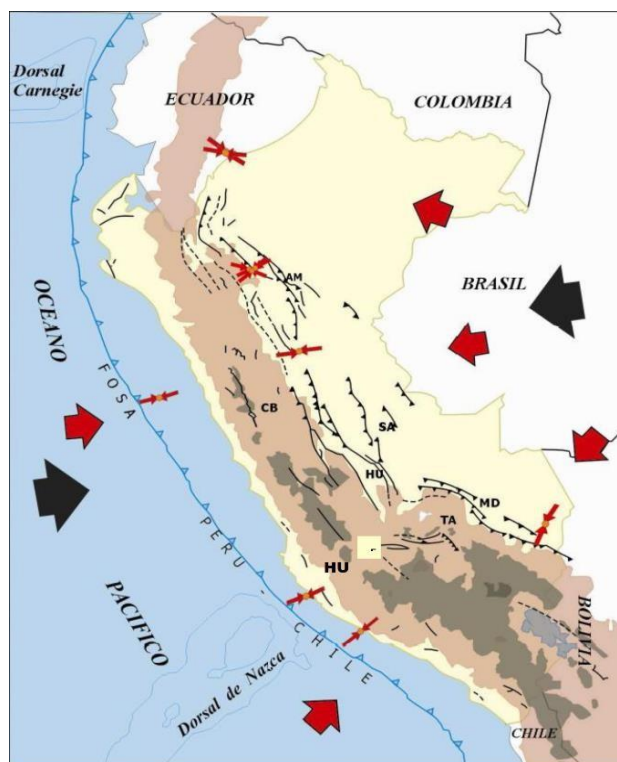


Fuente: IGP 2014

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 11 Esquema sismotectónico en superficie y distribución de los principales sistemas de fallas geológicas en Perú



Fuente: IGP 2014

Esquema sismotectónico en superficie y distribución de los principales sistemas de fallas geológicas en Perú. Las flechas rojas pequeñas y grandes indican la dirección de la deformación local y regional. Las flechas negras corresponden a la dirección de convergencia de placas (Nazca y Sudamericana). AM, sistema de fallas del Alto Mayo; CB, sistema de fallas de la Cordillera Blanca; SA, sistema de fallas de Satipo; HU, sistema de fallas del Huaytapallana; MD, sistema de fallas de Madre de Dios y TA, sistema de fallas de Tambomachay.

#### Distribución espacial de los sismos

Cuando se analiza en detalle la distribución espacial de la sismicidad en el Perú, se debe dar mayor atención a los sismos de foco superficial, debido a que ellos, por ocurrir cerca de la superficie, representan ser de mayor peligro para las áreas pobladas. En el caso del Perú, toda la zona costera y en el interior del continente, principalmente la zona subandina.

Según la historia sísmica del Perú, los sismos que han causado mayores daños en superficie, presentaron magnitudes aproximadas mayores a 7.0 Mw y niveles de sacudimiento superiores a intensidades VII (MM).

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEOGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEOGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

De estos sismos, los más importantes, en cuanto a daños producidos en superficie, fueron los de 1586 y 1746 que causaron la destrucción en la ciudad de Lima, principal ciudad de Sudamérica.

En la región norte, el único sismo grande en magnitud parece ser el ocurrido en el año 1619 que produjo importante daño en la ciudad de Trujillo, además de otro ocurrido en el año 1912 que afectó a la ciudad de Piura y daños hasta un radio de 200 km.

En los gráficos 24 y 25 se muestran mapas de distribución espacial de los sismos históricos de mayor magnitud ocurridos en Perú y en toda la zona de subducción de la placa de nazca respectivamente. Observándose en el primero que el 70% del total de eventos presentan sus epicentros frente a la zona costera, todos asociados al proceso de subducción de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana.

Estos eventos, en mayor número, se encuentran en las regiones centro y sur, mostrando que ambas regiones presentan mayor riesgo. La región norte, la casi ausencia de sismicidad, sugiere que la misma requiere de mayores periodos de acumulación de energía.

En el interior del continente, todos los sismos están asociados a la formación y reactivación de fallas geológicas presentes a lo largo de la zona andina y subandina. El tamaño del sismo dependerá de la longitud de la falla.

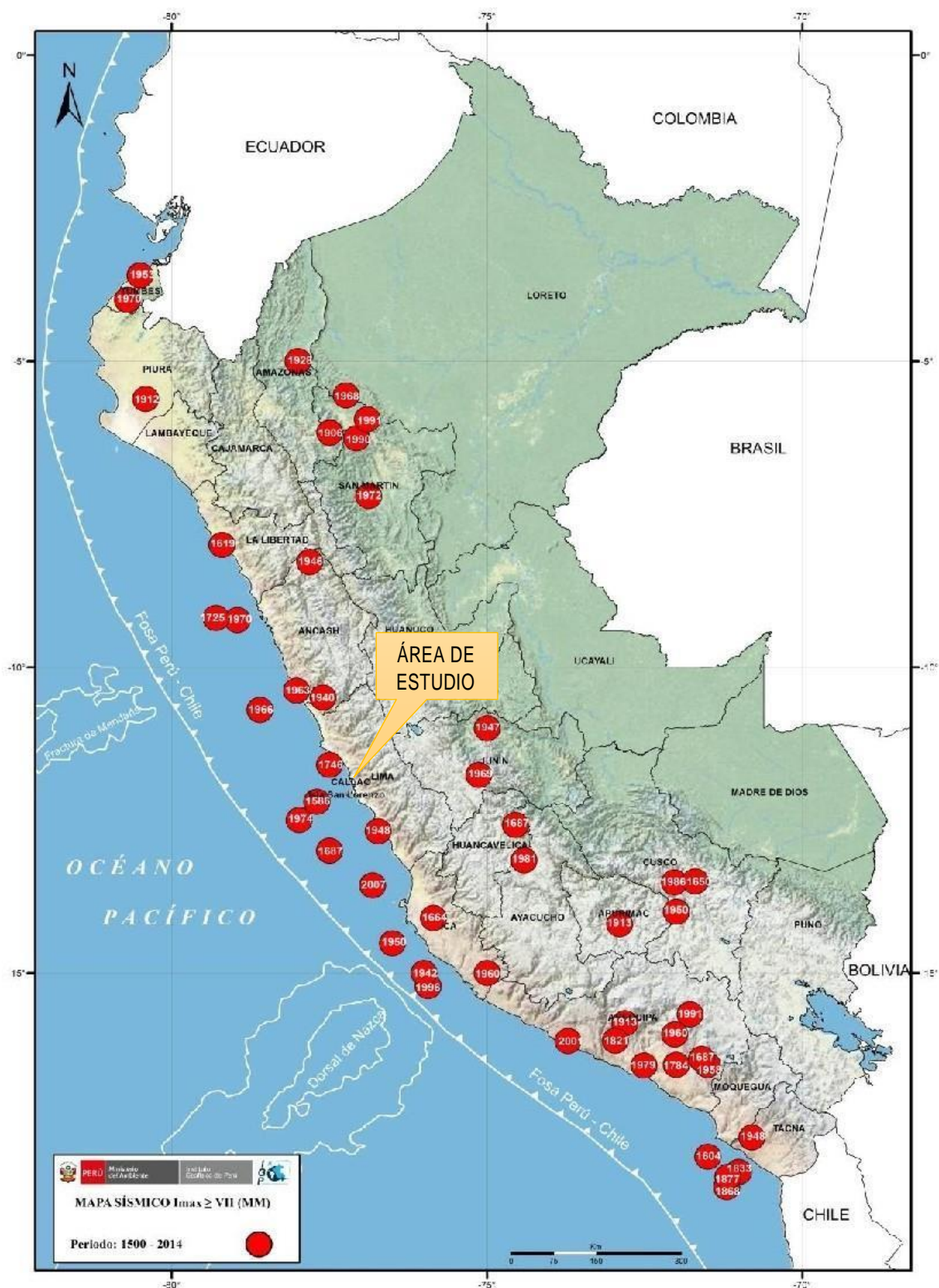


RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 12 Mapa epicentral de grandes sismos históricos ocurridos en Perú, periodo 1500 a 2014



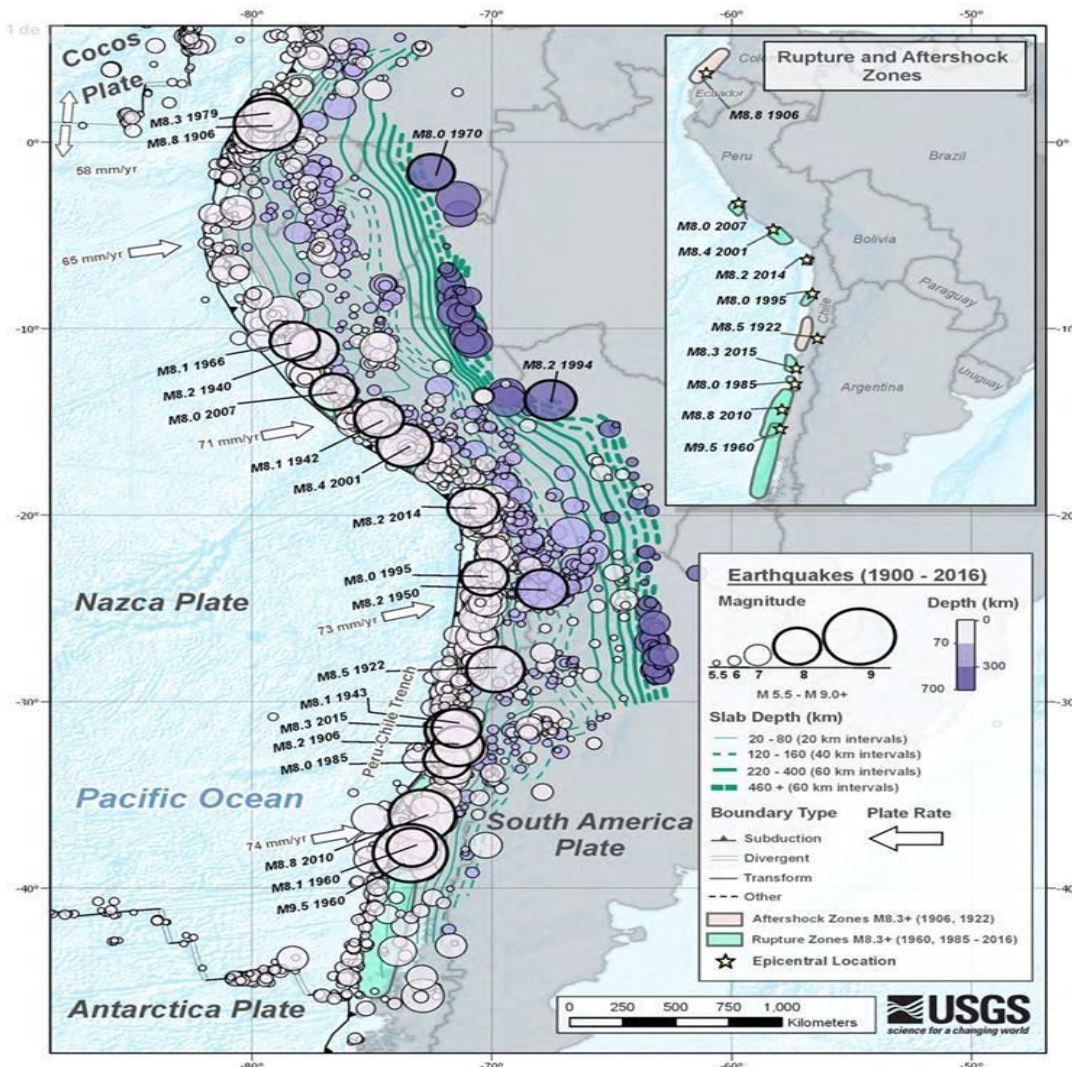
Fuente: IGP 2014

*Ranulfo Eduardo Agüero Menéndez*  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*Luis Gutiérrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



Figura N°- 13 Principales Sismos ocurridos entre 1900 y 2016 en la zona de subducción de la placa de nazca



Fuente: USGS - 2016

Las Isoaceleraciones

Corresponden a las máximas horizontales del suelo o PGA para el periodo de 100 años con un 10% de probabilidad de excedencia. En general, las curvas de iso-aceleraciones siguen las mismas tendencias observadas en estudios realizados por Castillo y Alva (1993) y Gamarra y Aguilar (2009), siendo sus características más resaltantes las siguientes:

- Las curvas de iso-aceleraciones máximas se distribuyen paralelas a la línea de costa coincidiendo con la dirección en la cual se produce el proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana.

*Ranulfo Eduardo Agüero Menéndez*  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*Luis Gutiérrez Berrocal*  
**LUIS GUTIÉRREZ BÉRROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

- Los valores de aceleración disminuyen paulatinamente conforme se tiende hacia el interior del país.

- Los valores de aceleración, próximos a la línea de costa, son menores en la región norte para incrementarse hacia la región sur, coherente con las zonas de mayor ocurrencia de sismos, tanto en frecuencia como de los grandes sismos ocurridos en el pasado.

- Los valores de aceleraciones máximas deben ser considerados como valores medios esperados en suelo firme (PGA), sin considerar los efectos de sitio y la interacción suelo-estructura.

Para efectos de la evaluación del riesgo por sismo se ha considerado los valores del mapa de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años.



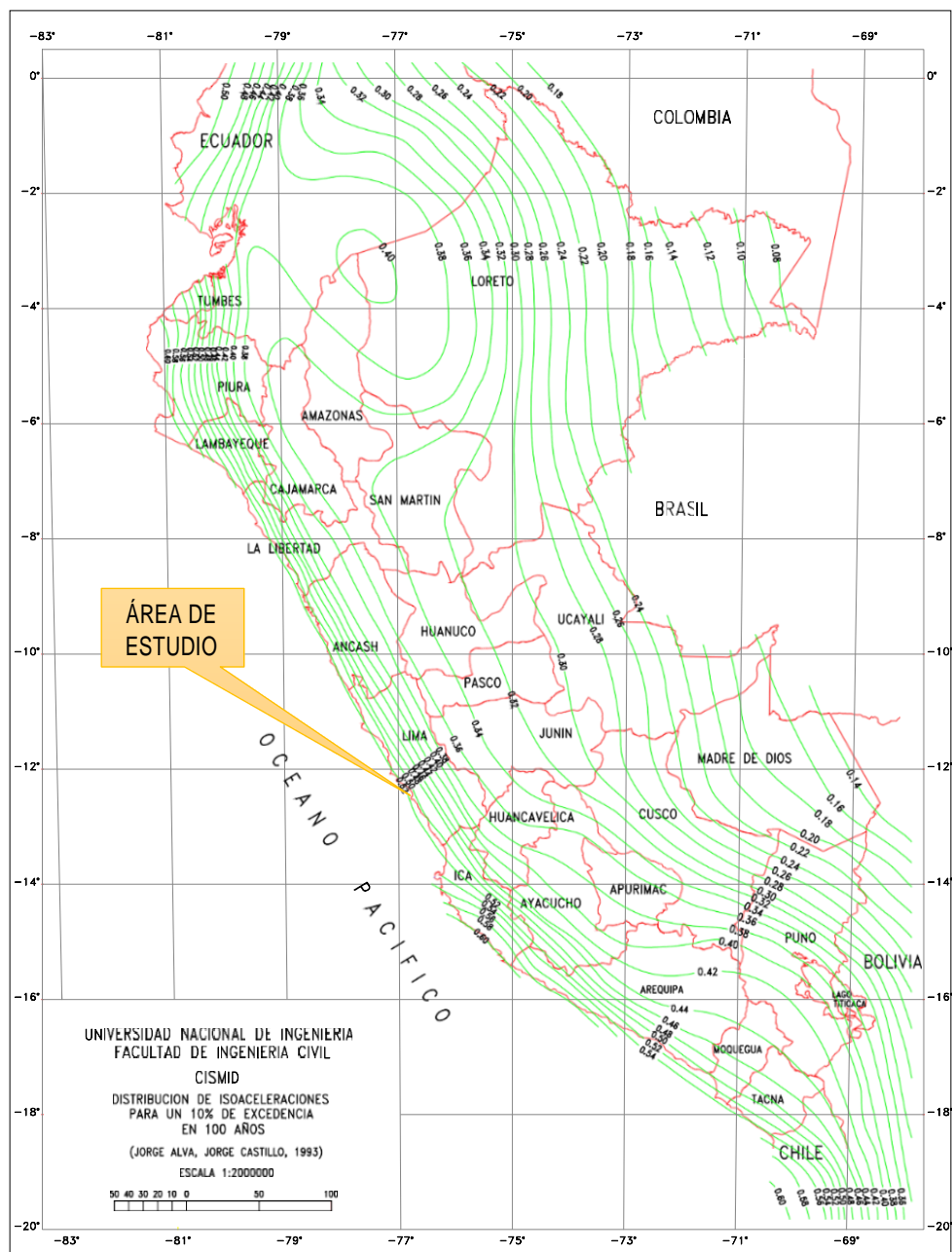
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547




LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



Figura N°- 14 Mapa de distribución de Isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años



Fuente: CISMID

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

### Intensidades máximas

A la ocurrencia de un evento sísmico de gran magnitud, los suelos son sacudidos con diferentes niveles de intensidad, dependiendo básicamente de su constitución física y geológica, causantes de la amplificación de ondas en diferente nivel. Suelos poco o nada compactos producen mayor amplificación de las ondas sísmicas y, por ende, el suelo se sacude con mayor intensidad, produciendo daños en viviendas y cambios geomorfológicos en superficie con la ocurrencia de deslizamientos de tierra y piedras y/o procesos de licuación de suelos.

Este escenario no se presenta o es menor en suelos rocosos y/o compactos. Desde los inicios de la sismología, esta información fue de mucha utilidad para la elaboración de los mapas de intensidades y recientemente, su aplicación se realiza utilizando la escala de Mercalli Modificada.

De acuerdo a lo indicado, si en el pasado a la ocurrencia de un sismo de magnitud elevada, una determinada zona soportó altas intensidades de sacudimiento del suelo produciendo daños importantes, a la ocurrencia de un próximo evento, será afectada con las mismas o mayores intensidades y los daños —probablemente— sean mayores debido al crecimiento desordenado de las ciudades. En este sentido, es importante analizar los niveles de intensidad producidos por los sismos históricos en el Perú a fin de elaborar planes de gestión del riesgo para el correcto uso de los suelos.

Para identificar las zonas que soportaron altos niveles de intensidad por sismos en el pasado, se ha hecho uso de la información contenida en Silgado (1978), Dorbath et al (1990), así como los catálogos sísmicos publicados por el Instituto Geofísico del Perú (Tavera y Agüero, 2001), Proyectos SISRA (Huaco, 1985) y SISAN (Ocola, 1984), además de documentos técnicos publicados por Alva et al. (1984). La información disponible permitió elaborar mapas de intensidades máximas para tres periodos de tiempo, años entre 1500 a 1900, 1900 a 1960 y de 1960 al 2014. En todos se ha tomado como intensidad base de referencia el correspondiente al grado VII (MM), en razón que a partir de la misma se espera daños considerables en estructuras y en superficie.

En el gráfico 27, se presenta el mapa de intensidades máximas para sismos ocurridos entre los años 1400 a 1900. Destacan las zonas costeras de las regiones centro y sur del Perú con intensidades de IX, X-XI (MM) que afectaron a los departamentos de Lima, Ica, Arequipa,



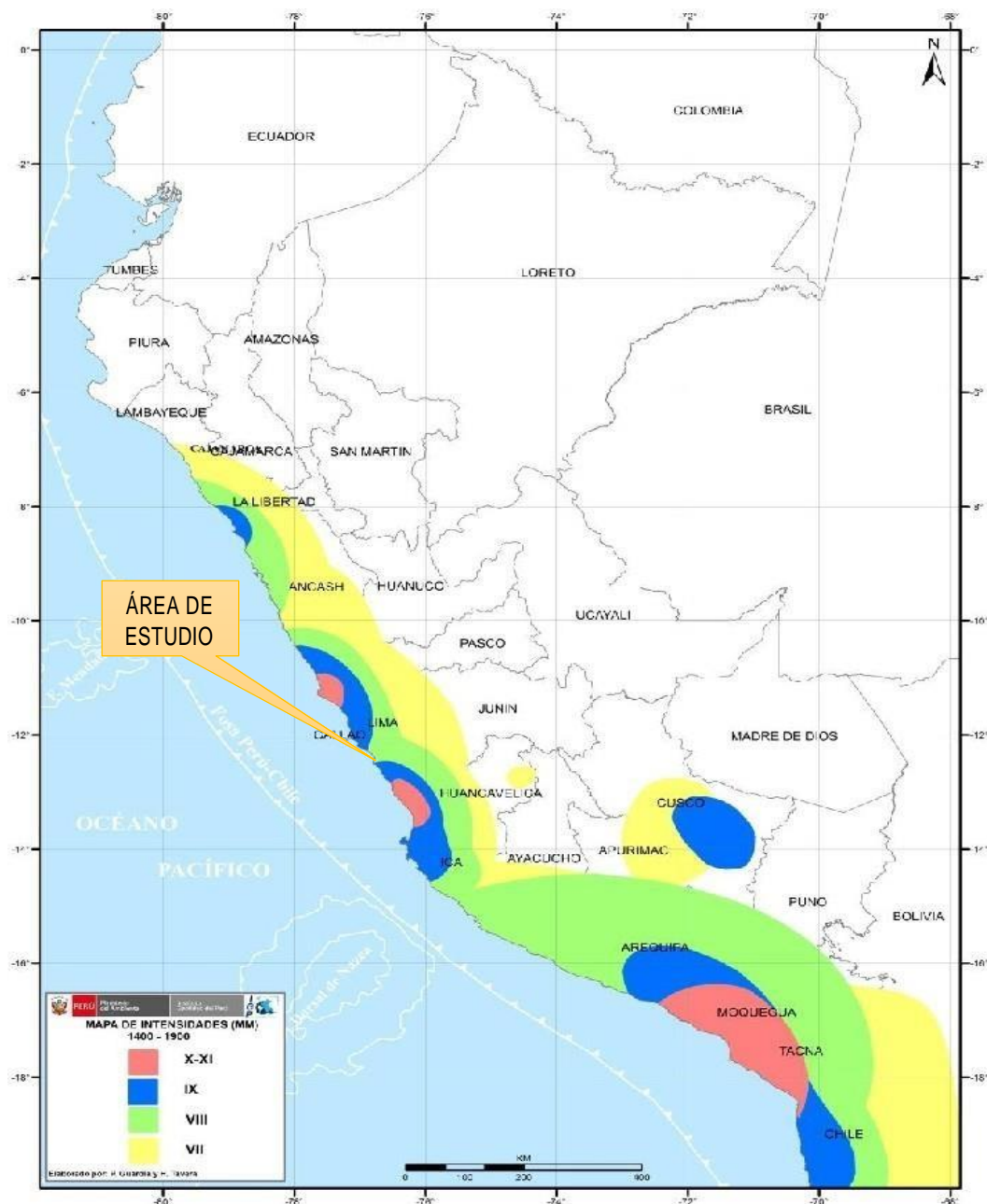
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Moquegua y Tacna. En el caso de las ciudades costeras, ellas fueron, además, afectadas por tsunamis.

Figura N°- 15. Mapa de intensidades sísmicas máximas en la escala de Mercalli Modificada para sismos históricos ocurridos entre los años 1400 y 1900.

