

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE FRENTE A  
FENÓMENOS NATURALES EN LA CIUDAD DE TACNA”**

**PARA OPTAR:**

**TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

Bach. Ing. Chandú Mirella Alexandra, Roque Castillo

Bach. Ing. Jherely Massyel, Vásquez Condori

**TACNA – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE FRENTE A  
FENÓMENOS NATURALES EN LA CIUDAD DE TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 01 de julio del 2019 ; estando el jurado calificador integrado por:

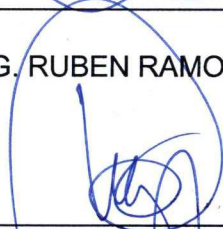
PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JIMMI YURY SILVA CHARAJA


SECRETARIO:

  
\_\_\_\_\_  
ING. RUBEN RAMOS HUME

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
ING. CESAR ARMANDO URTEAGA ORTIZ

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
ING. ROSEMARY POLDY BEGAZO SALAS

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Bach. Ing. Chandú Mirella Alexandra, Roque Castillo y Bach. Ing. Jherely Massyel, Vásquez Condori, en calidad de tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI N° 70839546 y DNI N° 72900040 respectivamente.

Declaramos bajo juramento que:

1. Que somos autores de la tesis titulada:  
**“EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE FRENTE A FENÓMENOS NATURALES EN LA CIUDAD DE TACNA”** la misma que presentamos para optar Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se derive, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

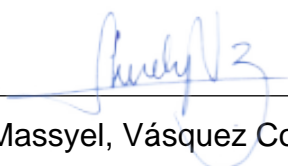
Tacna, 01 de julio del 2019



---

Chandú Mirella Alexandra, Roque Castillo

DNI N° 70839546



---

Jherely Massyel, Vásquez Condori

DNI N° 72900040

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a Dios por permitirnos tener una familia que nos apoya en cada decisión y proyecto que tenemos.

Nuestro infinito agradecimiento a nuestros padres por permitirnos cumplir con excelencia el desarrollo de esta tesis.

Gracias a la Ing. Rosemary Poldy Begazo Salas, nuestra asesora, por todo el tiempo dedicado, por apoyarnos de manera individual e institucional, por alentarnos y guiarnos en la culminación de esta tesis.

## DEDICATORIA

Con amor para mi familia, para mis padres por haberme dado la vida y la dicha de haber llegado hasta este momento tan importante en mi vida profesional.

Para mi gran motivo, quien me enseñó a ser la persona que soy ahora, sin sus enseñanzas nada de esto sería posible, con amor para mi madre.

Para mi gran ejemplo, mi gran aprecio y admiración, por ser la base que me ayudó a llegar hasta aquí, con amor para mi padre.

A mi hermano Cristhian por recordarme a donde voy, por llegar a mi vida y conocer mi verdadera esencia.

A Chandú porque sin el equipo que formamos, no hubiéramos logrado esta meta.

A todos los que me apoyaron a escribir y concluir esta tesis, hago presente mi gran afecto a todos ustedes.

Jherely Massyel, Vásquez Condori

## DEDICATORIA

Por brindarme salud, una familia, escucharme en todo momento e indirectamente guiarme en un camino al que con su ayuda seguiré cumpliendo con más metas a Dios.

Para mis padres por estar allí en los buenos y malos momentos, confiando e incitándome a no rendirme. No hay palabras con las que pueda explicar mis sentimientos hacia ellos, Luis y Aurelia los amo y agradezco cada día por el apoyo incondicional.

A mis hermanos, Hamileth y Álvaro por mostrarme lo bueno que es tenerlos y compartir momentos con ellos.

Jherely más que una compañera una mejor amiga, sigamos adelante por nuevas metas.

A mis amigos con quienes compartí los estudios y que ahora son parte de mi familia.

Por la compañía en los malos días y tan solo con su silencio Adri, Maia, Lulu fueron un gran apoyo.

Chandú Mirella Alexandra, Roque Castillo

## PRÓLOGO

En el Capítulo I, se describe el “PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA”, el cual es que en el Perú se presenta diferentes fenómenos naturales los cuales afectan a las zonas más vulnerables principalmente a los sistemas de abastecimiento de agua potable es por eso que es necesario realizar la evaluación de riesgo.

En el Capítulo II, “MARCO TEORICO”, se presenta los antecedentes ocurridos en la ciudad de Tacna, descripción de los componentes, descripción de los fenómenos naturales, descripción del peligro, vulnerabilidad y riesgo.

En el Capítulo III, “MARCO METODOLOGICO”, se explica el tipo y nivel de investigación a seguir, la población y la muestra de estudio que será afectada, se tendrá también la operacionalización de variables, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos y el análisis tanto del peligro como de la vulnerabilidad.

En el Capítulo IV, “RESULTADOS”, se dan a conocer las zonas de estudio a trabajar, el análisis y evaluación de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

En el Capítulo V, “DISCUSIÓN”, se evalúan los peligros y la vulnerabilidad que estos causan en los sistemas de abastecimiento de agua potable, teniendo como resultado el riesgo.

Finalmente, “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”, en la cual se encuentra las conclusiones del trabajo y se resumen los resultados de la investigación.

El anexo, contiene panel fotográfico, planos, y las hojas de cálculo.



## ÍNDICE

CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.2. Formulación de los problemas específicos.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	5
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. HIPÓTESIS.....	6
1.5.2. Hipótesis específicas.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	9
2.2.1. Descripción básica de los sistemas de agua potable.....	9
2.2.2. Descripción básica de los fenómenos naturales.....	16
2.2.3. Características del suelo.....	20
2.2.4. Riesgos.....	22
2.2.5. Análisis de peligro.....	24
2.2.6. Análisis de Vulnerabilidad.....	26
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	30
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	32
3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	32
3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	33
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS...34	34
3.4.1. Análisis y evaluación del peligro.....	35
3.4.2. Análisis y evaluación de la vulnerabilidad.....	35
3.4.3. Análisis y evaluación del riesgo.....	43
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	44
3.5.2. Método multicriterio.....	46

CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	50
4.1 ZONAS DE ESTUDIO.....	50
4.1.2 Descripción de las zonas de trabajo.....	56
4.2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD.....	62
4.2.2. Ponderación de los parámetros del peligro de inundación.....	78
4.2.3. Ponderación de los parámetros del peligro por movimientos en masa (huayco),.....	90
4.3. ANÁLISIS Y EVALUACION DE VULNERABILIDAD.....	102
4.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO.....	159
4.4.1. ZONA I.....	159
4.4.2. ZONA II. ....	161
4.4.3. ZONA III.....	162
4.4.4. ZONA IV.....	163
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	165
5.1 PELIGROSIDAD.....	165
5.2 VULNERABILIDAD.....	166
5.3 RIESGO.....	166
5.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN.....	167
CONCLUSIONES.....	168
RECOMENDACIONES.....	171
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172
ANEXOS	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del SAAP en Tacna.....	15
Figura 2 . Clasificación de peligros.....	16
Figura 3. Peligros de origen natura.....	17
Figura 4. Relación con respecto al tiempo entre las variables del peligro (PI) y vulnerabilidad (VE).....	22
Figura 5 . Flujograma para estimar los niveles de riesgo.....	23
Figura 6 . Metodología general para determinar el nivel de peligro inducido por fenómenos naturales.....	25
Figura 7. Factores de vulnerabilidad.....	27
Figura 8. Análisis de los factores de vulnerabilidad.....	27
Figura 9 . Parámetros para la dimensión física.....	28
Figura 10 Parámetros para la dimensión ambiental.....	28
Figura 11. Parámetros para la dimensión social