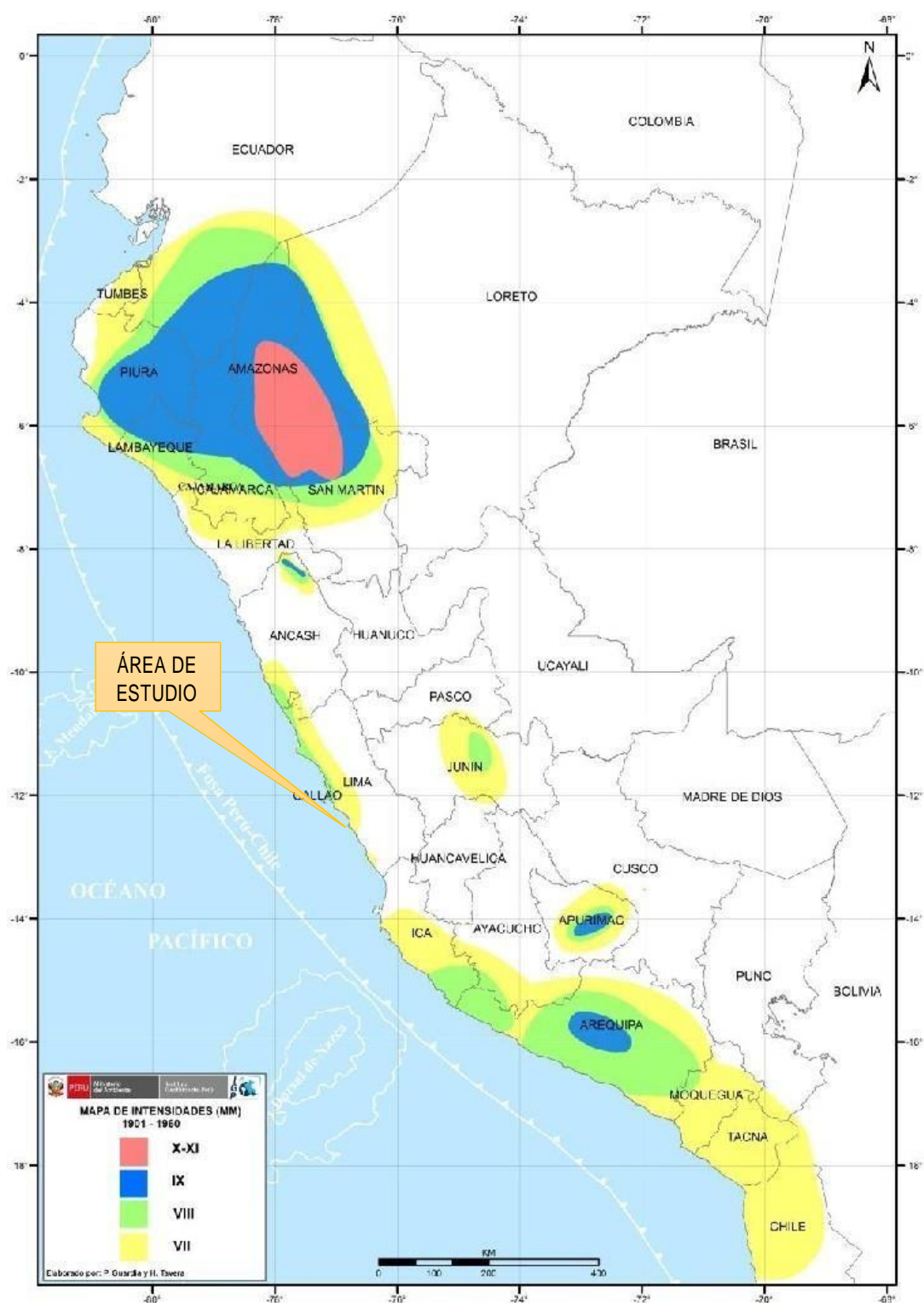


Fuente: IGP 2017

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 16 Mapa de intensidades sísmicas máximas en la escala de Mercalli Modificada para sismos históricos ocurridos entre los años 1901 y 1960.



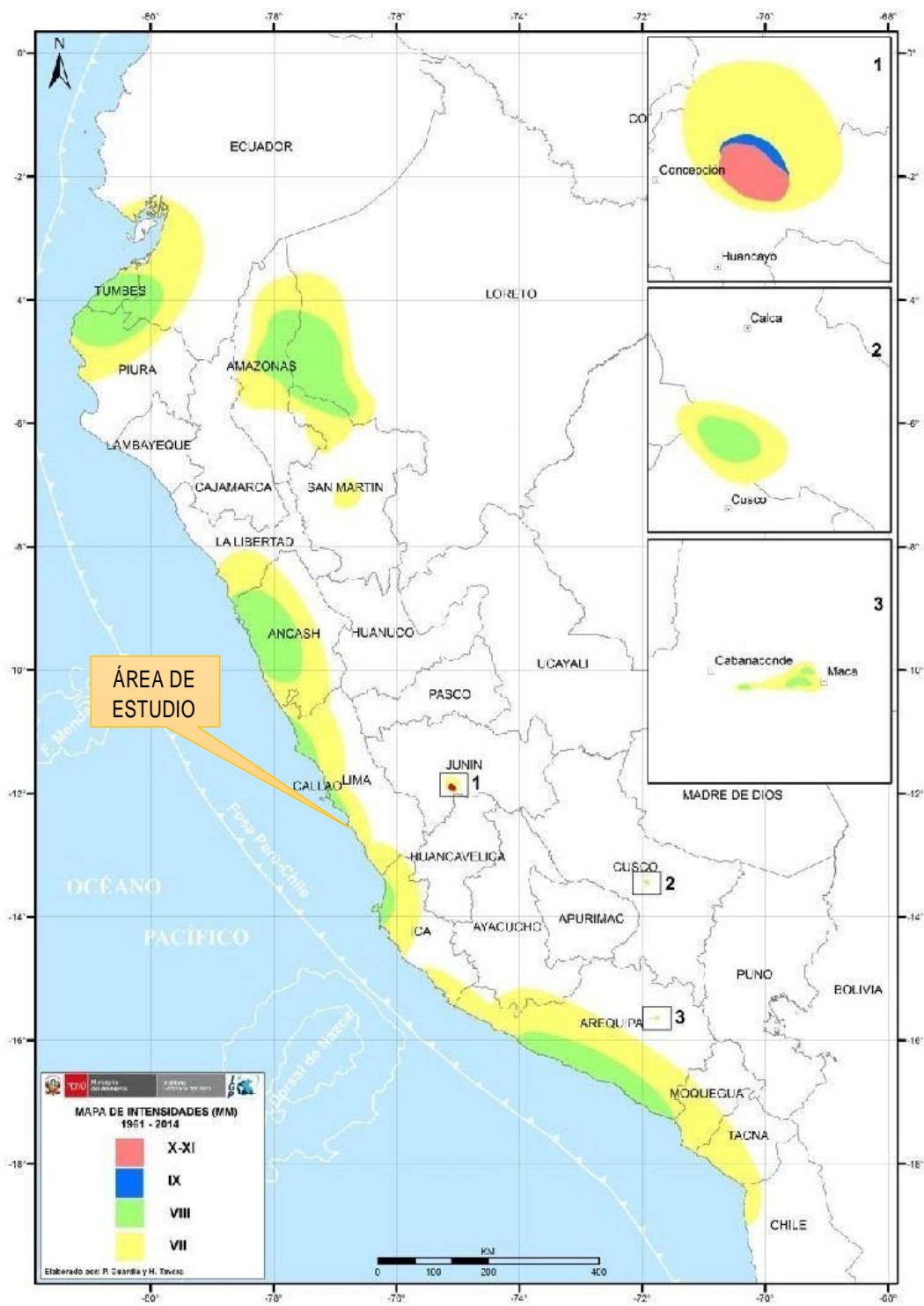
Fuente: IGP 2017

*Ranulfo Eduardo Agüero Menéndez*  
**RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ**  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

*Luis Gutiérrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



Figura N°- 17 Mapa de intensidades sísmicas máximas en la escala de Mercalli Modificada para sismos históricos ocurridos entre los años 1960 y 2014.



Fuente: IGP 2017

*Ranulfo Eduardo Aguero Menendez*  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEOGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*Luis Gutierrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEOGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

#### Análisis estadísticos

Debe entenderse que la superficie de contacto entre dos placas no se encuentra en un estado uniforme de distribución de esfuerzos y energía acumulada, sino que existe una continua liberación de los mismos en forma de sismos sobre algunas partes de dicha superficie, dejando otras con mayor acumulación de energía llamadas asperezas.

El siguiente sismo debe originarse en esta aspereza o zona de mayor acumulación de energía. A raíz de estas observaciones, Wiemer y Wyss (1997) desarrollaron una metodología netamente estadística para identificar la presencia y ubicación geográfica de dichas asperezas haciendo uso de la información contenida en los catálogos sísmicos.

Para la aplicación de esta metodología en Perú, se ha hecho uso del catálogo sísmico publicado por el Instituto Geofísico del Perú para el periodo de 1960 a 2012 y los resultados son presentados en el gráfico 30 (Condori y Tavera, 2012). Para el borde occidental del Perú se ha identificado la existencia de hasta cinco zonas anómalas para el valor de “b”; es decir, cinco asperezas cuyas dimensiones permitieron estimar la magnitud de los eventos sísmicos a ocurrir, con una probabilidad del 75% en los próximos 50 años.

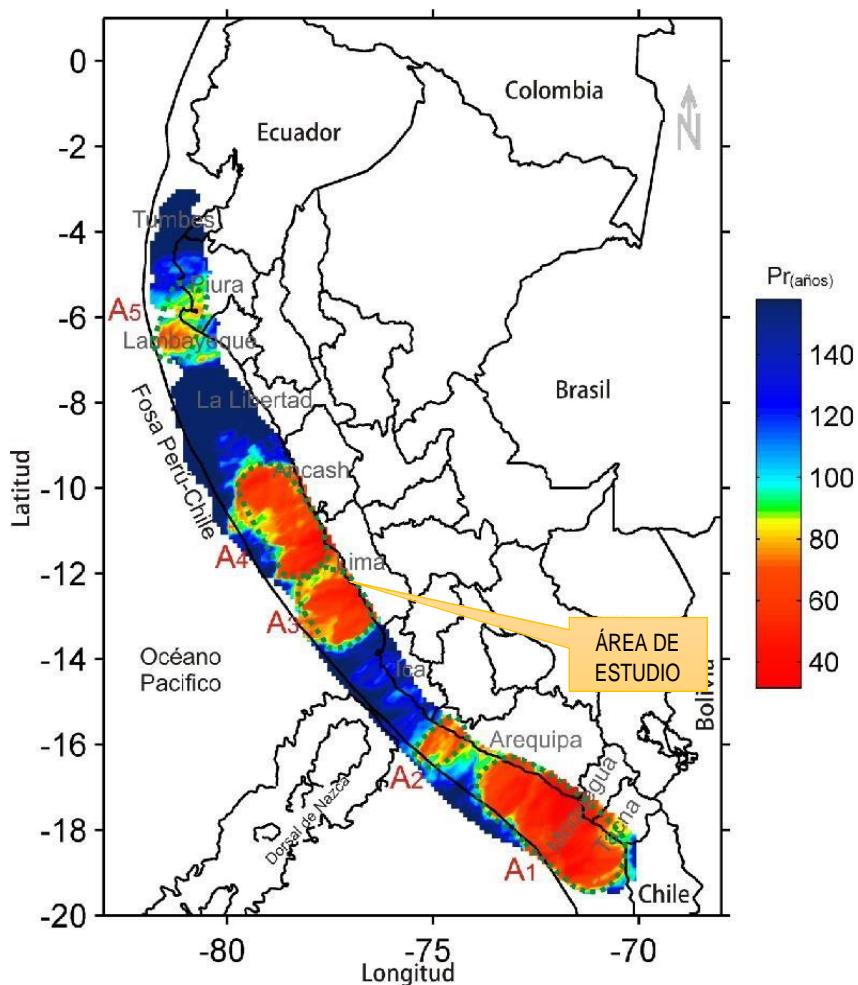
- La tercera y cuarta aspereza (A3, A4) se encuentran en la zona costera del departamento de Lima (zona de estudio del presente estudio) y estarían asociadas al terremoto de 1746. De acuerdo a las dimensiones de dichas áreas, el sismo podría presentar una magnitud de 8.8 Mw.

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



Figura N°- 18 Mapa de periodos de retorno local para las principales asperezas identificadas en el borde occidental de Perú obtenido a partir de la variación espacial del valor de “b” y la metodología propuesta por Wiemer y Zuñiga (1994), (Condori y Tavera, 2012)



Fuente: IGP 2017

### Acoplamiento sísmico

Con el desarrollo de la instrumentación geofísica se ha logrado diseñar dispositivos que permiten registrar con precisión los desplazamientos de la corteza terrestre. Estos son llamados Sistemas de Posicionamiento Global o simplemente GPS.

La información obtenida con los GPS, al ser analizada permite conocer los movimientos milimétricos de las placas de Nazca y Sudamericana, siendo estos mayores a la ocurrencia de sismos de gran magnitud. Entonces, una red densa de estaciones GPS operando a lo largo de la zona costera de Perú, permitirá saber qué zonas evidencian o no

RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

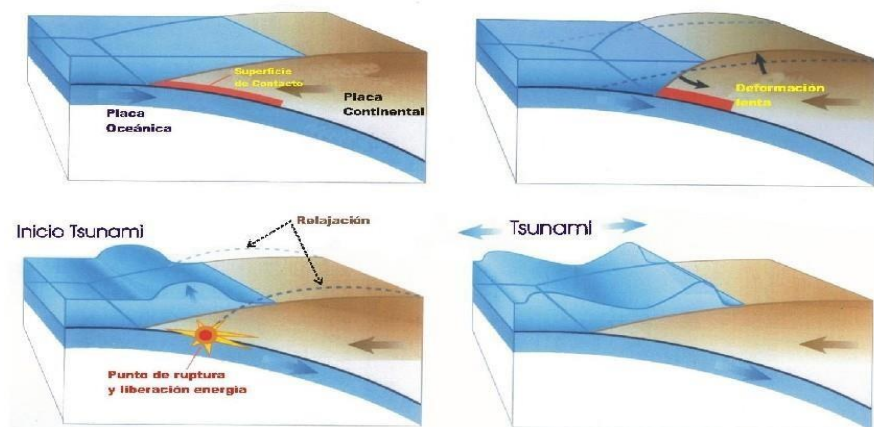
desplazamientos. En este último caso, indican que la tensión y la energía se vienen acumulando, y al liberarse darían origen a un sismo de gran magnitud.

El gráfico 31, permite tener una mejor ilustración de lo descrito anteriormente. Ambas placas, Nazca y Sudamericana, se encuentran en convergencia y acumulando energía y esfuerzo de deformación en las asperezas que se encuentran en su superficie de fricción.

Estas asperezas estarían evitando que las placas se desplacen (línea roja). Al no existir desplazamientos, la zona costera se repliega y se incrementa la acumulación de deformación y energía que busca vencer la resistencia de la aspereza. Logrado este objetivo, simplemente la corteza salta sobre la placa oceánica produciendo el sismo y el consecuente tsunami.

Entonces, al conocer la ubicación de las asperezas y/o zonas de acoplamiento máximo (línea roja), se sabe dónde ocurrirá el próximo evento sísmico. Las dimensiones de las asperezas son proporcionales al tamaño de los sismos a ocurrir. Asimismo, a mayor periodo de acumulación de esfuerzos, mayor será la energía liberada, y por ende el evento tendría mayor magnitud.

Figura N°- 19 Esquema que muestra la convergencia de placas en el borde occidental del Perú y proceso de generación de sismos y tsunamis. La línea roja representa a la aspereza y/o zona de acoplamiento sísmico. El proceso de subducción deforma el borde continental



Fuente: IGP 2017

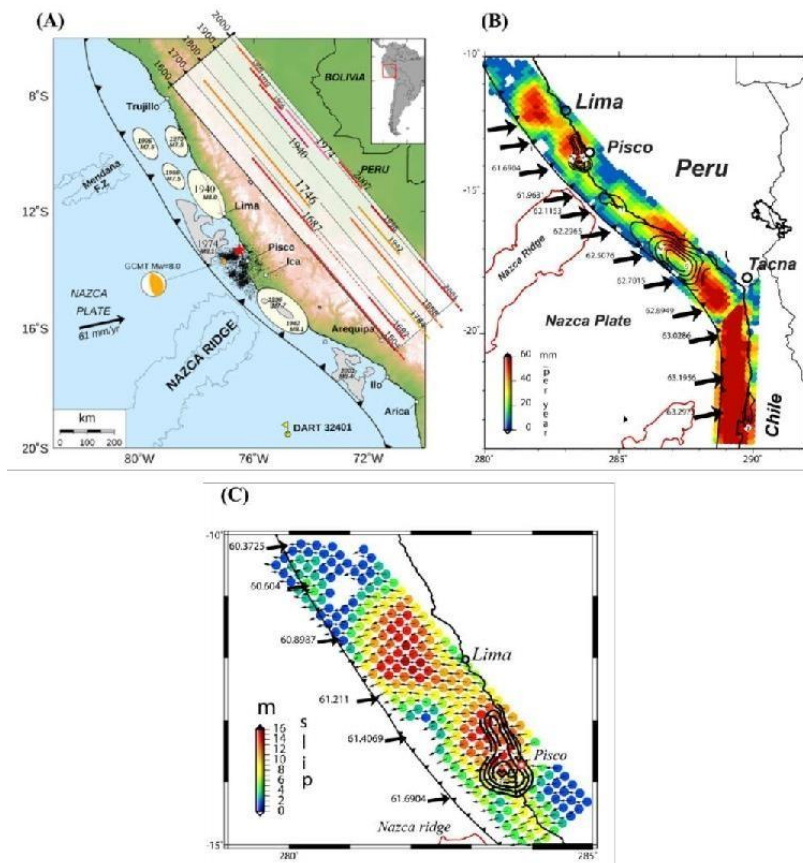
  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEOGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEOGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Este modelo indica la existencia de dos áreas fuertemente acopladas o de mayor acumulación de energía frente al borde occidental de la región, la primera ubicada al norte de la costa de Lima y la segunda en su extremo sur.

Suponiendo que el terremoto de 1746 representa ser el de mayor magnitud ocurrido en esta región, hasta el año 2010 se tendría un periodo intersísmico de 265 años, lo cual corresponde a una tasa de déficit de deslizamiento entre placas equivalente a un terremoto de magnitud de 8.8 Mw

Figura N°- 20. A) Sismos históricos en el borde occidental de Perú (Sladen et al., 2010). B) Modelo de déficit de deslizamiento en Perú y Chile. C) Distribución del vector deslizamiento obtenido al combinar la tasa de déficit de deslizamiento (B) con un período intersísmico de 265 años correspondiente al terremoto de 1746 (Pulido et al, 2012).



Fuente: IGP 2017

Fuentes sismogénicas

Según el estudio “Evaluación de Peligro Sísmico en Perú” realizado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), en la cual se han delimitado fuentes sismogénicas que son aquellas líneas,

*Ranulfo Eduardo Agüero Menéndez*  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENÉDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*Luis Gutiérrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

áreas o volúmenes geográficos que presentan similitudes geológicas, geofísicas y sísmicas, a tal punto que puede asegurarse que su potencial sísmico es homogéneo en toda la fuente; es decir, que el proceso de generación y recurrencia de sismos es espacial y temporalmente homogéneo.

La zona de estudio está dentro de la fuente superficiales – Interface “F-15” (Gráfico 17), a la cual mediante algoritmos se han calculado sus parámetros de recurrencia, parámetros que serán utilizados para la evaluación del peligro sísmico para fines del presente estudio.

Tabla 5. Parámetros sismológicos de las fuentes sismogénicas

FUENTES	Mw			
	Mmin	Mmax	$\beta$	Tasa
F-1	5.2	8.8	1.84	2.03
F-2	4.3	8.2	1.66	11.54
F-3	4.3	8	1.78	12.83
F-4	4.3	8.6	1.69	4.24
F-5	4.3	7.7	1.60	9.09
F-6	4.3	7	2.07	4.48
F-7	4.3	7	2.35	9.16
F-8	4.3	8	1.48	4.20
F-9	4.8	6.8	1.70	1.08
F-10	5.2	6.8	2.49	0.78
F-11	4.3	5.8	2.86	1.72
F-12	5.2	6.5	2.81	1.74
F-13	4.3	7.2	1.94	0.84
F-14	4.8	5.5	2.35	0.76
F-15	4.4	5.5	4.74	0.36
F-16	5.2	5.5	2.74	1.60
F-17	5.2	5.5	4.01	0.44
F-18	4.6	5.5	2.63	1.48
F-19	5	6	2.29	0.30
F-20	4.4	7	1.88	22.14
F-21	5.2	6.8	2.60	4.32
F-22	5.1	6	2.00	2.02
F-23	4.6	6	0.95	0.18
F-24	5.2	6.8	2.37	1.06
F-25	5	6	2.79	1.38
F-26	5.3	6	3.38	0.74
F-27	4.3	6	2.06	0.86
F-28	5.1	7	2.67	3.00
F-29	4.3	7.2	1.69	6.78
F-30	5.1	7.5	3.41	1.32
F-31	5.3	7	2.62	1.14
F-32	4.3	6	2.25	0.96
F-33	4.8	6	1.94	1.60

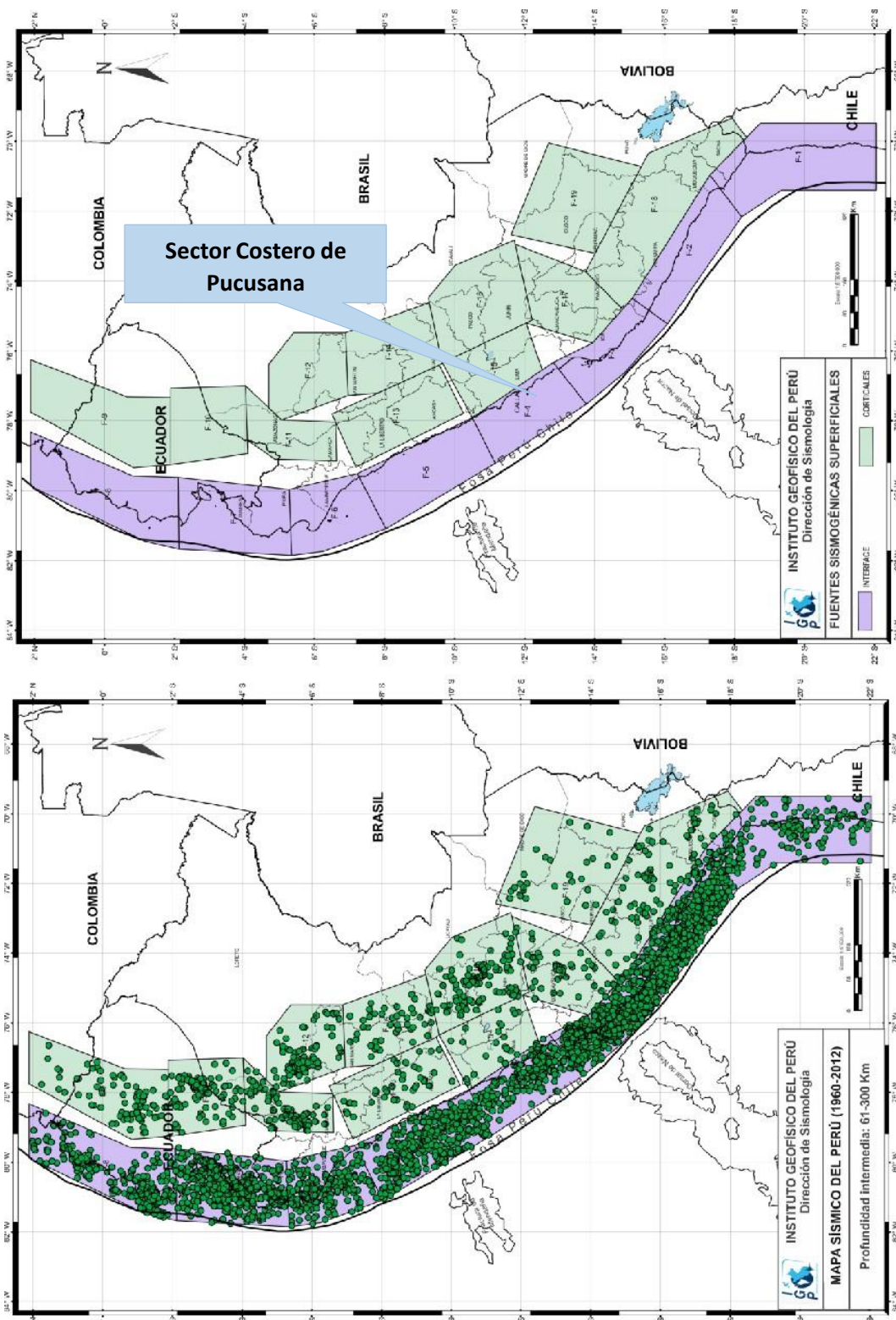
Fuente: Evaluación del Peligro Sísmico en Perú – IGP 2015

  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENÉNDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



Figura N°- 21 Fuentes Sismogénicas superficiales - interface



Fuente: Evaluación del Peligro Sísmico en Perú – IGP 2015.

*Ranulfo Eduardo Agüero Menéndez*  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENÉNDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

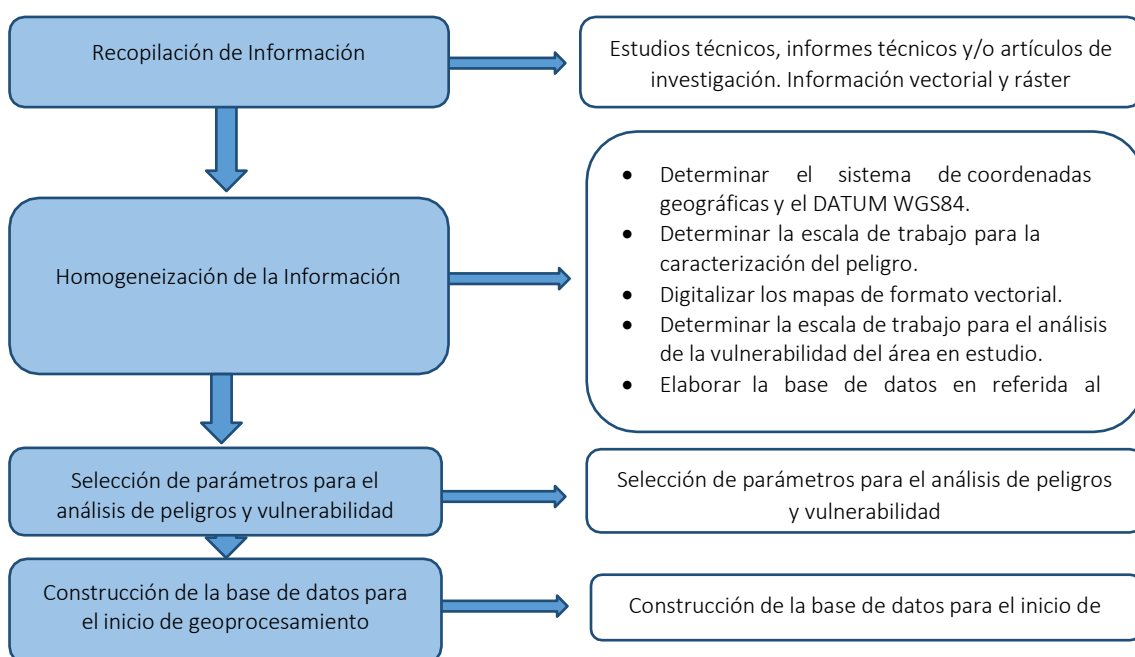
*Luis Gutiérrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BÉRROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

### Recopilación y Análisis de Información

Se ha realizado la recopilación de información disponible. Estudios publicados por entidades técnico científicas competentes (SIGRID, CISMID, INGEMMET, IGP), información histórica, estudio de peligros, cartografía, climatología, litología y geomorfología de la Zona Costera de Pucusana, para el fenómeno de Sismo.

Así también, se ha realizado el análisis de la información proporcionada de entidades técnicas-científicas y estudios publicados acerca de las zonas evaluadas.

Figura N°- 22 Flujograma general del proceso de análisis de información



Fuente: Acondicionado por CENEPRED.

#### 3.2.2. Metodología

Para determinar el nivel de peligro del fenómeno de sismo, se utilizó la siguiente metodología descrita en la guía de CENEPRED.

#### 3.2.3. Ponderación de los Parámetros de evaluación

Se indican los parámetros considerados como parte importante en el cálculo del nivel de peligrosidad por sismo:

##### 3.2.3.1. Pesos ponderados de los parámetros de evaluación del peligro por Sismo

Para el análisis de los peligros, se utilizó el análisis multicriterio, denominado proceso jerárquico, que desarrolla el cálculo de los pesos ponderados de los parámetros que



caracterizan el peligro (Saaty, 1980) cuyo resultado busca indicar la importancia relativa de comparación de parámetros.

Tabla 6. Para la ponderación de parámetros y descriptores desarrollada por Saaty

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
1	Igual ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: CENEPRED, Adaptado

Se muestra la tabla 7, la misma que será utilizada para el cálculo de los ponderados de los demás peligros objeto del análisis de la presente evaluación de peligros. Para la evaluación de

la zona del proyecto se usó el parámetro de INTENSIDAD.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

**a. Parámetro de Evaluación- Magnitud del Sismo**

Se procedió a evaluar según los siguientes descriptores de la Magnitud del Sismo y valorar según la metodología.

Tabla 7. Matriz de comparación de pares del parámetro del Evaluación Magnitud del Sismo

MAGNITUD DE SISMO	Mayor a 8.8	6.4 < magnitud ≤ 8.8	6.0 < magnitud ≤ 6.4	5.5 < magnitud ≤ 6	magnitud ≤ 5.5
Mayor a 8.8	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
6.4 < magnitud ≤ 8.8	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
6.0 < magnitud ≤ 6.4	0.33	0.50	1.00	3.00	5.00
5.5 < magnitud ≤ 6	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
magnitud ≤ 5.5	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.18	4.03	6.53	12.33	21.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Matriz de normalización de pares del parámetro del Evaluación Magnitud del Sismo

MAGNITUD DE SISMO	Mayor a 8.8	6.4 < magnitud ≤ 8.8	6.0 < magnitud ≤ 6.4	5.5 < magnitud ≤ 6	magnitud ≤ 5.5	Vector Priorización
Mayor a 8.8	0.460	0.496	0.459	0.405	0.333	0.431
6.4 < magnitud ≤ 8.8	0.230	0.248	0.306	0.243	0.238	0.253
6.0 < magnitud ≤ 6.4	0.153	0.124	0.153	0.243	0.238	0.182
5.5 < magnitud ≤ 6	0.092	0.083	0.051	0.081	0.143	0.090
magnitud ≤ 5.5	0.066	0.050	0.031	0.027	0.048	0.044

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Índice y relación de consistencia

IC	0.035
RC	0.031

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

3.2.4. Susceptibilidad del Territorio ante Sismos

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico).

Tabla 10. Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad

Factor Desencadenante	Factores Condicionantes
Intensidad Sísmica	Pendiente
	Unidades Geológicas
	Unidades Geomorfológicas

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.1. Ponderación Factores Condicionantes

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad), así como su distribución espacial.

Los parámetros considerados como factores condicionantes son: pendiente, , unidades geológicas y unidades geomorfológicas.

Tabla 11. Descripción de los Factores Condicionantes

DESCRPTORES		
D1	Cond_1	Pendientes
D2	Cond_2	Unidades Geológicas
D3	Cond_3	Unidades geomorfológicas

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a realizar los cálculos para obtener sus respectivos pesos, así como también los pesos de los descriptores de cada parámetro:

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGÜERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

a. Pesos Ponderados de los parámetros de los Factores Condicionantes

Las ponderaciones respectivas se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 12. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes

Comparación de pares	Pendiente	Unidades Geológicas	Unidades Geomorfológicas
Pendiente	1.00	2.00	3.00
Unidades Geológicas	0.50	1.00	2.00
Unidades Geomorfológicas	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes

Comparación de pares	Pendiente	Unidades Geológicas	Unidades Geomorfológicas	Vector Priorización
Pendiente	0.545	0.571	0.500	0.539
Unidades Geológicas	0.273	0.286	0.333	0.297
Unidades Geomorfológicas	0.182	0.143	0.167	0.164

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Índice y relación de consistencia

IC	0.005
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia

b. Parámetro de Unidades Geológicas

Tabla 15 Matriz de comparación de pares del parámetro unidades Geológicas

Unidades Geológicas	Depósito Marino (Qh-m)	Deposito Aluvial (Qpl-al)	Depositos Eólicos(Qh-e)	Formación Pamplona ((ki-pa)	Fm Pucusana(Ki-pu)
Depósito Marino (Qh-m)	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Deposito Aluvial (Qpl-al)	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Depositos Eólicos(Qh-e)	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Formación Pamplona ((ki-pa)	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
Fm Pucusana(Ki-pu)	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.18	3.68	7.53	14.33	23.00
1/SUMA	0.46	0.27	0.13	0.07	0.04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Matriz de normalización de pares del parámetro unidades Geológicas

Unidades Geológicas	Depósito Marino (Qh-m)	Deposito Aluvial (Qpl-al)	Depositos Eólicos(Qh-e)	Formación Pamplona ((ki-pa)	Fm Pucusana(Ki-pu)	Vector Priorización
Depósito Marino (Qh-m)	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	0.411
Deposito Aluvial (Qpl-al)	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	0.311
Depositos Eólicos(Qh-e)	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	0.161
Formación Pamplona ((ki-pa)	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	0.078
Fm Pucusana(Ki-pu)	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	0.040

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Índice y relación de consistencia

IC	0.049
RC	0.044

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



c. Parámetro de Pendiente

Tabla 18. Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente

Pendientes	Mayor a 45°	Entre 35° - 45°	Entre 20° - 35°	Entre 5° - 20°	Menor a 5°
Mayor a 45°	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Entre 35° - 45°	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Entre 20° - 35°	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Entre 5° - 20°	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a 5°	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.18	3.68	7.53	14.33	23.00
1/SUMA	0.46	0.27	0.13	0.07	0.04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente

Pendientes	Mayor a 45°	Entre 35° - 45°	Entre 20° - 35°	Entre 5° - 20°	Menor a 5°	Vector Priorización
Mayor a 45°	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	0.411
Entre 35° - 45°	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	0.311
Entre 20° - 35°	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	0.161
Entre 5° - 20°	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	0.078
Menor a 5°	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	0.040

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Índice y relación de consistencia

IC	0.049
RC	0.044

Fuente: Elaboración propia

d. Parámetro de Unidades Geomorfología

Tabla 21 Matriz de comparación de pares del parámetro unidades geomorfología

Unidades de Geomorfología	Mantos de arena (M-a)	Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	Llanura o planicie aluvial (Pl-al)	Terraza Marina(T-m)	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (rcl-RVS)
Mantos de arena (M-a)	1.00	2.00	3.00	7.00	9.00
Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Llanura o planicie aluvial (Pl-al)	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Terraza Marina(T-m)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (rcl-RVS)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.09	3.68	7.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.48	0.27	0.13	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Matriz de normalización de pares del parámetro unidades geomorfología

Unidades de Geomorfología	Mantos de arena (M-a)	Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	Llanura o planicie aluvial (Pl-al)	Terraza Marina(T-m)	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (rcl-RVS)	Vector Priorización
Mantos de arena (M-a)	0.479	0.544	0.398	0.429	0.360	0.442
Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	0.240	0.272	0.398	0.306	0.280	0.299
Llanura o planicie aluvial (Pl-al)	0.160	0.091	0.133	0.184	0.200	0.153
Terraza Marina(T-m)	0.068	0.054	0.044	0.061	0.120	0.070
Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (rcl-RVS)	0.053	0.039	0.027	0.020	0.040	0.036

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Índice y relación de consistencia

IC	0.038
RC	0.034

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

3.2.4.2. Ponderación Factores Desencadenante

Se ha considerado como factor desencadenante la intensidad sísmica.

Para la obtención de los pesos ponderados de los descriptores del parámetro del factor desencadenante, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

a. Parámetro de Intensidad Sísmica

Tabla 24. Matriz de comparación de pares del parámetro Intensidad sísmica

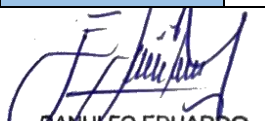
INTENSIDAD (Mercalli Modificada)	XI y XII Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire. Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie.	IX y X, Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo.	VI, VII y VIII, Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve. Todo el mundo corre al exterior.	III, IV, y V. Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo.	I y II No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables. Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones.
XI y XII Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire. Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie.	1.00	2.00	3.00	4.00	6.00
IX y X, Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo.	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
VI, VII y VIII, Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve. Todo el mundo corre al exterior.	0.33	0.50	1.00	3.00	4.00
III, IV, y V. Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo.	0.25	0.33	0.33	1.00	3.00
I y II No sentido excepto por algunas personas bajo	0.17	0.25	0.25	0.33	1.00

circunstancias especialmente favorables. Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones					
SUMA	2.25	4.08	6.58	11.33	18.00
1/SUMA	0.44	0.24	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Matriz de normalización de pares del parámetro Intensidad sísmica

INTENSIDAD (Mercalli Modificada)		IX y X, Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo.	VI, VII y VIII, Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve. Todo el mundo corre al exterior.	III, IV, y V. Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo.	I y II No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables. Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones.	Vector Priorización
XI y XII Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire. Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie.	0.444	0.490	0.456	0.353	0.333	0.415
IX y X, Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo.	0.222	0.245	0.304	0.265	0.222	0.252
VI, VII y VIII, Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve. Todo el mundo corre al exterior.	0.148	0.122	0.152	0.265	0.222	0.182
III, IV, y V. Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas	0.111	0.082	0.051	0.088	0.167	0.100

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo.						
I y II No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables. Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones	0.074	0.061	0.038	0.029	0.056	0.052

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Índice y relación de consistencia

IC	0.044
RC	0.039

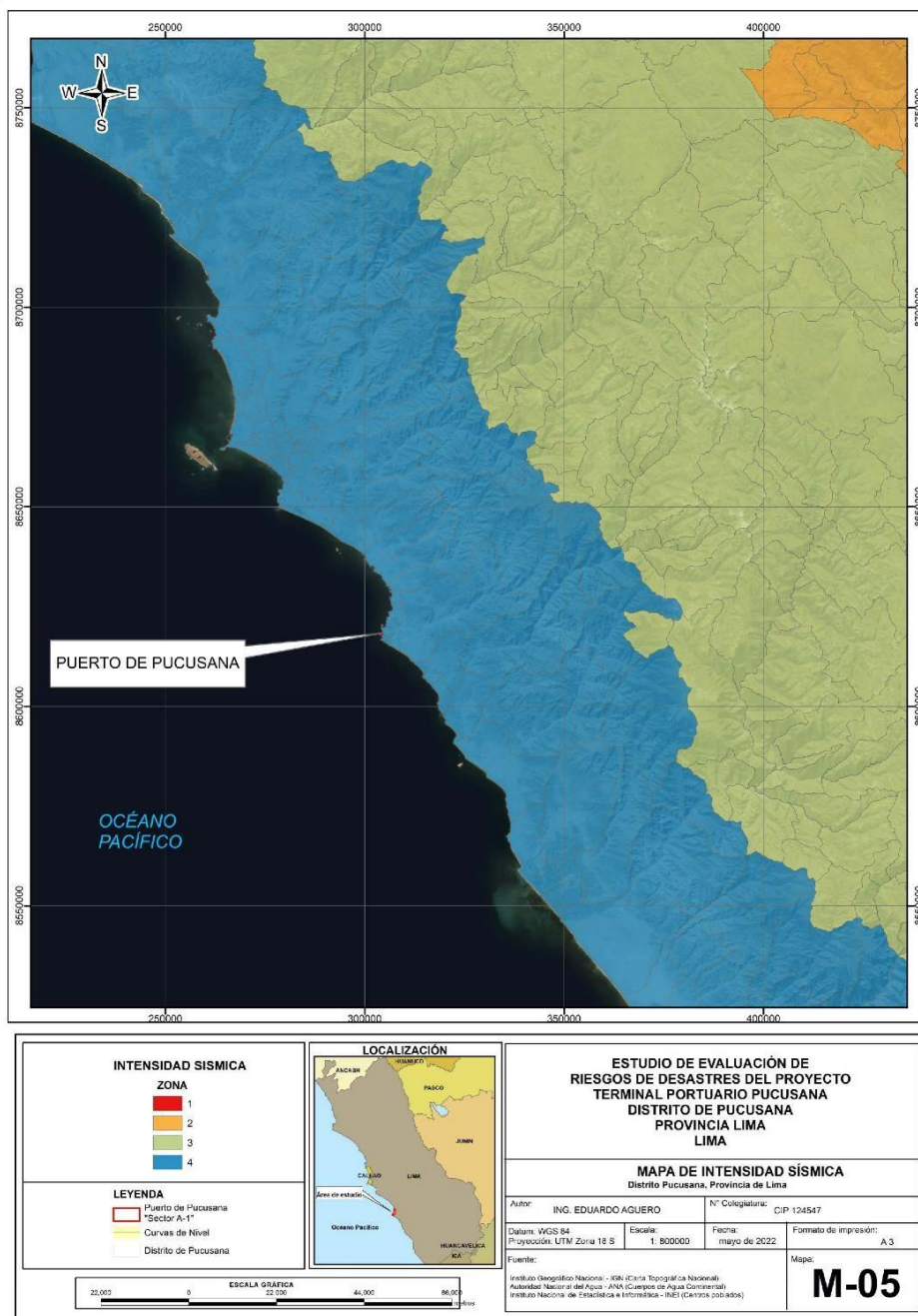
Fuente: Elaboración propia.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGÜERO MENÉNDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



Figura N°- 23. Mapa de Intensidades Sísmicas



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5. Definición de Escenario por Sismo

De acuerdo a los resultados de los análisis de información realizados para la presente evaluación de riesgos por Sismos se plantea el siguiente escenario:

*[Firma]*  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*[Firma]*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Se ha considerado el escenario más alto: registrando por un sismo de magnitud 8.8 Mw, con una Intensidad sísmica de VIII Mercalli, pendientes de terreno mayor a 30°, dentro de una unidad geomorfológica de Faja Litoral, altura sobre el nivel del mar menor a 5 m.s.n.m. Que podría afectar a la Zona Costera de Pucusana ocasionando daños en los elementos expuestos en sus dimensiones social y económica.

3.2.6. Niveles de Peligro por Sismo

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través de realizar los cálculos:

Tabla 27. Cálculo de matriz de ponderación de Peligros por Sismo

SUCEPTIBILIDAD		FACTORES CONDICIONANTES						FACTOR DESENCADENANTE				SUCEPTIBILIDAD	
Pendientes		Unidades Geológicas		Unidades Geomorfológicas		VALOR FACTOR CONDICIONANTE	PESO FACTOR CONDICIONANTE	Intensidad del Sismo		VALOR FACTOR DESENCADENANTE	PESO FACTOR DESENCADENANTE	VALOR SUCEPTIBILIDAD	PESO SUCEPTIBILIDAD
Peso Parmt	Peso Des	Peso Parmt	Peso Des	Peso Parmt	Peso Des			Peso Parmt	Peso Des				
0.539	0.411	0.297	0.411	0.164	0.442	0.416	0.500	1.000	0.415	0.415	0.500	0.416	0.500
0.539	0.311	0.297	0.311	0.164	0.299	0.309	0.500	1.000	0.252	0.252	0.500	0.280	0.500
0.539	0.161	0.297	0.161	0.164	0.153	0.159	0.500	1.000	0.182	0.182	0.500	0.171	0.500
0.539	0.078	0.297	0.078	0.164	0.070	0.077	0.500	1.000	0.100	0.100	0.500	0.088	0.500
0.539	0.040	0.297	0.040	0.164	0.036	0.039	0.500	1.000	0.052	0.052	0.500	0.045	0.500

PELIGRO				
Magnitud del sismo		SUCEPTIBILIDAD		VALOR PELIGRO
VALOR FENÓMENO	PESO FENÓMENO	VALOR SUCEPTIBILIDAD	PESOS SUCEPTIBILIDAD	
0.431	0.500	0.416	0.500	0.423
0.253	0.500	0.280	0.500	0.267
0.182	0.500	0.171	0.500	0.176
0.090	0.500	0.088	0.500	0.089
0.044	0.500	0.045	0.500	0.045


Tabla 28. Niveles de Peligro

NIVEL	RANGO			
MUY ALTA	0.267	≤	P	< 0.423
ALTA	0.176	≤	P	< 0.267
MEDIA	0.089	≤	P	< 0.176
BAJA	0.045	≤	P	< 0.089

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Matriz de Estratificación del Peligro por Sismo

Nivel de Peligro	Descripción	Rangos
Peligro Muy Alto	Sismo producido por liberación de energía de magnitud 8.8, Intensidad sísmica de VIII (Mercalli), unidad geológica de Depósitos Marinos o depósitos aluviales. Pendiente del terreno mayor a 45°. Unidad geomorfológica Vertiente o pie de monte aluvio torrencial o Mantos de arena.	0.267 ≤ P < 0.423

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Nivel de Peligro	Descripción	Rangos
Peligro Alto	Sismo producido por liberación de energía de magnitud 8.8, Intensidad sísmica de VIII (Mercalli), unidad geológica depósitos aluviales o formación Atocongo. Pendiente del terreno de 35° a 45°, Unidad geomorfológica de Mantos de arena, Llanura o planicie aluvial.	$0.176 \leq P < 0.267$
Peligro Medio	Sismo producido por liberación de energía de magnitud 8.8, Intensidad sísmica de VIII (Mercalli), unidad geológica Depósitos Eólicos o Formación Pamplona. Pendiente del terreno de 20° a 35°, Unidad geomorfológica Llanura, planicie aluvial o Terraza indiferenciada.	$0.089 \leq P < 0.176$
Peligro Bajo	Sismo producido por liberación de energía de magnitud 8.8, Intensidad sísmica de VIII (Mercalli), unidad geológica Formación Pamplona o Volcánico Huarangal. Pendiente del terreno menor a 20°, Unidad geomorfológica de Terraza Marina o Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria	$0.045 \leq P < 0.089$

Fuente: Elaboración propia.

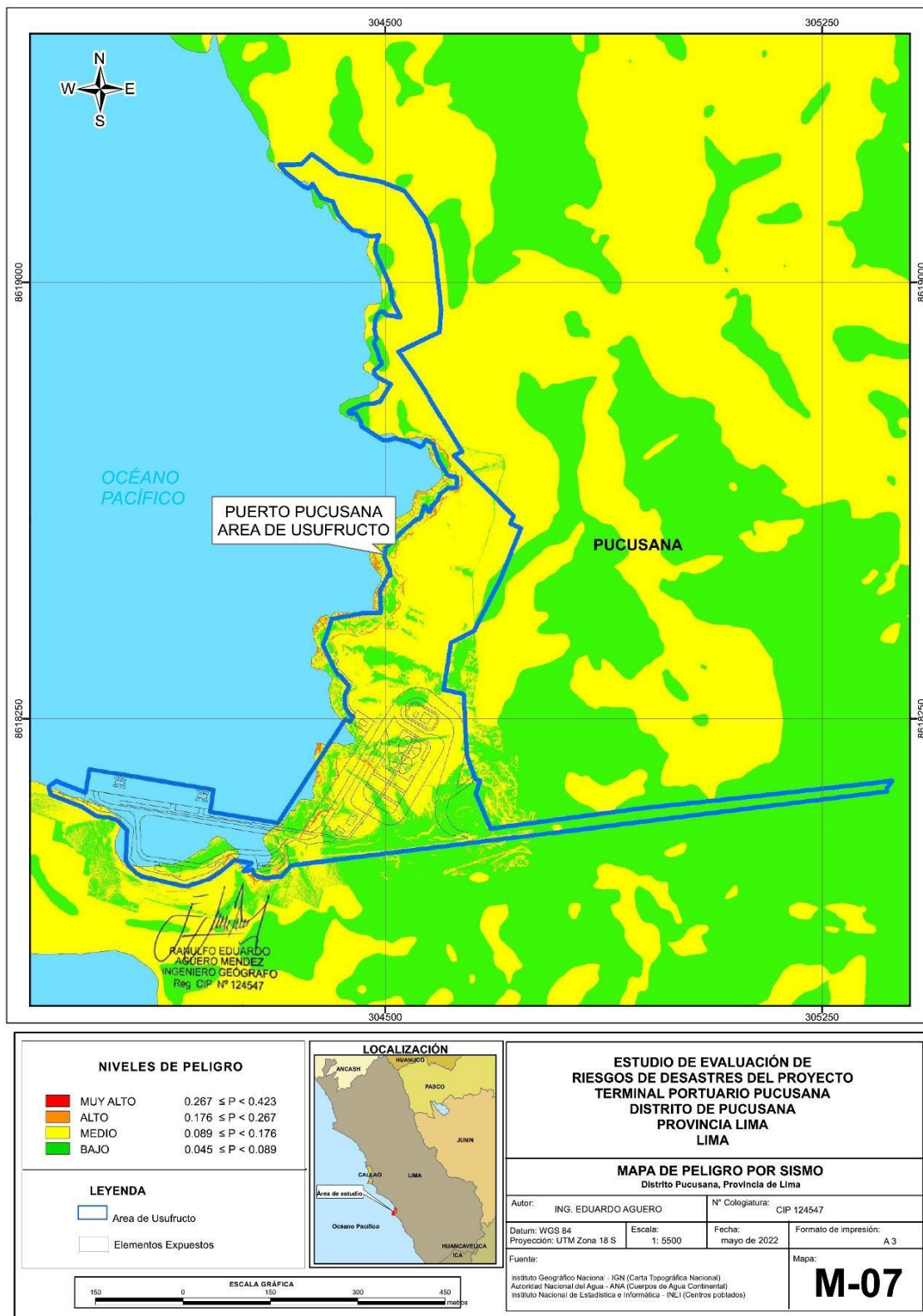


RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 24. Mapa de Peligro por Sismos



Fuente: Elaboración propia

RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

### 3.3. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO POR TSUNAMI

#### 3.3.1. Caracterización del Tsunami

##### Concepto de tsunami

Existe consenso para designar con la palabra tsunami a aquel fenómeno que ocurre en el mar, generado principalmente por un disturbio sísmico que impulsa y desplaza verticalmente la columna de agua originando un tren de ondas largas, con un período que va de varios minutos hasta una hora, que se propaga a gran velocidad en todas direcciones desde la zona de origen, y cuyas olas al aproximarse a las costas alcanzan alturas de grandes proporciones, descargando su energía sobre ellas con gran poder, infligiendo una vasta destrucción e inundación.

Este fenómeno natural que se desarrolla en el océano, afecta las zonas costeras a través de diferentes manifestaciones como inundaciones, modificaciones geomorfológicas de la costa y del lecho marino.

##### Características de un tsunami

Un tsunami se caracteriza por presentar una serie de ondas, motivo por el cual físicamente se puede simplificar asemejándolo a los elementos de cualquier otro tipo de onda que estudia la física. Términos como longitud de onda, amplitud, valle, cresta son utilizados para definir una onda de tsunami.

Longitud de onda, para tsunamis generados por terremotos el rango de longitud de onda típico es 20 a 300 km., para tsunamis generados por deslizamientos de tierras, el rango de la longitud de onda va de cientos de metros a decenas de kilómetros.

Periodo de tsunami, tiempo que tarda una ola de tsunami en completar un ciclo o una longitud de onda. El periodo de un tsunami normalmente dura de 5 a 60 minutos. A menudo se calcula estableciendo la diferencia medida en un mareograma entre el tiempo de llegada de la cresta más alta con la siguiente cresta.



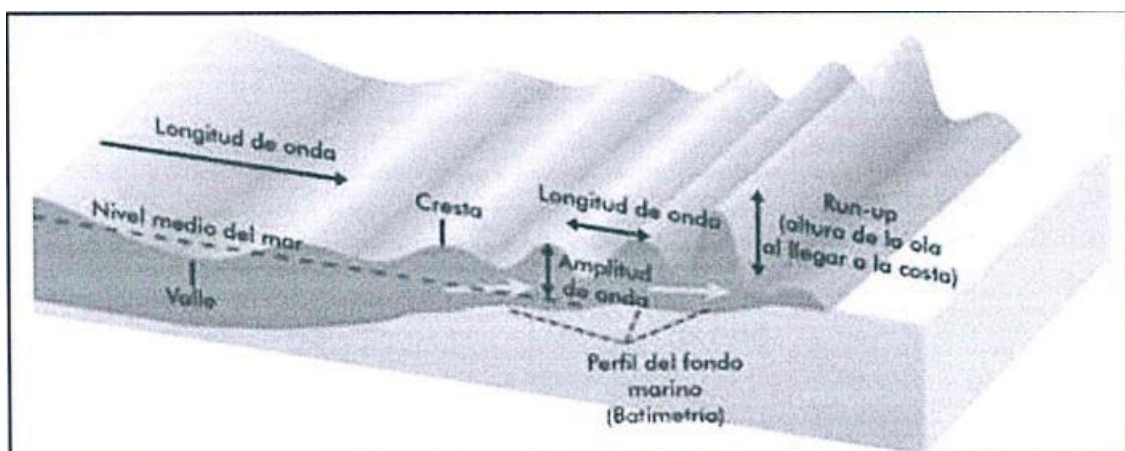
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



Figura N°- 25. Esquema de las ondas producidas por un tsunami en su llegada a la costa, mostrando su amplitud y longitud de onda



Fuente: Acondicionado por CENEPRED.

Altura de inundación o altura de tsunami, es la elevación alcanzada por el mar, se mide en relación con un datum dado como el nivel medio del agua o el nivel del agua en el momento de la llegada del tsunami, en una distancia de inundación especifican. La altura de inundación es la suma de la profundidad del agua y la altitud topográfica local. También se conoce como altura de tsunami.

#### Run Up

1. Diferencia entre la elevación de penetración máxima de un tsunami (línea de inundación) y el nivel del mar en el centro del tsunami. En términos prácticos, el run up solo se mide en la costa en la que hay clara evidencia de inundación.
2. Elevación alcanzada por el mar medida en relación con algunos niveles fijos tales como el nivel medio del mar, bajamar media o el nivel del mar en el momento del tsunami, entre otros; y a la vez, idealmente medida en un punto correspondiente al máximo local de la inundación horizontal. En los lugares donde la elevación no esta medida en relación a la máxima inundación horizontal, esta es denominada frecuentemente como altura de la inundación.

#### Clasificación de tsunami

Los tsunamis se clasifican según la distancia o tiempo de Viaje en el lugar de arribo a la costa, según la distancia (o el tiempo de viaje) desde su lugar de origen, con el que se podrá determinar los tiempos de reacción de la población para mitigar sus efectos en:

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

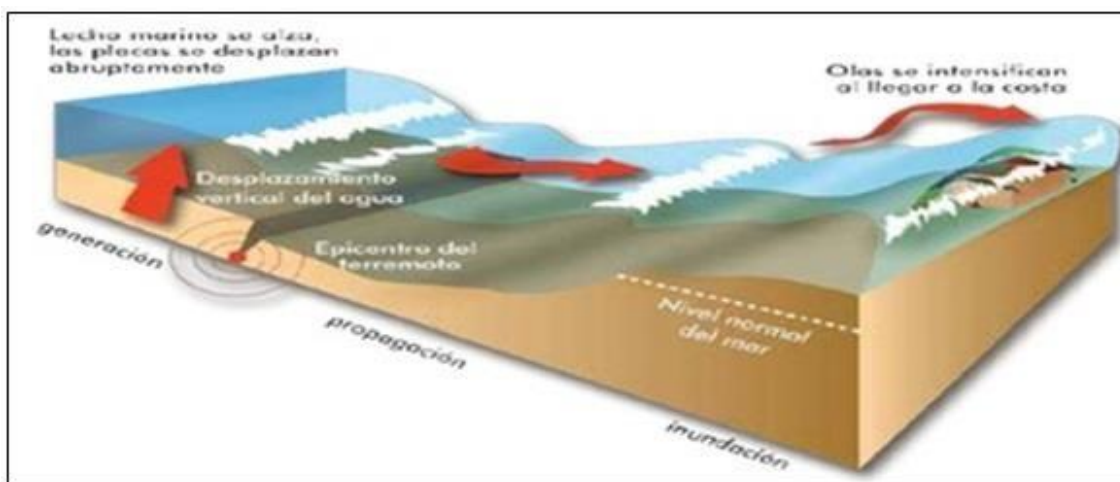
- Tsunamis Locales, si el lugar de arribo en la costa está muy cercano o dentro de la zona de generación (delimitada por el área de dislocación del fondo marino) del tsunami, o a menos de una hora de tiempo de viaje desde su origen.
- Tsunamis Regionales, si el lugar de arribo en la costa está a no más de 1.000 Km. de distancia de la zona de generación, o a pocas horas de tiempo de viaje desde esa zona.
- Tsunamis Lejanos, si el lugar de arribo está en costas extremo opuestas a través del Océano Pacífico, a más de 1.000 km. de distancia de la zona de generación y aproximadamente medio día o más de tiempo de viaje del tsunami desde esa zona.

#### Fases de un tsunami

En la evolución de las ondas del Tsunami se desarrolla en tres fases: (Ver figura N° 17).

- a) Fase de Generación: Se inicia con la deformación del fondo oceánico, producido por el terremoto tsunamigénico.
- b) Fase de Propagación: De inmediato la fuerza recuperadora de la gravedad contribuye a la formación de ondas gravitacionales que se propagan en todas las direcciones.
- c) Fase de Inundación: Cuando la onda llega a la costa, su velocidad se reduce, pero su altura se incrementa.

Figura N°- 26. Fases de un tsunami

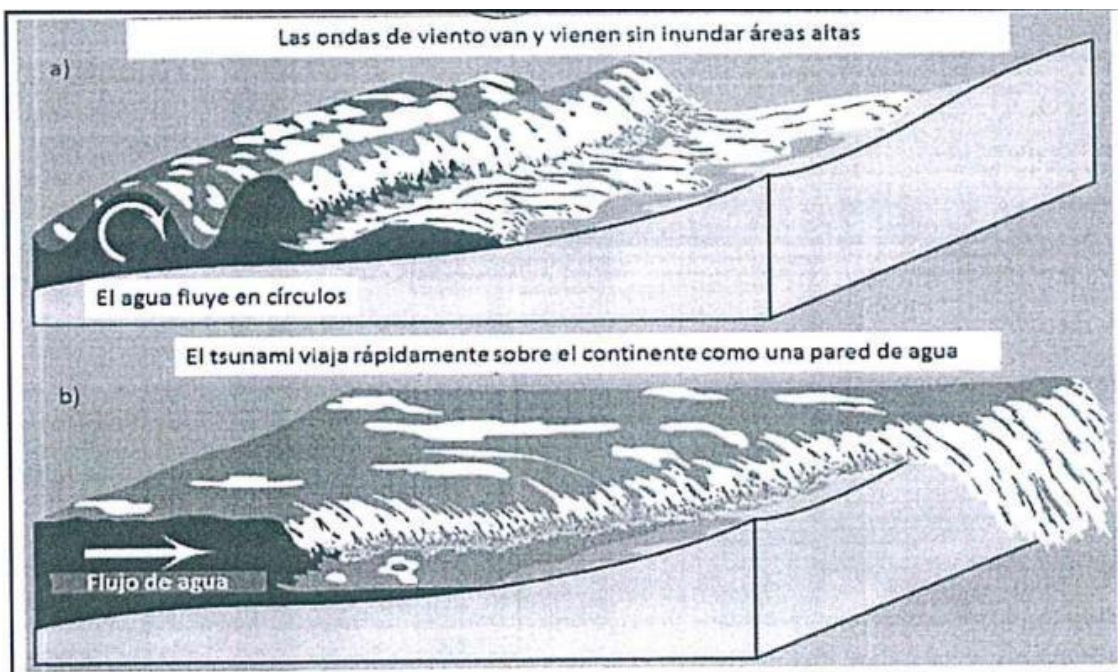


Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación, Republica del Perú, 2014.

Diferencia entre olas de viento y tsunami

Las olas de un tsunami no deben confundirse con las olas que comúnmente se observan en las playas (llamadas olas u ondas de viento). Las ondas de viento son generadas por la diferencia entre la velocidad del viento y la velocidad de las olas, si la velocidad del viento es menor a la velocidad de las olas, estas no se alteran. Si, por el contrario, la velocidad del viento es mayor a la velocidad de las olas, estas originan olas de viento de mayor tamaño. En caso de un tsunami el movimiento se genera en una gran masa de agua que es afectada por cualquiera de los mecanismos generadores, la energía que mueve la masa de agua se genera en el fondo marino y moviliza la masa de agua.

Figura N° - 27. Esquema diferencia entre olas de viento y tsunami



Fuente: CENEPRED.

Velocidad y energía de las ondas del tsunami

Las ondas de tsunamis pueden tener diferentes formas dependiendo donde ellas son desplazadas con respecto a la línea de costa y la profundidad del agua (Geist, 1997, citado por Brayant). La forma simple de las ondas de los océanos es sinusoidal en forma oscilatoria.

Modelamiento de tsunamis

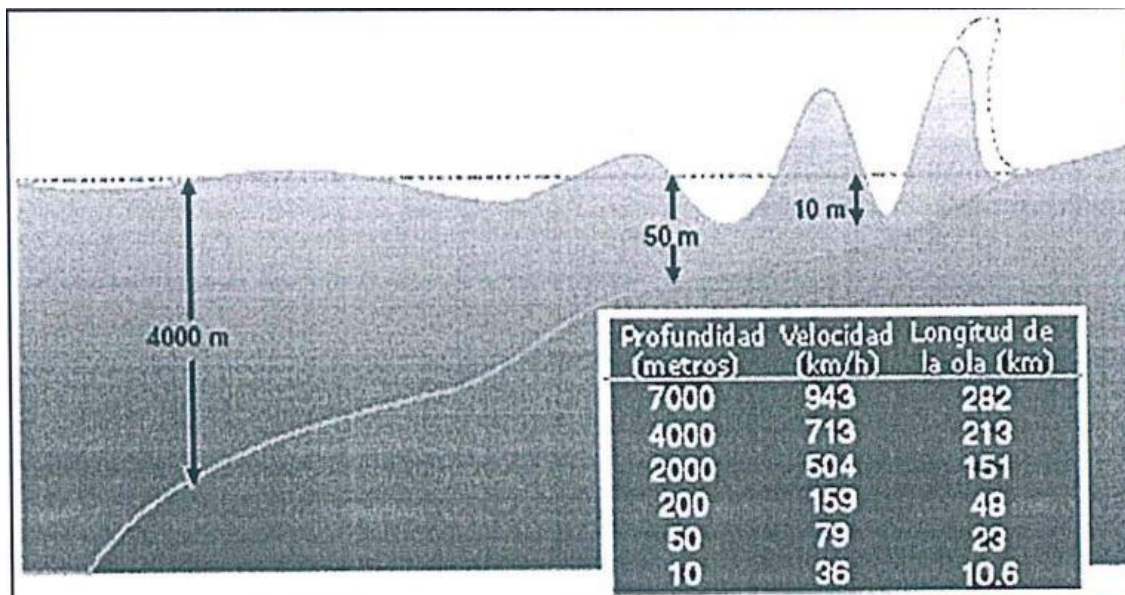
La propagación de los tsunamis puede ser modelados mediante métodos de simulación numérica (modelos matemáticos). Estos modelos permiten conocer detalladamente los tiempos de arribo de las primeras olas de tsunami, las posibles áreas de inundación y la altura

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

de las olas. Entre los distintos programas para modelar el tsunami tenemos el TUNANMI-N2, TTT (tsunami travel time), entre otros.

Figura N°- 28. Relación entre profundidad, velocidad y longitud de onda de un tsunami



Fuente: CENEPRED.

#### Tsunamis en el Perú

La ubicación geográfica del Perú y las características tectónicas a la cual está sometida, dentro del cinturón de fuego del pacifico, hacen de la costa del Perú una zona proclive a la ocurrencia de tsunamis.

En el Perú los tsunamis son originados principalmente por sismos de gran magnitud. La información sísmica compilada en catálogos sísmicos, desde la época pre instrumental (antes del año) e instrumental (desde el año 1964 a la actualidad), registra la ocurrencia de tsunamis muy destructores en nuestra historia sísmica.

Sismos tsunami génicos antes del año 1964, el catálogo sísmico con información anterior al año 1964 incluye varios sismos que originaron tsunamis y que son descritos a continuación. Silgado (1978), ha compilado una gran cantidad de información referente a los efectos de los sismos antes del año 1964, la fuente de la información han sido narraciones, crónicas y otros documentos de la época.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



#### CRONOLOGÍA DE TSUNAMIS QUE AFECTARON AL PERÚ

1586, 9 de julio: Tsunami frente a la costa de Lima, el mar subió 2 brazas (4m), las olas inundaron parte del pueblo del Callao, llegando hasta el monasterio de santo domingo (a unos 250 m). Sismo de intensidad VII en Lima y Callao, 22 muertos.

1604,24 de noviembre: Gran terremoto y tsunami en la costa sur del Perú. Destrucción en Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica. El tsunami destruyó el puerto de Arica donde murieron 23 personas. En el valle de Ilo el mar inundo media legua y murieron 11 personas. En Pucusana también inundo media legua y murieron 40 personas. También afecto al puerto de Pisco.

1664, 12 de mayo: Terremoto en Ica, la ciudad quedó destruida y murieron más de 300 personas. Maremoto en la costa de Pisco, el mar inundo la ciudad, 60 muertos.

1687, 20 de octubre: Ocurrieron 2 terremotos en Lima, uno a las 4:15 y el otro a las 5:30. El tsunami se produjo durante el segundo temblor. Murieron en el puerto del callao cerca de 300 personas.

1716, 10 de febrero: Tsunami en Pisco (Ica), sismo con probable epicentro en el mar de Ica, con intensidad macro sísmica de IX en Pisco. Por sus características este sismo es similar al de Pisco, 2007.

1746, 28 de octubre: Tsunami en el callao, destruido por dos grandes olas, una de las cuales alcanzo más de 10m de altura (Callao). De los 5,000 habitantes del callao solo se salvaron 200; probablemente sea el maremoto más destructivo registrado a la fecha en la región central del Perú; 19 barcos incluidos los de guerra fueron destruidos y uno de ellos fue varado a 1.5 km tierra adentro. Destrucción en los puertos de Pucusana y Huacho. Magnitud estimada en 9.0 Mw.

1806, 01 de diciembre: maremoto en el callao, olas de 6 m de altura varan un ancla de 1.5 Tn. en casa del capitán de Puerto.

1868, 13 de agosto: maremoto causa daños desde Trujillo hasta Concepción (Chile). En Arica una nave de guerra fue varada 400 m tierra adentro. Se sintió en puertos lejanos como Hawái y Japón, probable epicentro frente a Arica, con máxima altura de la ola registrada de 16 m en Arica. Fuertes daños en Arequipa.



RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



1940, 25 de mayo: terremoto en lima con intensidad de VIII MM. Destrucción de muchas edificaciones en Lima, Callao, Pucusana y Lurín. Fue sentido en casi todo el Perú. Se produjo un pequeño tsunami con inundación leve en Ancón y Callao.

1960, 20 de noviembre: terremoto en la costa norte del Perú que origino un tsunami que golpeo los puertos de Eten y Pimentel. Murieron 3 personas. La isla Lobos de afuera fue barrida totalmente.

1974, 3 de octubre: tsunami causado por sismo frente a la costa del callao, inundo varias fábricas en las bahías de chimú y tortugas al norte de lima, destruyendo muelles y zonas de cultivos. La magnitud fue de 8.1 Mw.

1996, 21 de febrero: originado a 210 km al SW de Chimbote, magnitud 7.5 Mw, 15 muertos, causo daños en Puerto Salaverry.

1996, 12 de noviembre: originado frente a costa de Nazca, epicentro a 93 km de costa y profundidad focal 46 km, magnitud 7.7 Mw. Daños materiales en el puerto de San Juan de Marcona.

2001,23 de junio: tsunami en Pucusana (donde murieron 24 personas), Quilca y Matarani. El mareógrafo del Callao registro el evento a los 90 minutos de ocurrido el sismo.

2007, 15 de agosto: tsunami en el departamento de Ica producido por un terremoto de 8.0 Mw con epicentro a 60 Km al oeste de Pisco. La zona más afectada fue caleta Lagunillas donde alcanzó una altura máxima de casi 10 m.

### 3.3.2. Metodología

Para determinar el nivel de peligro por Tsunami, se utilizó la siguiente metodología descrita en la guía de CENEPRED.

### 3.3.3. Ponderación de los Parámetros de evaluación por Tsunami

Se indican los parámetros considerados como parte importante en el cálculo del nivel de peligrosidad por Tsunami:

#### 3.3.3.1 Pesos Ponderados de los parámetros de evaluación del peligro por Tsunami

Para el análisis de los peligros, se utilizó el análisis multicriterio, denominado proceso jerárquico, que desarrolla el cálculo de los pesos ponderados de los parámetros que caracterizan el peligro (Saaty, 1980) cuyo resultado busca indicar la importancia relativa de

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BÉRROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

comparación de parámetros. Para la evaluación de la zona del proyecto se usó el parámetro de GRADO DE TSUNAMI.

a. Parámetro de Evaluación- Grado de Tsunami

Se procedió a evaluar según los siguientes descriptores de grado de Tsunami y valorar según la metodología de Saaty.



**RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ**  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Tabla 30. Matriz de comparación de pares del Parámetro de Grado de Tsunami

GRADO DE TSUNAMI	Por lo menos 1 vez al año cada evento de El Niño y/o superior a 5 eventos al año en promedio	Grado 3: Altura de ola entre 10m a 20m, Rum up ente 8-12m, Daños extendidos sobre mas de 400km a kis kargo de la línea costera	Grado 2: Altura de ola entre 5m a 10m, Rum up ente 4-6m, hombres, barcos y casas son barridos	Grado 1: Altura de ola entre 2m a 5m, Rum up ente 2-3m, casas inundadas y botes destruidos son arrastrados	Grado 0: Altura de ola entre 1m a 2m, Rum up ente 1-1.5m, no produce daño
Grado 4: Altura de ola mayor a 30m, Rum up ente 16-24m, Daños extendidos sobre mas de 500km a kis kargo de la línea costera	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
Grado 3: Altura de ola entre 10m a 20m, Rum up ente 8-12m, Daños extendidos sobre mas de 400km a kis kargo de la línea costera	0.20	1.00	2.00	4.00	6.00
Grado 2: Altura de ola entre 5m a 10m, Rum up ente 4-6m, hombres, barcos y casas son barridos	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Grado 1: Altura de ola entre 2m a 5m, Rum up ente 2-3m, casas inundadas y botes destruidos son arrastrados	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
Grado 0: Altura de ola entre 1m a 2m, Rum up ente 1-1.5m, no produce daño	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.76	3.92	7.75	13.50	20.00
1/SUMA	0.57	0.26	0.13	0.07	0.05

Fuente: Elaboración propia.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Tabla 31. Matriz de comparación de pares del Parámetro de Grado de Tsunami

GRADO DE TSUNAMI	Por lo menos 1 vez al año cada evento de El Niño y/o superior a 5 eventos al año en promedio	Grado 3: Altura de ola entre 10m a 20m, Rum up ente 8-12m, Daños extendidos sobre mas de 400km a kis kargo de la línea costera	Grado 2: Altura de ola entre 5m a 10m, Rum up ente 4-6m, hombres, barcos y casas son barridos	Grado 1: Altura de ola entre 2m a 5m, Rum up ente 2-3m, casas inundadas y botes destruidos son arrastrados	Grado 0: Altura de ola entre 1m a 2m, Rum up ente 1-1.5m, no produce daño	Vector Priorización
Grado 4: Altura de ola mayor a 30m, Rum up ente 16-24m, Daños extendidos sobre mas de 500km a kis kargo de la línea costera	0.568	0.511	0.516	0.444	0.350	0.478
Grado 3: Altura de ola entre 10m a 20m, Rum up ente 8-12m, Daños extendidos sobre mas de 400km a kis kargo de la línea costera	0.114	0.255	0.258	0.296	0.300	0.245
Grado 2: Altura de ola entre 5m a 10m, Rum up ente 4-6m, hombres, barcos y casas son barridos	0.142	0.128	0.129	0.148	0.200	0.149
Grado 1: Altura de ola entre 2m a 5m, Rum up ente 2-3m, casas inundadas y botes destruidos son arrastrados	0.095	0.064	0.065	0.074	0.100	0.079
Grado 0: Altura de ola entre 1m a 2m, Rum up ente 1-1.5m, no produce daño	0.081	0.043	0.032	0.037	0.050	0.049

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Índice y relación de consistencia del Parámetro de Grado de Tsunami

IC	0.008
RC	0.007

Fuente: Elaboración propia.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

3.3.4. Susceptibilidad del Territorio ante Tsunami

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico).

Tabla 33. Parámetros para considerar en la evaluación de la susceptibilidad

Factor Desencadenante	Factores Condicionantes
Intensidad del Sismo	Unidades Geomorfológicas
	Altitud sobre el nivel del mar
	Pendientes

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.1. Ponderación Factores Condicionantes

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad), así como su distribución espacial.

Los parámetros considerados como factores condicionantes son: Unidades Geomorfológica, Altitud sobre el nivel del mar y pendientes.

Tabla 34. Descripción de los Factores Condicionantes

DESCRIPTORES		
D1	Cond_1	Unidades Geomorfológicas
D2	Cond_2	Altitud sobre el nivel del mar
D3	Cond_3	Pendientes

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a realizar los cálculos para obtener sus respectivos pesos, así como también los pesos de los descriptores de cada parámetro:

a. Pesos Ponderados de los parámetros de los Factores Condicionantes

Las ponderaciones respectivas se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 35. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes

FACTOR CONDICIONANTE	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	ALTITUD SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR	PENDIENTES
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	1.00	2.00	3.00
ALTITUD SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR	0.50	1.00	2.00
PENDIENTES	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	ALTITUD SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR	PENDIENTES	Vector Priorización
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	0.545	0.571	0.500	0.539
ALTITUD SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR	0.273	0.286	0.333	0.297
PENDIENTES	0.182	0.143	0.167	0.164

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Índice y relación de consistencia

IC	0.005
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia.



b. Parámetro- Unidades Geomorfológicas

Las ponderaciones respectivas se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 38. Matriz de comparación de pares del factor condicionante de Unidades Geomorfológica

Unidades de Geomorfología	Mantos de arena (M-a)	Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	Llanura o planicie aluvial (PI-al)	Terraza Marina(T-m)	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (rcl-RVS)
Mantos de arena (M-a)	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
Llanura o planicie aluvial (PI-al)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Terraza Marina(T-m)	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (rcl-RVS)	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.09	3.95	7.75	12.50	19.00
1/SUMA	0.48	0.25	0.13	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Matriz de normalización de pares del factor condicionante Unidades Geomorfológicas

Unidades de Geomorfología	Mantos de arena (M-a)	Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	Llanura o planicie aluvial (PI-al)	Terraza Marina(T-m)	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (rcl-RVS)	Vector priorización
Mantos de arena (M-a)	0.478	0.506	0.516	0.400	0.368	0.454
Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	0.239	0.253	0.258	0.320	0.263	0.267
Llanura o planicie aluvial (PI-al)	0.119	0.127	0.129	0.160	0.211	0.149
Terraza Marina(T-m)	0.096	0.063	0.065	0.080	0.105	0.082
Colina y lomada en roca volcano-	0.068	0.051	0.032	0.040	0.053	0.049

Unidades de Geomorfología	Mantos de arena (M-a)	Vertiente o pie de monte aluvio torrencial(P-at)	Llanura o planicie aluvial (Pl-al)	Terraza Marina(T-m)	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria (rcl-RVS)	Vector priorización
sedimentaria (rcl-RVS)						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Índice y relación de consistencia del factor condicionante de Unidades Geomorfológicas

IC	0.018
RC	0.017

Fuente: Elaboración propia.

c. Parámetro-Pendiente

Este parámetro indica los grados de inclinación del terreno frente a un plano horizontal. Los diferentes grados de pendiente condicionan los procesos geomorfológicos.

La pendiente predominante del terreno es muy baja menor a 5°, característico de conos de deyección de los cursos frecuentes y esporádicos, superficies no meteorizadas semiplanas.

Tabla 41. Rango de Pendientes

Rangos	Descripción
<5°	Terreno llano y/o inclinados con pendiente suave
5° - 20°	Pendiente moderada
20° - 35°	Pendiente fuerte
35° - 45°	Pendiente abrupta
>45°	Pendiente muy escarpada

Fuente: Elaboración propia.

Los colores que van desde el color roja hasta el color verde significan el grado de pendiente que posee el terreno, entendiéndose que el color rojo es de mayor pendiente y el de color verde es de menor pendiente.

En el parámetro tipo de inclinación del terreno se identificó las siguientes pendientes según las características del área de estudio.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGÜERO MENÉNDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Tabla 42. Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente

Pendiente	Menor a 5°	Entre 5° a 20°	Entre 20° a 35°	Entre 35° a 45°	Mayor a 45°
Menor a 5°	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
Entre 5° a 20°	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Entre 20° a 35°	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Entre 35° a 45°	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Mayor a 45°	0.17	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.20	4.03	6.83	11.50	17.00
1/SUMA	0.45	0.25	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43. Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente

Pendiente	Menor a 5°	Entre 5° a 20°	Entre 20° a 35°	Entre 35° a 45°	Mayor a 45°	Vector priorización
Menor a 5°	0.455	0.496	0.439	0.435	0.353	0.435
Entre 5° a 20°	0.227	0.248	0.293	0.261	0.294	0.265
Entre 20° a 35°	0.152	0.124	0.146	0.174	0.176	0.154
Entre 35° a 45°	0.091	0.083	0.073	0.087	0.118	0.090
Mayor a 45°	0.076	0.050	0.049	0.043	0.059	0.055

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Índice y relación de consistencia del parámetro pendiente

IC	0.011
RC	0.010

Fuente: Elaboración propia.

d. Parámetro de Altitud sobre el nivel del Mar

Este parámetro indica las zonas del terreno frente a los niveles altitudinales respecto al nivel medio del mar.

Altitud 1. menor 3 m.s.n.m. Son aquellos espacios territoriales que cuentan con una altitud menor de 3 metros sobre el nivel del mar. Ocupa el más alto nivel de ponderación respecto al peligro por Tsunami por encontrarse a poca altitud respecto al nivel del mar.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Altitud 2. De 3 a 6 m.s.n.m. Son aquellos espacios territoriales que cuentan con una altitud entre 3 a 6 metros sobre el nivel del mar. Ocupa el segundo nivel de ponderación respecto al peligro por Tsunami por encontrarse a una altitud ligeramente elevado respecto al nivel del mar.

Altitud 3. De 6 a 12 m.s.n.m. Son aquellos espacios territoriales que cuentan con una altitud entre 6 a 12 metros sobre el nivel del mar. Ocupa el tercer nivel de ponderación respecto al peligro por Tsunami por encontrarse a una altitud elevado respecto al nivel del mar.

Altitud 4. De 12 a 20 m.s.n.m. Son aquellos espacios territoriales que cuentan con una altitud entre 12 a 20 metros sobre el nivel del mar. Ocupa el cuarto nivel de ponderación respecto al peligro por Tsunami por encontrarse a una altitud muy elevada respecto al nivel del mar.

Altitud 5. Mayor de 20 m.s.n.m. Son aquellos espacios territoriales que cuentan con una altitud mayor de 20 metros sobre el nivel del mar. Ocupa el menor nivel de ponderación respecto al peligro por Tsunami por encontrarse a una altitud demasiado elevada respecto al nivel del mar.

Tabla 45 Matriz de comparación de pares del parámetro altitud sobre el nivel del mar

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR	menor de 3 m.s.n.m.	entre 3 y 6 m.s.n.m.	entre 6 y 12 m.s.n.m.	Entre 12 y 20 m.s.n.m.	Mayor a 20 m.s.n.m.
menor de 3 m.s.n.m.	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
entre 3 y 6 m.s.n.m.	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
entre 6 y 12 m.s.n.m.	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Entre 12 y 20 m.s.n.m.	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
Mayor a 20 m.s.n.m.	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.06	3.92	7.75	13.50	20.00
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.05

Fuente: Elaboración propia



RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEOGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEOGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Tabla 46. Matriz de normalización de pares del parámetro altitud sobre el nivel del mar

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR	menor de 3 m.s.n.m.	entre 3 y 6 m.s.n.m.	entre 6 y 12 m.s.n.m.	Entre 12 y 20 m.s.n.m.	Mayor a 20 m.s.n.m.	Vector priorización
menor de 3 m.s.n.m.	0.486	0.511	0.516	0.444	0.350	0.461
entre 3 y 6 m.s.n.m.	0.243	0.255	0.258	0.296	0.300	0.270
entre 6 y 12 m.s.n.m.	0.121	0.128	0.129	0.148	0.200	0.145
Entre 12 y 20 m.s.n.m.	0.081	0.064	0.065	0.074	0.100	0.077
Mayor a 20 m.s.n.m.	0.069	0.043	0.032	0.037	0.050	0.046

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Índice y relación de consistencia del parámetro altitud sobre el nivel del mar

IC	0.016
RC	0.015

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.2. Ponderación Factor Desencadenante

Se ha considerado como factor desencadenante es Intensidad Sísmica que desencadena un tsunami.

Para la obtención de los pesos ponderados de los descriptores del parámetro del factor desencadenante, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- a. Parámetro de Intensidad Sísmica

Tabla 48. Matriz de comparación de pares del parámetro Intensidad sísmica

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

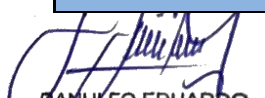


INTENSIDAD (Mercalli Modificada)	XI y XII Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire. Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie.	IX y X, Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo.	VI, VII y VIII, Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve. Todo el mundo corre al exterior.	III, IV, y V. Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo.	I y II No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables. Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones.
XI y XII Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire. Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie.	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
IX y X, Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo.	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
VI, VII y VIII, Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve. Todo el mundo corre al exterior.	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
III, IV, y V. Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo.	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
I y II No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables. Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones	0.17	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.20	4.03	6.83	11.50	17.00
1/SUMA	0.45	0.25	0.15	0.09	0.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Matriz de normalización de pares del parámetro magnitud de sismo

INTENSIDAD (Mercalli Modificada)	XI y XII Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel	IX y X, Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras	VI, VII y VIII, Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos	III, IV, y V. Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones,	I y II No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.	Vector Priorización
----------------------------------	--	--	---	---	--	---------------------

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

	deformadas. Objetos lanzados al aire. Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie.	con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo.	muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve. Todo el mundo corre al exterior.	especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo.	Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones.	
XI y XII Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire. Pocas o ningunas obra de albañilería queda en pie.	0.455	0.496	0.439	0.435	0.353	0.435
IX y X, Daño considerable es estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo.	0.227	0.248	0.293	0.261	0.294	0.265
VI, VII y VIII, Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve. Todo el mundo corre al exterior.	0.152	0.124	0.146	0.174	0.176	0.154
III, IV, y V. Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo.	0.091	0.083	0.073	0.087	0.118	0.090
I y II No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables. Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones	0.076	0.050	0.049	0.043	0.059	0.055

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. Índice y relación de consistencia de magnitud de sismo

IC	0.011
RC	0.010

Fuente: Elaboración propia.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

### 3.3.5. Definición de Escenario por Tsunami

De acuerdo a los resultados de los análisis de información realizados para la presente evaluación de riesgos por Tsunami se plantea el siguiente escenario:

Se ha considerado el escenario más alto: registrando el grado de tsunami 2 ocasionado por un sismo de magnitud 9 Mw y una Intensidad sísmica de VIII Mercalli, a una distancia de línea costera de 2.7 km, con una altitud del mar de 3 m.s.n.m. dentro de una unidad geomorfológica de faja litoral, con pendientes del terreno que van desde menores a 5° de inclinación. Que podría afectar a la población del sector de Pucusana ocasionando daños en los elementos expuestos en sus dimensiones social y económica.

La Dirección de Hidrografía y Navegación considera dos escenarios de modelación de inundaciones por tsunami, el escenario más probable, producido ante un sismo de 8.5 Mw; y el peor escenario, un tsunami producido ante la ocurrencia de un sismo de 9.0 Mw (COOPI et al., 2010; Tavera, 2014).

Para el balneario de Pucusana, aproximadamente a 1.5 km al norte del Proyecto, se estimó una altura máxima de ola de 5 m (con un sismo de 8.5 Mw), estimando en 16 minutos el tiempo de arribo de la primera ola a la localidad; mientras que para el peor escenario (con un sismo de 9.0 Mw), se obtendría una la altura máxima de la primera ola de 13 m, con un tiempo de arribo de esa primera ola en 18 minutos (Proyecto SIRAD, 2010).

Considerando los resultados del Proyecto SIRAD 2010; y según alcances de últimos estudios (Jiménez et al.; 2013, 2015), en los cuales se calcula en 10 m como altura máxima de inundación de la ola en el peor escenario (sismo: 9.0 Mw), se concluye que las instalaciones portuarias del Proyecto estarían seriamente afectadas ante los referidos escenarios.

### 3.3.6. Niveles de Peligro por Tsunami

En el siguiente cuadro, se muestran los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través de realizar los cálculos:



RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Tabla 51. Cálculo de matriz de ponderación de Peligros por Tsunami

SUSCEPTIBILIDAD													
FACTORES CONDICIONANTES						FACTOR DESENCADENANTE					VALOR SUCEPTIBILIDAD		
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		ALTITUD SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR		PENDIENTES		VALOR FACTOR CONDICIONANTE	PESO FACTOR CONDICIONANTE	Magnitud del Sismo		VALOR FACTOR DESENCADENANTE		PESO FACTOR DESENCADENANTE	
Peso Parmt	Peso Des	Peso Parmt	Peso Des	Peso Parmt	Peso Des			Peo Parmt	Peso Des				
0.539	0.454	0.297	0.461	0.164	0.435	0.453	0.500	1.000	0.435	0.435	0.500	0.444	
0.539	0.267	0.297	0.270	0.164	0.265	0.267	0.500	1.000	0.265	0.265	0.500	0.266	
0.539	0.149	0.297	0.145	0.164	0.154	0.149	0.500	1.000	0.154	0.154	0.500	0.152	
0.539	0.082	0.297	0.077	0.164	0.090	0.082	0.500	1.000	0.090	0.090	0.500	0.086	
0.539	0.049	0.297	0.046	0.164	0.055	0.049	0.500	1.000	0.055	0.055	0.500	0.052	

PELIGRO				
GRADO DE TSUNAMI		SUCEPTIBILIDAD		VALOR PELIGRO
VALOR FENÓMENO	PESO FENÓMENO	VALOR SUCEPTIBILIDAD	PESOS SUCEPTIBILIDAD	
0.478	0.500	0.444	0.500	0.461
0.245	0.500	0.266	0.500	0.255
0.149	0.500	0.152	0.500	0.151
0.079	0.500	0.086	0.500	0.083
0.049	0.500	0.052	0.500	0.052

Tabla 52. Niveles de Peligro por Tsunami

NIVEL	RANGO			
MUY ALTA	0.255	≤	P	< 0.461
ALTA	0.151	≤	P	< 0.255
MEDIA	0.083	≤	P	< 0.151
BAJA	0.052	≤	P	< 0.083

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Matriz de Estratificación del Peligro por Tsunami

Nivel de Peligro	Descripción	Rangos
Peligro Muy Alto	Sismo producido por la liberación de energía de magnitud de 9 y una Intensidad sísmica de VIII Mercalli. Grado de Tsunami Nivel 2, altura de Ola entre 5m a 10m. Unidad geomorfológica de Vertiente o pie de monte aluvio torrencial o Mantos de arena. con pendiente entre menor a 5°. Altitud sobre nivel del mar menor de 6 m.s.n.m.	0.255 ≤ P < 0.461
Peligro Alto	Sismo producido por la liberación de energía de magnitud de 9 y una Intensidad sísmica de VIII Mercalli. Grado de Tsunami Nivel 2, altura de Ola entre 5m a 10m. Unidad geomorfológica de Mantos de arena o Llanura o planicie aluvial, con pendiente entre 5° a 20°. Altitud sobre nivel del mar entre 6 y 12 m.s.n.m.	0.151 ≤ P < 0.255
Peligro Medio	Sismo producido por la liberación de energía de magnitud de 9 y una Intensidad sísmica de VIII Mercalli. Grado de Tsunami Nivel 2, altura de Ola entre 5m a 10m. Unidad geomorfológica de Llanura o planicie aluvial o Terraza	0.083 ≤ P < 0.151

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Nivel de Peligro	Descripción	Rangos
	indiferenciada, con pendiente entre 20° a 35°. Altitud sobre nivel del mar entre 12 y 20 m.s.n.m.	
Peligro Bajo	Sismo producido por la liberación de energía de magnitud de 9 y una Intensidad sísmica de VIII Mercalli. Grado de Tsunami Nivel 2, altura de Ola entre 5m a 10m. Unidad geomorfológica de Terraza Marina o Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria, con pendiente mayor a 35°. Altitud sobre nivel del mar mayor a 20 m.s.n.m.	0.052 ≤ P < 0.083

Fuente: Elaboración propia.

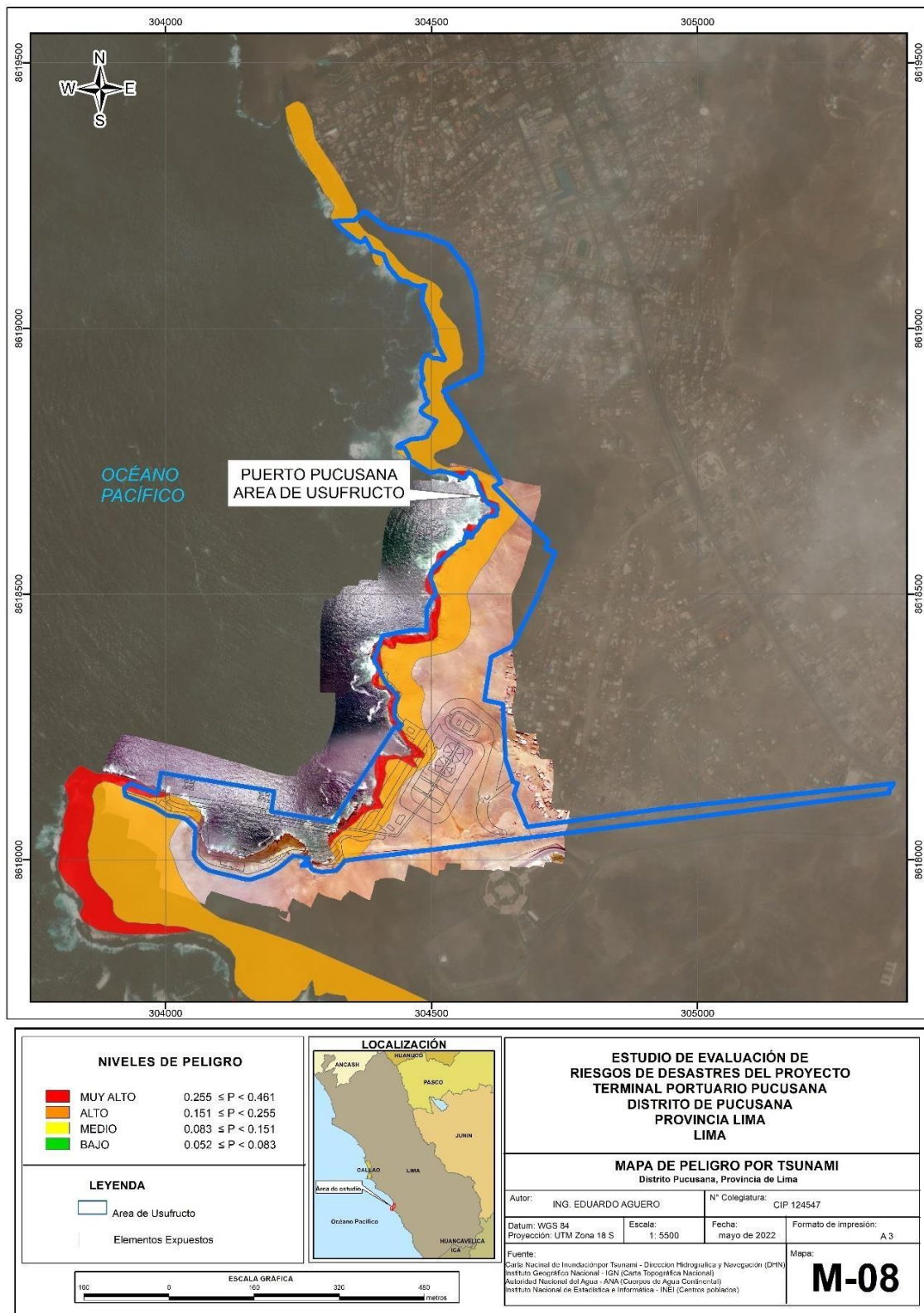


RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENÉNDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 29. Mapa de Peligro por Tsunami



Fuente: Elaboración propia

**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



### 3.4. Elementos Expuestos

Los elementos expuestos del área de influencia del Sector de Pucusana comprenden a los elementos expuestos susceptibles (sociales y económicos) que se encuentren en la zona potencial del impacto a los peligros.

#### 3.4.1. Elementos expuestos susceptibles al fenómeno natural

Los elementos Expuestos a los peligros están conformados por los siguientes componentes:

Se estima que el proyecto requerirá un (1) año para la etapa de construcción, esta implementación de los componentes del Proyecto para la etapa de construcción se desarrollará en dos (2) fases:

- Primera Fase: Comprende todos los componentes principales a excepción del rompeolas y el área de respaldo complementaria II, además de todos los servicios y facilidades menores.
- Segunda Fase: Comprende la construcción del rompeolas y área de respaldo complementaria II, para la construcción de este componente se utilizará al material de corte del área de respaldo complementaria II, asegurando un área de respaldo adicional de cuatro (4) hectáreas.

La siguiente figura presenta las instalaciones de los componentes para cada Fase

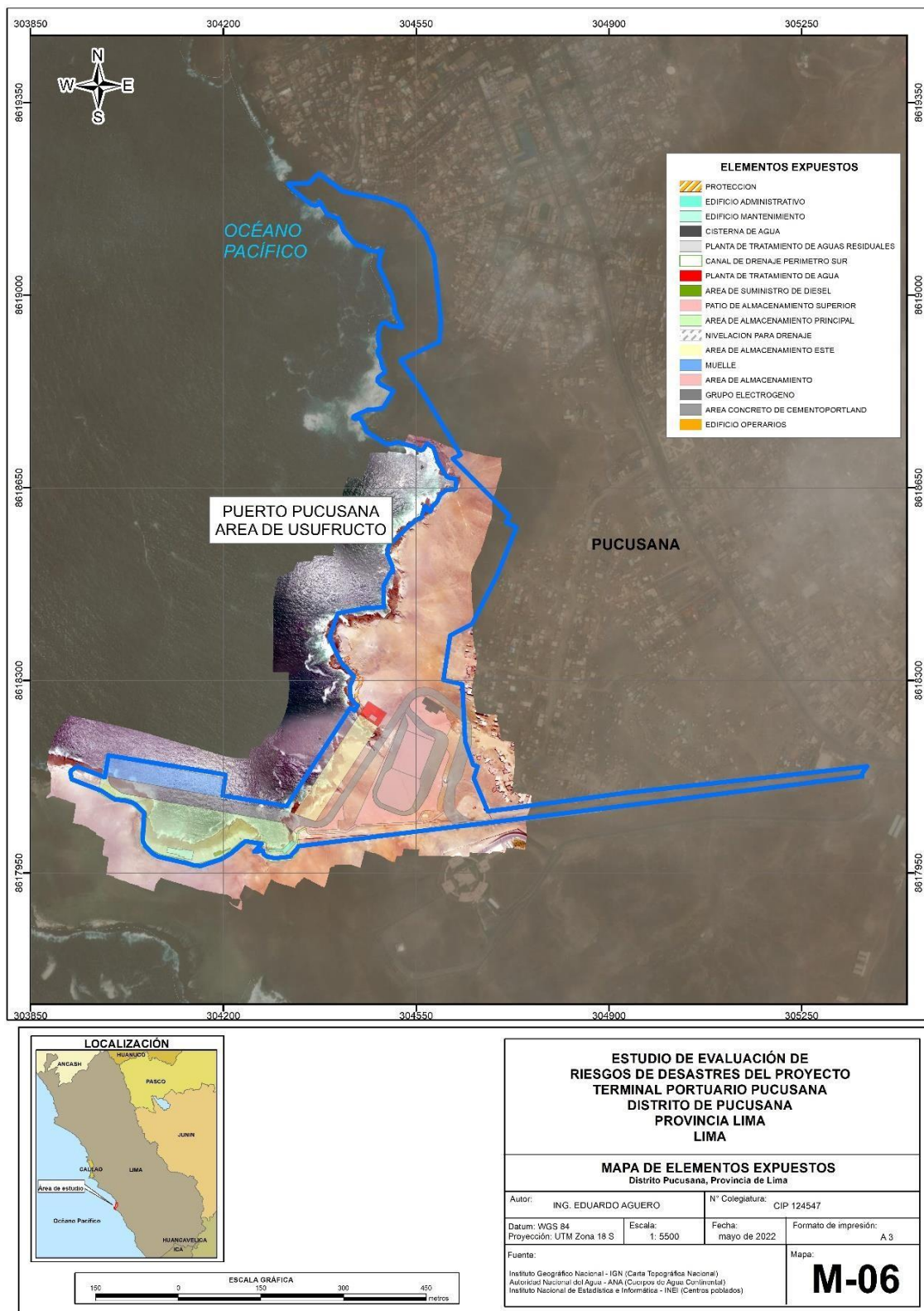


RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 30. Mapa de Elementos Expuestos



Fuente: Elaboración Propia

*Ranulfo Eduardo Agüero Menéndez*  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENÉDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*Luis Gutiérrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

IV. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Para determinar los niveles de vulnerabilidad en el área de influencia del área de estudio en la provincia de Pucusana por Sismo, se ha considerado realizar el análisis de los factores de la vulnerabilidad en la dimensión social, económica y ambiental, utilizando los parámetros que se han determinado para los casos.

4.1. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión social, se identificaron y seleccionaron parámetros de evaluación agrupados en las componentes de exposición, fragilidad y resiliencia, los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 54. Parámetros para utilizar en los factores exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión social

Dimensión Social		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de organización</li> <li>- Calidad del Servicio</li> <li>- Grupo de Edades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Población aplica conservación del sistema portuario</li> <li>- Nivel de seguridad y protección del trabajador</li> <li>- Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Análisis de la exposición en la dimensión social de la vulnerabilidad

a) Parámetro: Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario

Tabla 55. Matriz de comparación de pares del parámetro Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario

Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario	mayor a 5 mil habitantes	De 3 mil a 4 mil habitantes	De 2 mil a 3 mil habitantes	De 1 mil a 2 mil habitantes	menor a mil habitantes
mayor a 5 mil habitantes	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
De 3 mil a 4 mil habitantes	0.50	1.00	3.00	4.00	7.00
De 2 mil a 3 mil habitantes	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
De 1 mil a 2 mil habitantes	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
menor a mil habitantes	0.17	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.20	3.73	7.53	13.33	22.00

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEOGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEOGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

1/SUMA	0.45	0.27	0.13	0.08	0.05
--------	------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Matriz de normalización del parámetro Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario

Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario	mayor a 5 mil habitantes	De 3 mil a 4 mil habitantes	De 2 mil a 3 mil habitantes	De 1 mil a 2 mil habitantes	menor a mil habitantes	Vector de priorización
mayor a 5 mil habitantes	0.455	0.537	0.398	0.375	0.273	0.407
De 3 mil a 4 mil habitantes	0.227	0.268	0.398	0.300	0.318	0.302
De 2 mil a 3 mil habitantes	0.152	0.089	0.133	0.225	0.227	0.165
De 1 mil a 2 mil habitantes	0.091	0.067	0.044	0.075	0.136	0.083
menor a mil habitantes	0.076	0.038	0.027	0.025	0.045	0.042

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro

IC	0.055
RC	0.049

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Análisis de la fragilidad en la dimensión social de la vulnerabilidad

a) Parámetro: Nivel de Organización

Tabla 58. Matriz de comparación de pares del parámetro Nivel de Organización

Nivel de organización	Muy deficiente	deficiente	regular	bueno	muy bueno
Muy deficiente	1.00	3.00	4.00	7.00	8.00
Deficiente	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Regular	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Bueno	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
Muy bueno	0.13	0.14	0.20	0.50	1.00

Nivel de organización	Muy deficiente	deficiente	regular	bueno	muy bueno
SUMA	1.85	4.68	8.53	16.50	23.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.12	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Matriz de normalización del parámetro Nivel de Organización

Nivel de organización	Muy deficiente	deficiente	regular	bueno	muy bueno	Vector Priorización
Muy deficiente	0.540	0.642	0.469	0.424	0.348	0.485
deficiente	0.180	0.214	0.352	0.303	0.304	0.271
regular	0.135	0.071	0.117	0.182	0.217	0.145
bueno	0.077	0.043	0.039	0.061	0.087	0.061
muy bueno	0.068	0.031	0.023	0.030	0.043	0.039

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Nivel de Organización


IC	0.048
RC	0.043

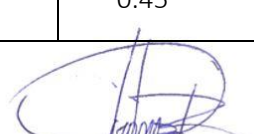
Fuente: Elaboración propia

b) Parámetro: Calidad del Servicio

Tabla 61. Matriz de comparación de pares del parámetro Calidad del Servicio

Calidad del servicio	Muy deficiente	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy deficiente	1.00	2.00	3.00	4.00	7.00
Deficiente	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00
Regular	0.33	0.50	1.00	2.00	5.00
Bueno	0.25	0.33	0.50	1.00	3.00
Muy bueno	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.23	4.00	6.70	10.33	22.00
1/SUMA	0.45	0.25	0.15	0.10	0.05

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Matriz de normalización del parámetro Calidad del Servicio

Calidad del servicio	Muy deficiente	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Vector Priorización
Muy deficiente	0.449	0.500	0.448	0.387	0.318	0.420
Deficiente	0.225	0.250	0.299	0.290	0.273	0.267
Regular	0.150	0.125	0.149	0.194	0.227	0.169
Bueno	0.112	0.083	0.075	0.097	0.136	0.101
Muy bueno	0.064	0.042	0.030	0.032	0.045	0.043

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro de Calidad del Servicio

IC	0.021
RC	0.019

Fuente: Elaboración propia

c) Parámetro: Grupo de Edades

Tabla 64. Matriz de comparación de pares del parámetro tipo: Grupo de Edades

Grupo de edades	De 65 y más años	De 0 a 14 años	De 45 a 64 años	De 15 a 29 años	De 30 a 44 años
De 65 y más años	1.00	2.00	4.00	5.00	8.00
De 0 a 14 años	0.50	1.00	2.00	4.00	7.00
De 45 a 64 años	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
De 15 a 29 años	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
De 30 a 44 años	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.08	3.89	7.53	13.33	24.00
1/SUMA	0.48	0.26	0.13	0.08	0.04

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



Tabla 65. Matriz de normalización del parámetro tipo: Grupo de Edades

Grupo de edades	De 65 y más años	De 0 a 14 años	De 45 a 64 años	De 15 a 29 años	De 30 a 44 años	Vector Priorización
De 65 y más años	0.482	0.514	0.531	0.375	0.333	0.447
De 0 a 14 años	0.241	0.257	0.265	0.300	0.292	0.271
De 45 a 64 años	0.120	0.128	0.133	0.225	0.208	0.163
De 15 a 29 años	0.096	0.064	0.044	0.075	0.125	0.081
De 30 a 44 años	0.060	0.037	0.027	0.025	0.042	0.038

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro de tipo: Grupo de Edades

IC	0.036
RC	0.032

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BÉRRICAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

4.1.3. Análisis de los parámetros del factor fragilidad en la dimensión social

Tabla 67. Matriz de comparación de pares de los parámetros del factor fragilidad

Fragilidad Social	Nivel de organización	Calidad del servicio	grupo de edades
Nivel de organización	1.00	3.00	5.00
Calidad del servicio	0.33	1.00	3.00
grupo de edades	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. Matriz de normalización de los parámetros del factor fragilidad

Fragilidad Social	Nivel de organización	Calidad del servicio	grupo de edades	Vector Priorización
Nivel de organización	0.652	0.692	0.556	0.633
Calidad del servicio	0.217	0.231	0.333	0.260
grupo de edades	0.130	0.077	0.111	0.106

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros de la fragilidad social

IC	0.019
RC	0.037

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Análisis de la resiliencia en la dimensión social de la vulnerabilidad

a) Parámetro: Población aplica conservación del sistema portuario

Tabla 70. Matriz de comparación del parámetro Población aplica conservación del sistema portuario

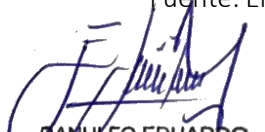
Población aplica conservación del sistema portuario	Nunca aplica	rara vez aplica	Aplica	Frecuentemente aplica	Siempre aplica
Nunca aplica	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
rara vez aplica	0.50	1.00	3.00	4.00	5.00
Aplica	0.33	0.33	1.00	3.00	4.00
Frecuentemente aplica	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Siempre aplica	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.18	3.78	7.58	13.33	20.00
1/SUMA	0.46	0.26	0.13	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71. Matriz de normalización del parámetro Población aplica conservación del sistema portuario

Población aplica conservación del sistema	Nunca aplica	rara vez aplica	Aplica	Frecuentemente aplica	Siempre aplica	Vector Priorización
Nunca aplica	0.460	0.529	0.396	0.375	0.350	0.422
rara vez aplica	0.230	0.264	0.396	0.300	0.250	0.288
Aplica	0.153	0.088	0.132	0.225	0.200	0.160
Frecuentemente aplica	0.092	0.066	0.044	0.075	0.150	0.085
Siempre aplica	0.066	0.053	0.033	0.025	0.050	0.045

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Tabla 72. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Población aplica conservación del sistema portuario

IC	0.051
RC	0.045

Fuente: Elaboración propia

b) Parámetro: Nivel de seguridad y protección del trabajador

Tabla 73. Matriz de comparación del parámetro Nivel de seguridad y protección del trabajador

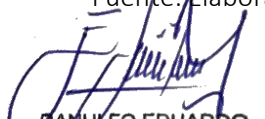
Nivel de seguridad y protección del trabajador	Muy deficiente	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy deficiente	1.00	2.00	3.00	4.00	7.00
Deficiente	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
Regular	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Bueno	0.25	0.20	0.33	1.00	2.00
Muy bueno	0.14	0.17	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.23	3.70	7.53	13.50	21.00
1/SUMA	0.45	0.27	0.13	0.07	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Matriz de normalización del parámetro Nivel de seguridad y protección del trabajador

Nivel de seguridad y protección del trabajador	Muy deficiente	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Muy deficiente
Muy deficiente	0.449	0.541	0.398	0.296	0.333	0.404
Deficiente	0.225	0.270	0.398	0.370	0.286	0.310
Regular	0.150	0.090	0.133	0.222	0.238	0.167
Bueno	0.112	0.054	0.044	0.074	0.095	0.076
Muy bueno	0.064	0.045	0.027	0.037	0.048	0.044

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Tabla 75. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Nivel de seguridad y protección del trabajador

IC	0.044
RC	0.040

Fuente: Elaboración propia

c) Parámetro: Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres

Tabla 76. Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres

Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres	Desconoce	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conoce bien	Conoce muy bien
Desconoce	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
Poco conocimiento	0.33	1.00	2.00	5.00	7.00
Regular conocimiento	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Conoce bien	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Conoce muy bien	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.84	7.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.13	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77. Matriz de normalización del parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres

Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres	Desconoce	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conoce bien	Conoce muy bien	Vector Priorización
Desconoce	0.544	0.619	0.531	0.429	0.360	0.497
Poco conocimiento	0.181	0.206	0.265	0.306	0.280	0.248

  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres	Desconoce	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conoce bien	Conoce muy bien	Vector Priorización
Regular conocimiento	0.136	0.103	0.133	0.184	0.200	0.151
Conoce bien	0.078	0.041	0.044	0.061	0.120	0.069
Conoce muy bien	0.060	0.029	0.027	0.020	0.040	0.035

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres

IC	0.043
RC	0.039

Fuente: Elaboración propia

d) Análisis de los parámetros del factor de resiliencia de la dimensión social

Tabla 79. Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión social

Resiliencia social	Población aplica conservación del sistema	Nivel de seguridad y protección del trabajador	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres
Población aplica conservación del sistema	1.00	3.00	4.00
Nivel de seguridad y protección del trabajador	0.33	1.00	2.00
Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.58	4.50	7.00
1/SUMA	0.63	0.22	0.14

Fuente: Elaboración propia



Tabla 80. Matriz de normalización de los parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión social

Resiliencia social	Población aplica conservación del sistema	Nivel de seguridad y protección del trabajador	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres	Vector Priorización
Población aplica conservación del sistema	0.633	0.667	0.571	0.624
Nivel de seguridad y protección del trabajador	0.209	0.222	0.286	0.239
Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres	0.158	0.111	0.143	0.137

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC para los parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión social

IC	0.008
RC	0.015

Fuente: Elaboración propia

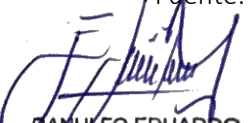
#### 4.2. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión económica, se evaluaron los siguientes parámetros.

Tabla 82. Parámetros de dimensión económica

Dimensión Económica		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Superficie del área Portuaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antigüedad de la infraestructura.</li> <li>- Tipo de Material.</li> <li>- Configuración Estructural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estado de obra de protección.</li> <li>- Mantenimiento de la Obra.</li> <li>- Cumplimiento con la norma de edificación</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

4.2.1. Análisis de la exposición en la dimensión económica de la vulnerabilidad

a) Parámetro de Exposición: Superficie del área Portuaria

Tabla 83. Matriz de comparación de pares del parámetro Superficie del área Portuaria

Superficie del Puerto (has)	mayores de 35 has.	de 25 has a 35 has	de 15 has a 25 has	de 5 has a 15 has	menor a 5 has
mayores de 35 has.	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
de 25 has a 35 has	0.50	1.00	2.00	3.00	7.00
de 15 has a 25 has	0.33	0.50	1.00	2.00	5.00
de 5 has a 15 has	0.20	0.33	0.50	1.00	3.00
menor a 5 has	0.17	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.20	3.98	6.70	11.33	22.00
1/SUMA	0.45	0.25	0.15	0.09	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Matriz de normalización del parámetro Superficie del área Portuaria

Superficie del Puerto (has)	mayores de 35 has.	de 25 has a 35 has	de 15 has a 25 has	de 5 has a 15 has	menor a 5 has	vector priorización
mayores de 35 has.	0.455	0.503	0.448	0.441	0.273	0.424
de 25 has a 35 has	0.227	0.251	0.299	0.265	0.318	0.272
de 15 has a 25 has	0.152	0.126	0.149	0.176	0.227	0.166
de 5 has a 15 has	0.091	0.084	0.075	0.088	0.136	0.095
menor a 5 has	0.076	0.036	0.030	0.029	0.045	0.043

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Superficie del área Portuaria

IC	0.029
RC	0.026

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BÉRRICAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

4.2.2. Análisis de la fragilidad en la dimensión económica de la vulnerabilidad

a) Parámetro: Antigüedad de la infraestructura

Tabla 86. Matriz de comparación de pares del parámetro Antigüedad de la infraestructura

Antigüedad de la infraestructura	Mayor de 40 años	15-40 años	10-15 años	3-10 años	0-3años
Mayor de 40 años	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
15-40 años	0.50	1.00	3.00	4.00	6.00
10-15 años	0.25	0.33	1.00	2.00	5.00
3-10 años	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
0-3años	0.14	0.17	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.09	3.75	8.70	12.50	21.00
1/SUMA	0.48	0.27	0.11	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87. Matriz de normalización del parámetro Antigüedad de la infraestructura

Antigüedad de la infraestructura	Mayor de 40 años	15-40 años	10-15 años	3-10 años	0-3años	Vector Priorización
Mayor de 40 años	0.478	0.533	0.460	0.400	0.333	0.441
15-40 años	0.239	0.267	0.345	0.320	0.286	0.291
10-15 años	0.119	0.089	0.115	0.160	0.238	0.144
3-10 años	0.096	0.067	0.057	0.080	0.095	0.079
0-3años	0.068	0.044	0.023	0.040	0.048	0.045

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Antigüedad de la infraestructura

IC	0.034
RC	0.030

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

b) Parámetro: Tipo de Material

Tabla 89. Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de Material

Tipo de Material	Estera/cartón	Madera	Quincha (caña con barro)	Adobe/ Calamina	Ladrillo o bloques de cemento
Estera/cartón	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Madera	0.33	1.00	2.00	3.00	6.00
Quincha (caña con barro)	0.25	0.50	1.00	3.00	4.00
Adobe/ Calamina	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
Ladrillo o bloques de cemento	0.14	0.17	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.93	5.00	7.58	12.33	21.00
1/SUMA	0.52	0.20	0.13	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90. Matriz de normalización del parámetro Tipo de Material

Tipo de Material	Estera/cartón	Madera	Quincha (caña con barro)	Adobe/ Calamina	Ladrillo o bloques de cemento	Vector Priorización
Estera/cartón	0.519	0.600	0.527	0.405	0.333	0.477
Madera	0.173	0.200	0.264	0.243	0.286	0.233
Quincha (caña con barro)	0.130	0.100	0.132	0.243	0.190	0.159
Adobe/ Calamina	0.104	0.067	0.044	0.081	0.143	0.088
Ladrillo o bloques de cemento	0.074	0.033	0.033	0.027	0.048	0.043

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Tipo de Material

IC	0.050
RC	0.045

Fuente: Elaboración propia

c) Parámetro: Configuración Estructural

Tabla 92. Matriz de comparación de pares del parámetro Configuración Estructural

Configuración Estructural	Edificación visibles defectos estructurales	Edificación diseñadas ates de 1977	Edificaciones con diseño anterior a norma E030	Edificaciones con diseño a norma E030	Edificación diseño posterior a norma E030
Edificación visibles defectos estructurales	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Edificación diseñadas ates de 1977	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Edificaciones con diseño anterior a norma E030	0.33	0.50	1.00	3.00	3.00
Edificaciones con diseño a norma E030	0.25	0.33	0.33	1.00	1.00
Edificación diseño posterior a norma E030	0.20	0.25	0.33	1.00	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.67	12.00	14.00
1/SUMA	0.44	0.24	0.15	0.08	0.07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Matriz de normalización del parámetro Configuración Estructural

Configuración Estructural	Edificación visibles defectos estructurales	Edificación diseñadas ates de 1977	Edificaciones con diseño anterior a norma E030	Edificaciones con diseño a norma E030	Edificación diseño posterior a norma E030	Vector Priorización
Edificación visibles defectos estructurales	0.44	0.49	0.45	0.33	0.36	0.414
Edificación diseñadas ates de 1977	0.22	0.24	0.30	0.25	0.29	0.260
Edificaciones con diseño anterior a norma E030	0.15	0.12	0.15	0.25	0.21	0.177

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Configuración Estructural	Edificación visibles defectos estructurales	Edificación diseñadas antes de 1977	Edificaciones con diseño anterior a norma E030	Edificaciones con diseño a norma E030	Edificación diseño posterior a norma E030	Vector Priorización
Edificaciones con diseño a norma E030	0.11	0.08	0.05	0.08	0.07	0.079
Edificación diseño posterior a norma E030	0.09	0.06	0.05	0.08	0.07	0.071

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Configuración Estructural

IC	0.023
RC	0.020

Fuente: Elaboración propia

d) Análisis de los parámetros del factor fragilidad de la dimensión económica

Tabla 95. Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económica

Fragilidad Económica	Antigüedad de la infraestructura	Tipo de Material	Configuración Estructural
Antigüedad de la infraestructura	1.00	3.00	4.00
Tipo de Material	0.33	1.00	2.00
Configuración Estructural	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.58	4.50	7.00
1/SUMA	0.63	0.22	0.14

Fuente: Elaboración propia



Tabla 96. Matriz de normalización de los parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económica

Fragilidad Económica	Antigüedad de la infraestructura	Tipo de Material	Configuración Estructural	Vector Priorización
Antigüedad de la infraestructura	0.632	0.667	0.571	0.623
Tipo de Material	0.211	0.222	0.286	0.239
Configuración Estructural	0.158	0.111	0.143	0.137

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros del factor fragilidad de la dimensión económica

IC	0.009
RC	0.017

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3. Análisis de la Resiliencia en la dimensión económica de la vulnerabilidad

##### a) Parámetro: Estado de obra de protección

Tabla 98. Matriz de comparación de pares del parámetro Estado de obra de protección

Estado de obra de protección	No tiene obra de protección	Deteriorada	Con obra inconclusa	Obra en estado regular	Obra en estado optimo
No tiene obra de protección	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
Deteriorada	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Con obra inconclusa	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
Obra en estado regular	0.17	0.33	0.50	1.00	1.00
Obra en estado optimo	0.14	0.25	0.33	1.00	1.00
SUMA	2.06	4.08	7.83	13.00	16.00
1/SUMA	0.49	0.24	0.13	0.08	0.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99. Matriz de normalización del parámetro Estado de obra de protección

Estado de obra de protección	No tiene obra de protección	Deteriorada	Con obra inconclusa	Obra en estado regular	Obra en estado optimo	Vector Priorización
No tiene obra de protección	0.486	0.490	0.511	0.462	0.438	0.477
Deteriorada	0.243	0.245	0.255	0.231	0.250	0.245
Con obra inconclusa	0.121	0.122	0.128	0.154	0.188	0.143
Obra en estado regular	0.081	0.082	0.064	0.077	0.063	0.073
Obra en estado optimo	0.069	0.061	0.043	0.077	0.063	0.063

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Estado de obra de protección

IC	0.009
RC	0.008

Fuente: Elaboración propia

b) Parámetro: Mantenimiento de la Obra

Tabla 101. Matriz de comparación de pares del parámetro Mantenimiento de la Obra

Mantenimiento de la Obra	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
Muy malo	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Malo	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Regular	0.33	0.50	1.00	3.00	3.00
Bueno	0.25	0.33	0.33	1.00	1.00
Muy Bueno	0.20	0.25	0.33	1.00	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.67	12.00	14.00
1/SUMA	0.44	0.24	0.15	0.08	0.07

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Tabla 102. Matriz de normalización del parámetro Mantenimiento de la Obra

Mantenimiento de la Obra	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno	Vector Priorización
Muy malo	0.44	0.49	0.45	0.33	0.36	0.414
Malo	0.22	0.24	0.30	0.25	0.29	0.260
Regular	0.15	0.12	0.15	0.25	0.21	0.177
Bueno	0.11	0.08	0.05	0.08	0.07	0.079
Muy Bueno	0.09	0.06	0.05	0.08	0.07	0.071

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Mantenimiento de la Obra

IC	0.023
RC	0.020

Fuente: Elaboración propia

c) Parámetro: Cumplimiento con la norma de edificación

Tabla 104. Matriz de comparación de pares del parámetro Cumplimiento con la norma de edificación

Cumplimiento con la norma de edificación	0-20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%
0-20%	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
20% - 40%	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
40% - 60%	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
60% - 80%	0.17	0.33	0.50	1.00	1.00
80% - 100%	0.14	0.25	0.33	1.00	1.00
SUMA	2.06	4.08	7.83	13.00	16.00
1/SUMA	0.49	0.24	0.13	0.08	0.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 105. Matriz de normalización del parámetro Cumplimiento con la norma de edificación

Cumplimiento con la norma de edificación	0-20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%	Vector Priorización
0-20%	0.486	0.490	0.511	0.462	0.438	0.477
20% - 40%	0.243	0.245	0.255	0.231	0.250	0.245
40% - 60%	0.121	0.122	0.128	0.154	0.188	0.143
60% - 80%	0.081	0.082	0.064	0.077	0.063	0.073
80% - 100%	0.069	0.061	0.043	0.077	0.063	0.063

Fuente: Elaboración propia

Tabla 106. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Cumplimiento con la norma de edificación

IC	0.009
RC	0.008

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4. Análisis de los parámetros del factor Resiliencia de la dimensión económica

Tabla 107. Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor Resiliencia de la dimensión económica

Resiliencia Económica	Estado de obra de protección	Mantenimiento de la Obra	Cumplimiento con la norma de edificación
Estado de obra de protección	1.00	2.00	3.00
Mantenimiento de la Obra	0.50	1.00	2.00
Cumplimiento con la norma de edificación	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 108. Matriz de normalización de los parámetros utilizados en el factor Resiliencia de la dimensión económica

Resiliencia Económica	Estado de obra de protección	Mantenimiento de la Obra	Cumplimiento con la norma de edificación	Vector Priorización
Estado de obra de protección	0.545	0.571	0.500	0.539
Mantenimiento de la Obra	0.273	0.286	0.333	0.297
Cumplimiento con la norma de edificación	0.182	0.143	0.167	0.164

Fuente: Elaboración propia

Tabla 109. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para los parámetros del factor resiliencia de la dimensión económica

IC	0.005
RC	0.009

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

4.3. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión Ambiental, se evaluaron los siguientes parámetros.

**Cuadro N° 1. Parámetros de dimensión Ambiental**

Dimensión Ambiental		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
cobertura vegetal y cuerpos de agua del área de estudio	Nivel de conservación de área verdes y playas	Nivel de Educación Ambiental

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 2. Matriz de Normalización de la dimensión Ambiental**

Resiliencia Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	5.00
Fragilidad	0.33	1.00	3.00
Resiliencia	0.20	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.53	4.33	9.00
<b>1/SUMA</b>	0.65	0.23	0.11

**Cuadro N° 3. Matriz de Normalización de la dimensión Ambiental**

Resiliencia Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.652	0.692	0.556	0.633
Fragilidad	0.217	0.231	0.333	0.260
Resiliencia	0.130	0.077	0.111	0.106

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 4. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de la dimensión Ambiental**

IC	0.019
RC	0.037

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



4.3.1. Análisis de la exposición en la dimensión Ambiental de la vulnerabilidad

**b) Parámetro de Exposición: Cobertura vegetal y cuerpos de agua del área de estudio Expuesta**

**Cuadro N° 5. Matriz de comparación de pares del parámetro Cobertura vegetal y cuerpos de agua del área de estudio Expuestas**

cobertura vegetal y cuerpos de agua del área de estudio	playas	Parques Jardines áreas verdes	Plantaciones forestales	Plantaciones Agrícola	Sin cobertura vegetal
playas	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
Parques Jardines áreas verdes	0.50	1.00	2.00	3.00	7.00
Plantaciones forestales	0.33	0.50	1.00	2.00	5.00
Plantaciones Agrícola	0.20	0.33	0.50	1.00	3.00
Sin cobertura vegetal	0.17	0.14	0.20	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	2.20	3.98	6.70	11.33	22.00
<b>1/SUMA</b>	0.45	0.25	0.15	0.09	0.05

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 6. Matriz de normalización del parámetro Cobertura vegetal y cuerpos de agua del área de estudio Expuestas**

Nivel de conservación de área verdes y cuerpos de agua	Playas	Parques Jardines áreas verdes	Plantaciones forestales	Plantaciones Agrícola	Sin cobertura vegetal	vector priorización
Playas	0.455	0.503	0.448	0.441	0.273	0.424
Parques Jardines áreas verdes	0.227	0.251	0.299	0.265	0.318	0.272
Plantaciones forestales	0.152	0.126	0.149	0.176	0.227	0.166
Plantaciones Agrícola	0.091	0.084	0.075	0.088	0.136	0.095
Sin cobertura vegetal	0.076	0.036	0.030	0.029	0.045	0.043

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 7. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Cobertura vegetal y cuerpos de agua del área de estudio Expuestas**

IC	0.029
RC	0.026

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

4.3.2. Análisis de la fragilidad en la dimensión Ambiental de la vulnerabilidad

e) **Parámetro: Nivel de conservación de área verdes y playas**

**Cuadro N° 8. Matriz de comparación de pares del parámetro Nivel de conservación de área verdes y playas**

Nivel de conservación de área verdes y playas	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
Muy Malo	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
Malo	0.50	1.00	3.00	4.00	6.00
Regular	0.25	0.33	1.00	2.00	5.00
Bueno	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
Muy Bueno	0.14	0.17	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.09	3.75	8.70	12.50	21.00
1/SUMA	0.48	0.27	0.11	0.08	0.05

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 9. Matriz de normalización del parámetro Nivel de conservación de área verdes y playas**

Nivel de conservación de área verdes y playas	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno	Vector Priorización
Muy Malo	0.478	0.533	0.460	0.400	0.333	0.441
Malo	0.239	0.267	0.345	0.320	0.286	0.291
Regular	0.119	0.089	0.115	0.160	0.238	0.144
Bueno	0.096	0.067	0.057	0.080	0.095	0.079
Muy Bueno	0.068	0.044	0.023	0.040	0.048	0.045

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 10. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Nivel de conservación de área verdes y playas**

IC	0.034
RC	0.030

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

4.3.3. Análisis de la Resiliencia en la dimensión Ambiental de la vulnerabilidad

d) **Parámetro: Nivel de Educación Ambiental**

**Cuadro N° 11. Matriz de comparación de pares del parámetro Nivel de Educación Ambiental**

Nivel de Educación Ambiental	Muy malo	malo	regular	bueno	muy bueno
Muy Malo	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00
malo	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
regular	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
bueno	0.17	0.33	0.50	1.00	1.00
muy bueno	0.14	0.25	0.33	1.00	1.00
<b>SUMA</b>	2.06	4.08	7.83	13.00	16.00
<b>1/SUMA</b>	0.49	0.24	0.13	0.08	0.06

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 12. Matriz de normalización del parámetro Nivel de Educación Ambiental**

Nivel de Educación Ambiental	Muy malo	malo	regular	bueno	muy bueno	Vector Priorización
Muy Malo	0.486	0.490	0.511	0.462	0.438	0.477
malo	0.243	0.245	0.255	0.231	0.250	0.245
regular	0.121	0.122	0.128	0.154	0.188	0.143
bueno	0.081	0.082	0.064	0.077	0.063	0.073
muy bueno	0.069	0.061	0.043	0.077	0.063	0.063

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 13. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el parámetro Nivel de Educación Ambiental**

IC	0.009
RC	0.008

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

4.4. Nivel de Vulnerabilidad

En el siguiente cuadro, se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 110. Matriz de vulnerabilidad

DIMENSIÓN SOCIAL																				VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL
EXPOSICIÓN		Valor Exposición Social	Peso Exposición Social	FRAGILIDAD SOCIAL						Valor Fragilidad Social	Peso Fragilidad Social	RESILIENCIA SOCIAL						Valor Resiliencia Social	Peso Resiliencia Social		
Cantidad de habitantes que reciben el servicio Portuario				Nivel de organización		Calidad del servicio		Grupo de edades				Población aplica conservación del sistema portuario		Nivel de seguridad y protección del trabajador		Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres					
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
1.000	0.407	0.407	0.557	0.633	0.485	0.260	0.420	0.106	0.447	0.464	0.320	0.624	0.422	0.239	0.404	0.137	0.497	0.428	0.123	0.428	0.200
1.000	0.302	0.302	0.557	0.633	0.271	0.260	0.267	0.106	0.271	0.270	0.320	0.624	0.288	0.239	0.310	0.137	0.248	0.288	0.123	0.290	0.200
1.000	0.165	0.165	0.557	0.633	0.145	0.260	0.169	0.106	0.163	0.153	0.320	0.624	0.160	0.239	0.167	0.137	0.151	0.160	0.123	0.161	0.200
1.000	0.083	0.083	0.557	0.633	0.061	0.260	0.101	0.106	0.081	0.074	0.320	0.624	0.085	0.239	0.076	0.137	0.069	0.081	0.123	0.080	0.200
1.000	0.042	0.042	0.557	0.633	0.039	0.260	0.043	0.106	0.038	0.040	0.320	0.624	0.045	0.239	0.044	0.137	0.035	0.044	0.123	0.042	0.200

DIMENSIÓN ECONÓMICA																				VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA
EXPOSICIÓN ECONÓMICA		Valor Exposición Física	Peso Exposición Física	FRAGILIDAD ECONÓMICA						Valor Fragilidad Física	Peso Fragilidad Física	RESILIENCIA ECONÓMICA						Valor Resiliencia Económica	Peso Resiliencia Económica		
Superficie del área Portuaria				Antigüedad de la infraestructura		Tipo de Material		Configuración Estructural				Estado de obra de protección		Mantenimiento de la Obra		Cumplimiento con la norma de edificación					
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
1.00	0.424	0.424	0.633	0.441	0.623	0.477	0.239	0.414	0.137	0.446	0.260	0.477	0.539	0.414	0.297	0.477	0.164	0.458	0.106	0.433	0.500
1.00	0.272	0.272	0.633	0.291	0.623	0.233	0.239	0.260	0.137	0.273	0.260	0.245	0.539	0.260	0.297	0.245	0.164	0.249	0.106	0.270	0.500
1.00	0.166	0.166	0.633	0.144	0.623	0.159	0.239	0.177	0.137	0.152	0.260	0.143	0.539	0.177	0.297	0.143	0.164	0.153	0.106	0.161	0.500
1.00	0.095	0.095	0.633	0.079	0.623	0.088	0.239	0.079	0.137	0.081	0.260	0.073	0.539	0.079	0.297	0.073	0.164	0.075	0.106	0.089	0.500
1.00	0.043	0.043	0.633	0.045	0.623	0.043	0.239	0.071	0.137	0.048	0.260	0.063	0.539	0.071	0.297	0.063	0.164	0.065	0.106	0.047	0.500

DIMENSIÓN AMBIENTAL														VALOR DIMENSIÓN AMBIENTAL	PESO DIMENSIÓN AMBIENTAL
EXPOSICIÓN AMBIENTAL		Valor Exposición Económica	Peso Exposición Económica	FRAGILIDAD AMBIENTAL		Valor Fragilidad Económica	Peso Fragilidad Económica	RESILIENCIA AMBIENTAL		Valor Resiliencia Ambiental	Peso Resiliencia Ambiental				
cobertura vegetal y cuerpos de agua del área de estudio				Nivel de conservación de área verdes y playas				Nivel de Educación Ambiental							
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc						
1.00	0.424	0.424	0.633	1.000	0.441	0.441	0.260	1.000	0.477	0.477	0.106	0.434	0.300		
1.00	0.272	0.272	0.633	1.000	0.291	0.291	0.260	1.000	0.245	0.245	0.106	0.274	0.300		
1.00	0.166	0.166	0.633	1.000	0.144	0.144	0.260	1.000	0.143	0.143	0.106	0.158	0.300		
1.00	0.095	0.095	0.633	1.000	0.079	0.079	0.260	1.000	0.073	0.073	0.106	0.088	0.300		
1.00	0.043	0.043	0.633	1.000	0.045	0.045	0.260	1.000	0.063	0.063	0.106	0.046	0.300		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 111. Niveles de vulnerabilidad

NIVEL	RANGO		
Muy alta	0.275	≤ V <	0.432
Alta	0.160	≤ V <	0.275
Media	0.087	≤ V <	0.160
Baja	0.045	≤ V <	0.087

Fuente: Elaboración propia

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

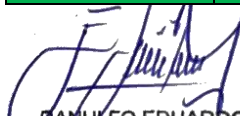
  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

4.5. Estratificación de la Vulnerabilidad

En el siguiente cuadro se muestra la matriz de vulnerabilidad obtenido:

Tabla 112. Estratificación de la Vulnerabilidad por Sismos

Nivel De Vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Vulnerabilidad Muy Alta	<p>Cantidad de población mayor a 5 mil habitantes, presentan un nivel de organización deficiente a muy deficiente, con una calidad de servicio deficiente a muy deficiente, respecto al grupo de edades es de 0 a 14 años y mayores de 64 años. La población nunca aplica o rara vez aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección del trabajador deficiente a muy deficiente. Con un desconocimiento o poco conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen área Portuaria mayor de 35 has., con una antigüedad de infraestructura mayor de 15 años característico con edificaciones visibles de defectos estructurales o edificaciones diseñadas antes de 1977, no presentan obra de protección o está deteriorada.</p> <p>Presentan un malo o muy malo mantenimiento de obra y el nivel del caudal excede los límites.</p> <p>Exposición ambiental de Playas, parques y áreas verdes, estado de conservación de áreas verdes y playas muy malo, Nivel de educación ambiental muy malo.</p>	$0.275 \leq V < 0.432$
Vulnerabilidad Alta	<p>Cantidad de población De 4 mil a 5 mil habitantes, presentan un nivel de organización regular, con una calidad de servicio regular, respecto al grupo de edades es de 45 a 64 años. La población si aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección regular. Con un regular conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen un área Portuaria de 25 has a 35 has, con una antigüedad de infraestructura de 10 a 15 años con edificaciones con diseño anterior a la norma E030, con estado de obra de protección inconclusa. Presentan un regular mantenimiento de obra y la Cumplimiento con la norma de edificación se mantiene.</p> <p>Exposición ambiental de parques, jardines, áreas verdes y plantaciones forestales, estado de conservación de áreas verdes y playas malo, Nivel de educación ambiental malo</p>	$0.160 \leq V < 0.275$
Vulnerabilidad Media	<p>Cantidad de población de 3 mil a 4 mil habitantes, presentan un nivel de organización bueno, con una calidad de servicio bueno, respecto al grupo de edades es de 15 a 29 años. La población frecuentemente aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección bueno. Con un buen conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen área Portuario de 15 has a 25 has, con una antigüedad de infraestructura de 3 a 10 años, con edificaciones con diseño a la norma E030, con estado de obra de protección regular. Presentan un buen mantenimiento de obra y se mantiene por debajo del nivel del caudal óptimo</p> <p>Exposición ambiental de Plantaciones forestales y plantaciones agrícolas, estado de conservación de áreas verdes y playas muy regular, Nivel de educación ambiental regular</p>	$0.087 \leq V < 0.160$
Vulnerabilidad Baja	<p>Cantidad de población de 2 mil a 3 mil habitantes, presentan un nivel de organización muy bueno, con una calidad de servicio muy bueno, respecto al grupo de edades es de 30 a 44 años. La población siempre aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección del trabajador muy bueno. Con muy buen conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen un área Portuaria menor de 15 has, con una antigüedad de infraestructura</p>	$0.045 \leq V < 0.087$

  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENÉNDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 124547

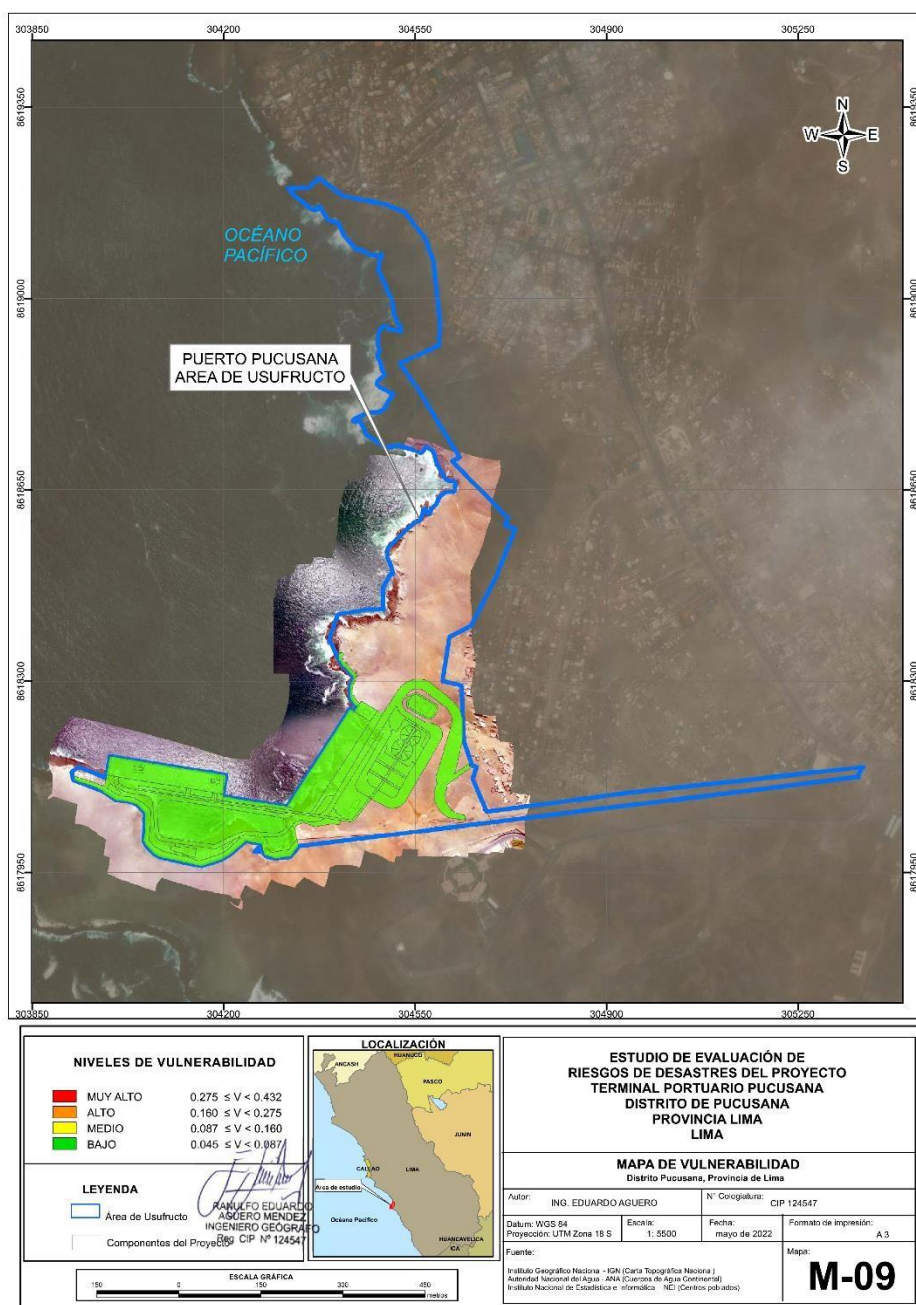
  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



Nivel De Vulnerabilidad	Descripción	Rangos
	de 0 a 3 años, con edificaciones diseñadas posterior a norma E030, presentan un estado óptimo de obra de protección.  Exposición ambiental de plantaciones agrícolas y área sin cobertura vegetal, estado de conservación de áreas verdes y playas bueno, Nivel de educación ambiental bueno	

Fuente: Elaboración propia

Figura N° - 31. Mapa de Vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

*Ranulfo Eduardo Agüero Menéndez*  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 124547

*Luis Gutiérrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

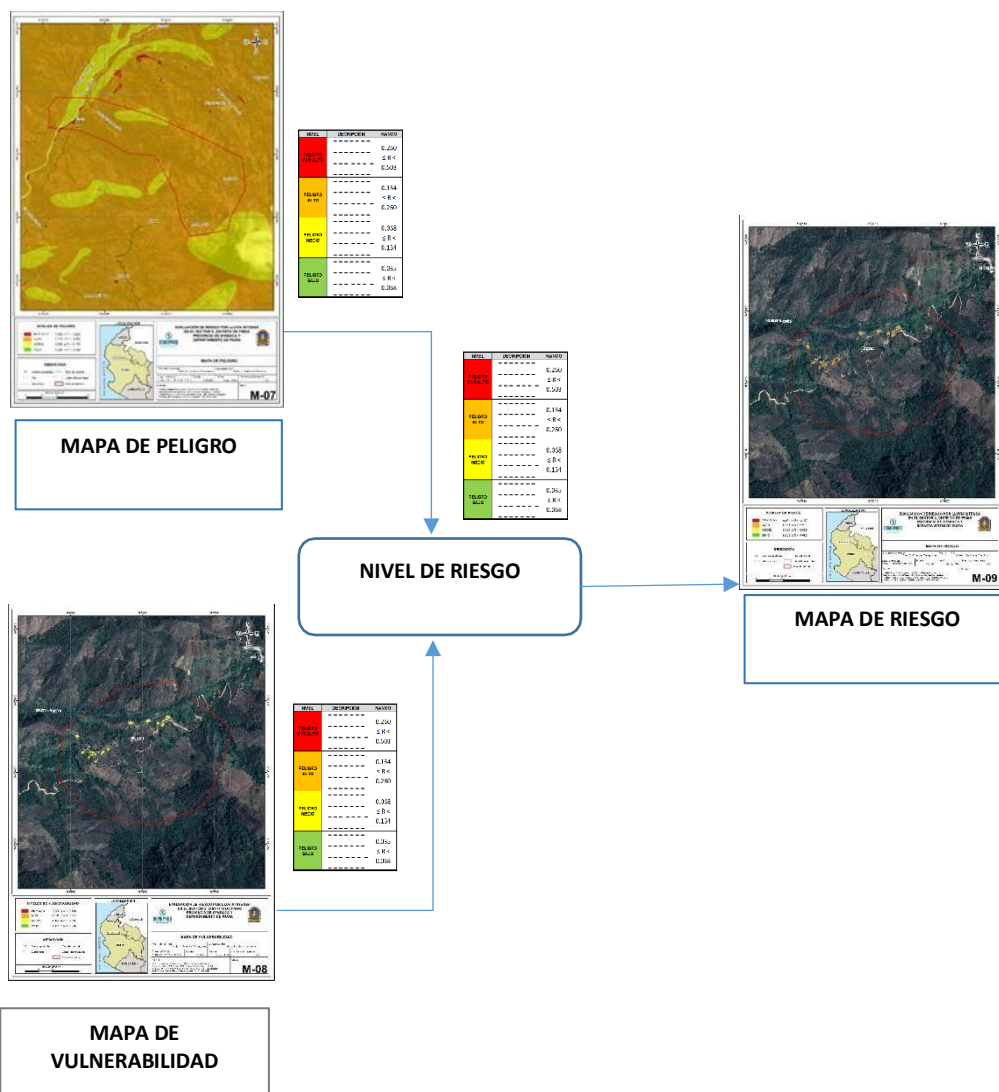


V. RIESGOS

5.1. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DEL RIESGO

Para determinar el cálculo del riesgo de la zona de influencia, se utiliza el siguiente procedimiento:

Figura N°- 32.. Flujoograma para estimar los niveles del riesgo



Fuente: Elaboración propia

*Ranulfo Eduardo Agüero Menéndez*  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENÉNDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*Luis Gutiérrez Berrocal*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el ámbito geográfico de estudio mediante la evaluación de la frecuencia expresando en años, y el nivel de susceptibilidad ante Sismo y Tsunami, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio.

Siendo el riesgo el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a los fenómenos evaluados. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. (Carreño et. al. 2005).

El expresar los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985b) y Coburn y Spence (1992), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función  $f()$  del peligro y la vulnerabilidad.

$$Rie|_t = f(Pi, Ve)|_t$$

Dónde:

R= Riesgo.

f= En función

Pi =Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t

Ve = Vulnerabilidad de un elemento expuesto

Para estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad. Para tal efecto, se requiere que previamente se halla determinado los niveles de intensidad y posibilidad de ocurrencia de un determinado peligro y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente.

  
RANULFO EDUARDO  
AGÜERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

5.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

5.2.1. RIESGO POR SISMO

5.2.1.1. Nivel de Riesgos por Sismos

Los niveles de riesgo por sismos del área de estudio de Pucusana, se detallan a continuación:

Tabla 113. Niveles del riesgo por Sismos

NIVEL DE RIESGO	RANGO				
MUY ALTO	0.073	≤	R	<	0.183
ALTO	0.028	≤	R	<	0.073
MEDIO	0.008	≤	R	<	0.028
BAJO	0.002	≤	R	<	0.008

Fuente: Elaboración propia

El nivel del riesgo, según los resultados obtenidos del análisis semicuantitativo de la matriz Saaty para el sismo es: Nivel Bajo, para un sismo de intensidad X en la escala de MM.

5.2.1.2. Estratificación del Nivel de Riesgo por Sismo

Tabla 114. Estratificación del nivel de riesgo por Sismo

NIVEL DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN	Rangos
Riesgo Muy Alto	<p>Sismo producido por liberación de energía de magnitud 8.8, Intensidad sísmica de VIII (Mercalli), unidad geológica de Depósitos Marinos o depósitos aluviales. Pendiente del terreno mayor a 45°. Unidad geomorfológica Vertiente o pie de monte aluvio torrencialo Mantos de arena.</p> <p>Cantidad de población mayor a mayor a 5 mil habitantes, presentan un nivel de organización deficiente a muy deficiente, con una calidad de servicio deficiente a muy deficiente, respecto al grupo de edades es de 0 a 14 años y mayores de 64 años. La población nunca aplica o rara vez aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección del trabajador deficiente a muy deficiente. Con un desconocimiento o poco conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen área Portuaria mayor de 35 has., con una antigüedad de infraestructura mayor de 15 años característico con edificaciones visibles de defectos estructurales o edificaciones diseñadas antes de 1977, no presentan obra de protección o está deteriorada.</p> <p>Presentan un malo o muy malo mantenimiento de obra y el nivel del caudal excede los límites.</p>	0.073 ≤ R < 0.183

NIVEL DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN	Rangos
	Exposición ambiental de Playas, parques y áreas verdes, estado de conservación de áreas verdes y playas muy malo, Nivel de educación ambiental muy malo.	
Riesgo Alto	<p>Sismo producido por liberación de energía de magnitud 8.8, Intensidad sísmica de VIII (Mercalli), unidad geológica depósitos aluviales o formación Atocongo. Pendiente del terreno de 35° a 45°, Unidad geomorfológica de Mantos de arena, Llanura o planicie aluvial.</p> <p>Cantidad de población De 4 mil a 5 mil habitantes, presentan un nivel de organización regular, con una calidad de servicio regular, respecto al grupo de edades es de 45 a 64 años. La población si aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección regular. Con un regular conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen un área Portuaria de 25 has a 35 has, con una antigüedad de infraestructura de 10 a 15 años con edificaciones con diseño anterior a la norma E030, con estado de obra de protección inconclusa. Presentan un regular mantenimiento de obra y la Cumplimiento con la norma de edificación se mantiene.</p> <p>Exposición ambiental de parques, jardines, áreas verdes y plantaciones forestales, estado de conservación de áreas verdes y playas malo, Nivel de educación ambiental malo.</p>	0.028 ≤ R < 0.073
Riesgo Medio	<p>Sismo producido por liberación de energía de magnitud 8.8, Intensidad sísmica de VIII (Mercalli), unidad geológica Depósitos Eólico Formación Pamplona. Pendiente del terreno de 20° a 35°, Unidad geomorfológica Llanura, planicie aluvial o Terraza indiferenciada.</p> <p>Cantidad de población de 3 mil a 4 mil habitantes, presentan un nivel de organización bueno, con una calidad de servicio bueno, respecto al grupo de edades es de 15 a 29 años. La población frecuentemente aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección bueno. Con un buen conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen área Portuario de 15 has a 25 has, con una antigüedad de infraestructura de 3 a 10 años, con edificaciones con diseño a la norma E030, con estado de obra de protección regular. Presentan un buen mantenimiento de obra y se mantiene por debajo del nivel del caudal óptimo</p> <p>Exposición ambiental de Plantaciones forestales y plantaciones agrícolas, estado de conservación de áreas verdes y playas muy regular, Nivel de educación ambiental regular.</p>	0.008 ≤ R < 0.028

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

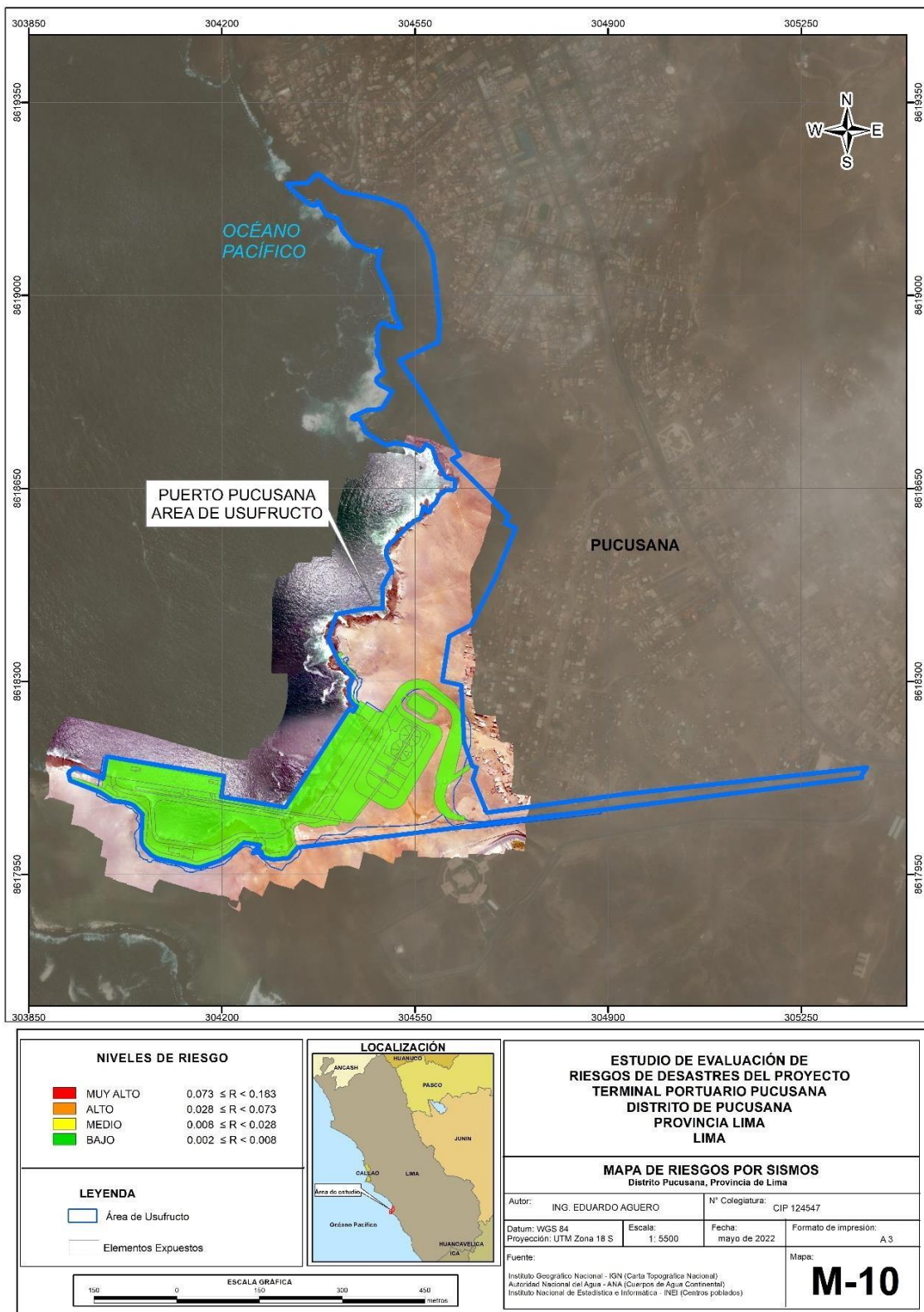
NIVEL DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN	Rangos
Riesgo Bajo	<p>Sismo producido por liberación de energía de magnitud 8.8, Intensidad sísmica de VIII (Mercalli), unidad geológica Formación Pamplona o Volcánico Huarangal. Pendiente del terreno menor a 20°, Unidad geomorfológica de Terraza Marina o Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria</p> <p>Cantidad de población de 2 mil a 3 mil habitantes, presentan un nivel de organización muy bueno, con una calidad de servicio muy bueno, respecto al grupo de edades es de 30 a 44 años. La población siempre aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección del trabajador muy bueno. Con muy buen conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen un área Portuaria menor de 15 has, con una antigüedad de infraestructura de 0 a 3 años, con edificaciones diseñadas posterior a norma E030, presentan un estado óptimo de obra de protección.</p> <p>Exposición ambiental de Plantaciones forestales y plantaciones agrícolas, estado de conservación de áreas verdes y playas muy regular, Nivel de educación ambiental regular</p>	$0.002 \leq R < 0.008$

Fuente: Elaboración Propia

  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENÉNDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 33. Mapa de Riesgos Por Sismos



Fuente: Elaboración propia

*[Signature]*  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

*[Signature]*  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



5.2.1.3. Matriz de Riesgos por Sismos

La matriz de riesgos se obtiene de relacionar los niveles de peligro y los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 115. Matriz de riesgos-Textual

MATRIZ DEL RIESGO				
Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
NIVEL	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Fuente: Elaboración propia, adaptado de CENEPRED.

Tabla 116. Matriz de Riesgo

MATRIZ DE RIESGO					
PMA	0.423	0.037	0.068	0.116	0.183
PA	0.267	0.023	0.043	0.073	0.115
PM	0.176	0.015	0.028	0.049	0.076
PB	0.089	0.008	0.014	0.025	0.039
		0.087	0.160	0.275	0.432
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Elaboración propia, adaptado de CENEPRED.

5.2.2. Riesgos por Tsunami

5.2.2.1. Niveles de Riesgo por Tsunami

Los niveles de riesgo por tsunami en el sector de Pucusana, se detallan a continuación:

Tabla 117. Niveles del riesgo por Tsunami

NIVEL DE RIESGO	RANGO				
MUY ALTO	0.071	≤	R	<	0.199
ALTO	0.024	≤	R	<	0.071
MEDIO	0.007	≤	R	<	0.024
BAJO	0.002	≤	R	<	0.007

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 124547


  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2. Estratificación del Nivel de Riesgo por Tsunami

Tabla 118. Estratificación del nivel de riesgo por Tsunami

NIVEL DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN	Rangos
Riesgo Muy Alto	<p>Cantidad de población mayor a 5 mil habitantes, presentan un nivel de organización deficiente a muy deficiente, con una calidad de servicio deficiente a muy deficiente, respecto al grupo de edades es de 0 a 14 años y mayores de 64 años. La población nunca aplica o rara vez aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección del trabajador deficiente a muy deficiente. Con un desconocimiento o poco conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen área Portuaria mayor de 35 has., con una antigüedad de infraestructura mayor de 15 años característico con edificaciones visibles de defectos estructurales o edificaciones diseñadas antes de 1977, no presentan obra de protección o está deteriorada.</p> <p>Presentan un malo o muy malo mantenimiento de obra y el nivel del caudal excede los límites.</p> <p>Sismo producido por la liberación de energía de magnitud de 9. Grado de Tsunami Nivel 2, altura de Ola entre 5m a 10m. Unidad geomorfológica de Vertiente o pie de monte aluvio torrencial Mantos de arena. con pendiente entre menor a 5°. Altitud sobre nivel del mar menor de 6 m.s.n.m.</p>	$0.071 \leq R < 0.199$
Riesgo Alto	<p>Cantidad de población De 4 mil a 5 mil habitantes, presentan un nivel de organización regular, con una calidad de servicio regular, respecto al grupo de edades es de 45 a 64 años. La población si aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección regular. Con un regular conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen un área Portuaria de 25 has a 35 has, con una antigüedad de infraestructura de 10 a 15 años con edificaciones con diseño anterior a la norma E030, con estado de obra de protección inconclusa. Presentan un regular mantenimiento de obra y la Cumplimiento con la norma de edificación se mantiene.</p>	$0.024 \leq R < 0.071$
Riesgo Medio	<p>Cantidad de población de 3 mil a 4 mil habitantes, presentan un nivel de organización bueno, con una calidad de servicio bueno, respecto al grupo de edades es de 15 a 29 años. La población frecuentemente aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección bueno. Con un buen conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen área Portuario de 15 has a 25 has, con una antigüedad de infraestructura de 3 a 10 años, con edificaciones con diseño a la norma E030, con estado de obra de protección regular.</p>	$0.007 \leq R < 0.024$

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

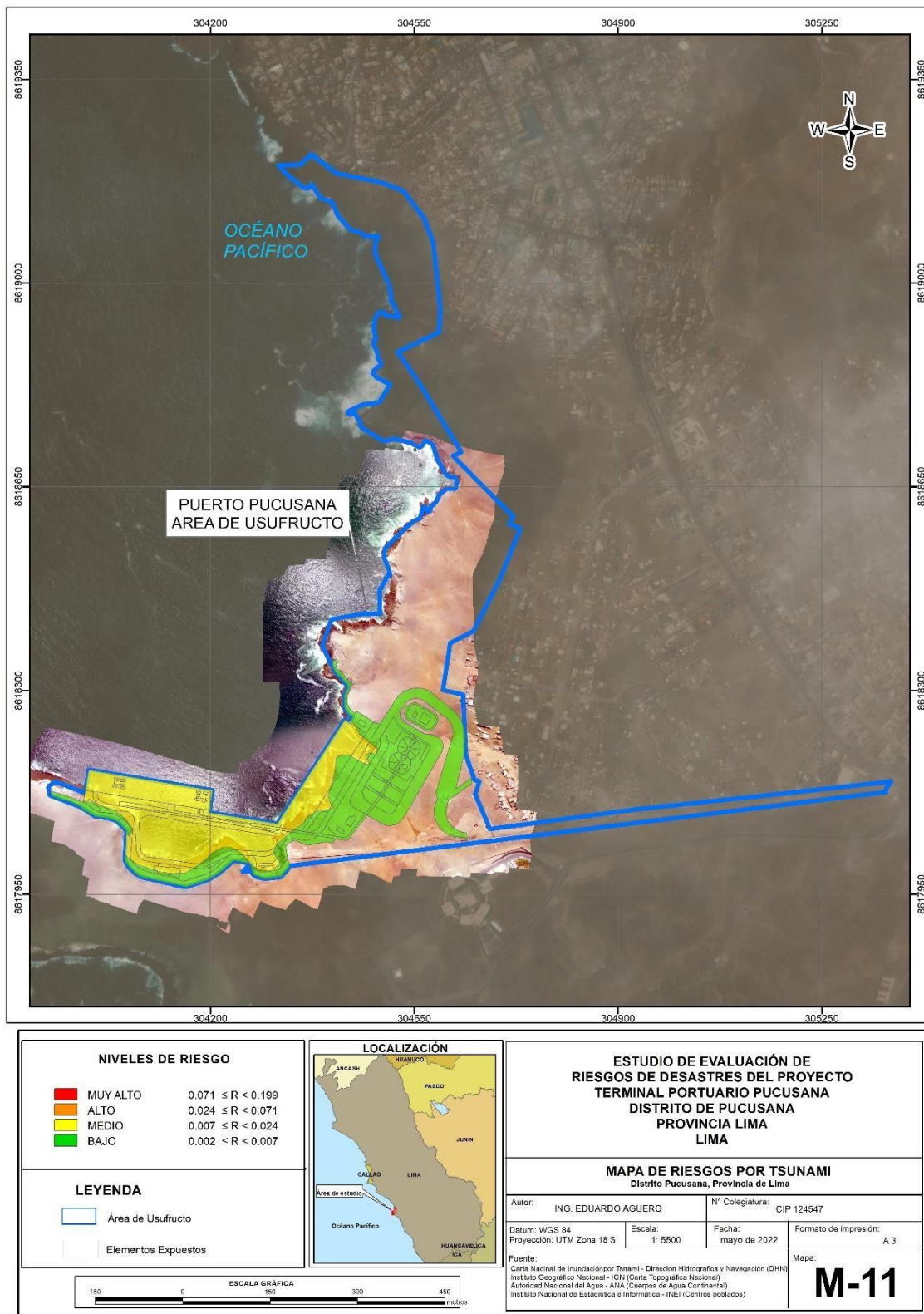
NIVEL DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN	Rangos
	<p>Presentan un buen mantenimiento de obra y se mantiene por debajo del nivel del caudal óptimo</p> <p>Sismo producido por la liberación de energía de magnitud de 9. Grado de Tsunami Nivel 2, altura de Ola entre 5m a 10m. Unidad geomorfológica de Llanura o planicie aluvial o Terraza indiferenciada, con pendiente entre 20° a 35°. Altitud sobre nivel del mar entre 12 y 20 m.s.n.m.</p>	
<p>Riesgo Bajo</p>	<p>Cantidad de población de 2 mil a 3 mil habitantes, presentan un nivel de organización muy bueno, con una calidad de servicio muy bueno, respecto al grupo de edades es de 30 a 44 años. La población siempre aplica conservación de sistema. Presenta un nivel de seguridad y protección del trabajador muy bueno. Con muy buen conocimiento sobre ocurrencia de desastres, tienen un área Portuaria menor de 15 has, con una antigüedad de infraestructura de 0 a 3 años, con edificaciones diseñadas posterior a norma E030, presentan un estado óptimo de obra de protección.</p> <p>Sismo producido por la liberación de energía de magnitud de 9. Grado de Tsunami Nivel 2, altura de Ola entre 5m a 10m. Unidad geomorfológica de Terraza Marinao Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria, con pendiente mayor a 35°. Altitud sobre nivel del mar mayor a 20 m.s.n.m.</p>	<p>0.002 ≤ R &lt; 0.007</p>

Fuente: Elaboración Propia

  
**RANULFO EDUARDO AGÜERO MENÉNDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

Figura N°- 34. Mapa de Riesgos por Tsunami



Fuente: Elaboración propia

**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

5.2.2.3. Matriz de Riesgos por Tsunami

La matriz de riesgos se obtiene de relacionar los niveles de peligro y los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 119. Matriz de riesgos-Textual

MATRIZ DEL RIESGO				
Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
NIVEL	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Fuente: Elaboración propia, adaptado de CENEPRED.

Tabla 120. Matriz de Riesgo

MATRIZ DE RIESGO					
PMA	0.425	0.036	0.069	0.116	0.185
PA	0.263	0.022	0.042	0.072	0.114
PM	0.176	0.015	0.028	0.048	0.076
PB	0.091	0.008	0.015	0.025	0.039
		0.085	0.161	0.274	0.434
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Elaboración propia, adaptado de CENEPRED.

VI. CONTROL DEL RIESGO

El riesgo originado por Sismo y Tsunami necesita de un enfoque multidisciplinario y holístico para abarcar relaciones lógicas que mantienen los elementos que la componen, Al mismo tiempo, cada uno de los servicios requiere de una metodología particular para controlar el riesgo.

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

6.1. Aceptabilidad o Tolerancia del Riesgo por Sismos

6.1.1. Valoración de consecuencias

Tabla 121. Valoración de consecuencias

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles.
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Fuente: CENEPRED

Del cuadro anterior, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural ser gestionadas sin dificultad, es decir, posee el nivel 1 - Bajo.

6.1.2. Valoración de Frecuencia

Tabla 122. Valoración de la frecuencia de ocurrencia

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente: CENEPRED

Del cuadro anterior, se obtiene que el evento sísmico puede ocurrir en circunstancias excepcionales, es decir, posee el nivel 1 – bajo.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646



6.1.3. Nivel de consecuencia y daños

Tabla 123. Nivel de consecuencia y daños

Consecuencias	Nivel	Zona de Consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Fuente: CENEPRED

De lo anterior se obtiene que el nivel de consecuencia y daño es de nivel 1- Baja.

6.1.4. Aceptabilidad y/o Tolerancia

Tabla 124. Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisibles	Se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente: CENEPRED

De lo anterior se obtiene que la aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo por Sismo en el sector de Pucusana es de nivel 1 – Aceptable.

La matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo se indica a continuación:

Tabla 125. Matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia

Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisibles	Riesgo Inadmisibles
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisibles
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Fuente: CENEPRED

6.1.5. Prioridad de Intervención

Tabla 126. Prioridad de Intervención

Valor	Descriptor	Nivel de priorización
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

Fuente: CENEPRED

Del cuadro anterior se obtiene que el nivel de priorización es de IV - Aceptable, del cual constituye el soporte para la priorización de actividades, acciones y proyectos de inversión vinculadas a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de Desastres como simulacros periódicos al menos 1 vez al año.

6.2. ACEPTABILIDAD O TOLERANCIA DEL RIESGO POR TSUNAMI

6.2.1. Valoración De Consecuencias

Tabla 127. Valoración de consecuencias

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles.
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Fuente: CENEPRED

Del cuadro anterior, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural por tsunami Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles, posee el nivel 2 - Medio.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

6.2.2. Valoración de frecuencia

Tabla 128. Valoración de la frecuencia de ocurrencia

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente: CENEPRED

Del cuadro anterior, se obtiene que el evento por Tsunami puede ocurrir Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias, es decir, posee el nivel 2 – Medio.

6.2.3. Nivel de consecuencia y daños

Tabla 129. Nivel de consecuencia y daños

Consecuencias	Nivel	Zona de Consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Fuente: CENEPRED

De lo anterior se obtiene que el nivel de consecuencia y daño es de nivel 2 – Medio.

6.2.4. Aceptabilidad y/o Tolerancia

Tabla 130. Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente: CENEPRED

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

De lo anterior se obtiene que la aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo por Tsunami en el sector de Pucusana es de nivel 2 – Tolerable.

La matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo se indica a continuación:

Tabla 131. Matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia

Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisibile	Riesgo Inadmisibile
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisibile
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Fuente: CENEPRED

#### 6.2.5. Prioridad de Intervención

Tabla 132. Prioridad de Intervención

Valor	Descriptor	Nivel de priorización
4	Inadmisibile	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

Fuente: CENEPRED

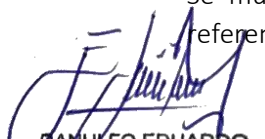
Del cuadro anterior se obtiene que el nivel de priorización es de III - Tolerable, del cual constituye el soporte para la priorización de actividades de capacitación y simulacros vinculadas a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de por Tsunami.

### VII. CÁLCULO DE EFECTOS PROBABLES

#### 7.1. Cálculo de pérdidas probables

En esta parte de la evaluación, se estiman los efectos probables que podrían generarse en el área de estudio al no considerar las medidas estructurales planteadas a consecuencia del impacto del peligro.

Se muestra a continuación los efectos probables, siendo estos de carácter netamente referencial.

  
**RANULFO EDUARDO  
 AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

**Cuadro 141. Efectos probables**

Efectos probables	Cantidad	costo unitario \$.	Total \$	daños probables \$	perdidas probables \$
<b>Daños probables</b>					
Muelle	global	19,931,122	19,931,122	19,931,122	
Respaldo Principal y Área de Respaldo complementario I	global	6,902,965	6,902,965	6,902,965	
Equipamiento	global	8,496,000	8,496,000	8,496,000	
<b>Pérdidas probables</b>					
costo de adquisición de carpas	300	100	30,000		30,000
gastos de atención de emergencia	500	500	250,000		250,000
<b>TOTAL</b>			<b>35,610,087</b>	<b>35,330,087</b>	<b>280,000</b>

**Fuente:** SIGRID e INEI.

## VIII. GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

### 8.1.1. Medidas No estructurales del Riesgo por Sismo

- Informar y capacitar a la población, gobiernos locales, gobiernos regionales, empresas privadas e instituciones sobre la ejecución del proyecto a realizar en las zonas y sobre las medidas a realizar frente a cualquier incidencia.
- Elaborar e implementar las acciones de gestión de riesgo de desastres.
  - a) Activación de los Comités de Emergencia (Central y Operativos)
  - b) Suspensión preventiva del servicio
  - c) Inspección preliminar y evaluación de daños
- En coordinación con la Municipalidad Provincial y Regional deberá incorporar la gestión de riesgo de desastre de manera transversal al proceso de planificación territorial y desarrollo local.
- Fortalecer la capacidad de gestión de autoridades, funcionarios y técnicos de la Municipalidad de Pucusana facilitando especialmente el cumplimiento de funciones y competencias asignadas según marco normativo vigente y la política nacional de gestión de riesgo de desastres.

  
**RANULFO EDUARDO AGUERO MENDEZ**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg CIP N° 124547

  
**LUIS GUTIERREZ BERROCAL**  
 INGENIERO GEÓGRAFO  
 Reg. CIP N° 96646

## 8.2. Recomendaciones del Riesgo por Tsunami.

Las medidas de prevención y reducción de riesgos ante el fenómeno de tsunami, son las siguientes:

### 8.2.1. Medidas estructurales del Riesgo por Tsunami

- La infraestructura del puerto debe de ser construida a una altura mayor de 5 m.s.n.m. para reducir el riesgo de un Tsunami producido con sismo de magnitud de 8.5.
- Se deberá crear un comité vecino para que implementen un sistema de alerta temprana de alerta ante un Tsunami.
- Se deberá tener las calles principales con acceso hacia el cerro que tiene mayor altura, donde el nivel de riesgo es bajo.
- Autoridad Portuario Nacional (APN) en conjunto con la municipalidad de Pucusana y los pobladores del área de estudio deberá realizar trabajos de mejoramientos y ampliación de la salida en las rutas de evacuación hacia el cerro que tiene mayor altura.

### 8.2.2. Medidas No estructurales del Riesgo por Tsunami

- Autoridad Portuario Nacional (APN) en conjunto con los pobladores del sector de Pucusana debe de generar concientización para reforestación y estabilizar en el lugar y tener mejor calidad de vida.
- Autoridad Portuario Nacional (APN) debe de tener implementado y capacitado a los vecinos respecto a los pronósticos de las condiciones meteorológicas y sistemas de alerta de Tsunamis.
- Se debe de actualizar el Plan de Operación de Emergencia ante sismos y/o Tsunamis del Terminal Portuario Pucusana.

## IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones.

- En el entorno geográfico del terminal portuaria Pucusana, se identificó que los peligros de mayor implicancia son los peligros por fenómeno natural sismo y tsunami.
- De acuerdo a la matriz de estratificación de peligro por sismo se tiene que el terminal portuaria Pucusana se encuentra en el nivel de peligro medio y bajo, por encontrarse en terrenos con pendiente fuerte abruptas, una geología estable y no haber sufrido eventos históricos de Sismos que hayan causado daños graves a la población y vivienda circundante.
- De acuerdo al estudio de mecánica de suelo, se concluye que el terreno donde se colocará las nuevas cimentaciones de las futuras estructuras está representado por el manto rocoso sedimentario que favorece a la edificación sismo resistente.
- La Dirección de Hidrografía y Navegación considera dos escenarios de modelación de inundaciones por tsunami, el escenario más probable, producido ante un sismo de 8.5

  
RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547

  
LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646



Mw; y el peor escenario, un tsunami producido ante la ocurrencia de un sismo de 9.0 Mw (COOPI et al., 2010; Tavera, 2014).

- Para el balneario de Pucusana, aproximadamente a 1.5 km al norte del Proyecto, se estimó una altura máxima de ola de 5 m (con un sismo de 8.5 Mw), estimando en 16 minutos el tiempo de arribo de la primera ola a la localidad; mientras que para el peor escenario (con un sismo de 9.0 Mw), se obtendría una la altura máxima de la primera ola de 13 m, con un tiempo de arribo de esa primera ola en 18 minutos (Proyecto SIRAD, 2010).
- De acuerdo a la matriz de estratificación de vulnerabilidad por los peligros de sismo y movimiento de masa se tiene que el Terminal portuaria Pucusana en la etapa de operación, se encuentra en el nivel de vulnerabilidad Bajo, por disponer de un personal que tienen un conocimiento bueno acerca de los sucesos de desastres, personal que se capacita con regular frecuencia en temas de gestión de riesgo de desastre, con una actitud regularmente previsora. El material predominante es de material noble, cumple con las normas de edificación.
- El nivel de riesgos ante un evento de Sismo está en función al peligro por la vulnerabilidad, se concluye que los niveles de riesgo por sismo en el terminal portuario Pucusana es bajo.
- El nivel de riesgos ante un evento de Tsunami está en función al peligro por la vulnerabilidad, se concluye que los niveles de riesgo por Tsunami del terminal portuario Pucusana es Medio siempre y cuando se tomen en consideración las medidas de estructurales de prevención de riesgos, como elevar el puerto a una cota mayor de 5 m.s.n.m.

## 8.2 Recomendaciones

- Respecto al riesgo por sismos obtiene que el nivel de Priorización de Intervención es Aceptable, donde el riesgo por sismos no presenta peligros significativos, el cual constituye un accionar de mantenimiento preventivo periódico, vinculados a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de desastres en el área de estudio Terminal portuaria Pucusana.
- Respecto al riesgo por tsunami se obtiene que el nivel de priorización es de III - Tolerable, del cual constituye el soporte para la priorización de actividades de prevención y construcción de las medidas estructurales como elevar la cota de superficie del terminal portuario a una cota mayor de 5 m.s.n.m.
- Desarrollar capacitaciones y simulacros vinculadas a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de por Tsunami.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Centro Nacional de Estimación, Prevención y reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2014. Manual para la evaluación del riesgo originados por Inundaciones Fluviales.



RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

- Guía simplificada para la identificación, formulación y Evaluación social de proyectos de protección de unidades Productoras de bienes y servicios públicos frente a Inundaciones, a nivel de Perfil / Ministerio de Economía y Finanzas, 2012.
- Guía general para identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública, a nivel de perfil / Incorporando la gestión del riesgo en un contexto de cambio climático. Dirección General de Inversión Pública-DGIP / 2012
- Ministerio de Economía y Finanzas y GTZ. 2006. Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo, Editorial Stampa Gráfica SAC-Lima-Perú, pág. 10-38.
- Programa Desarrollo Rural Sostenible – GTZ. 2006. Aplicación de la Gestión del Riesgo para el Desarrollo Rural Sostenible-Módulo 1, Editorial Comunica2 SAC. Lima-Perú.
- Proyecto de Peligros Naturales del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. 1993. Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos. Washington D.C.
- Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales. (Cuaderno técnico N° 2) Publicado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) - Dirección Nacional de Prevención (DNP) / Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos (UEER) INDECI, 2011.
- SIGRID – Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres / CENEPRED.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2014. Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. 2da versión.
- Saaty T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill Book Co., N.Y.
- Evaluación del Peligro Sísmico en Perú, IGP 2014
- Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú, Hernando Tavera – IGP – 2014.



RANULFO EDUARDO  
AGUERO MENDEZ  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg CIP N° 124547



LUIS GUTIERREZ BERROCAL  
INGENIERO GEÓGRAFO  
Reg. CIP N° 96646

Fin del documento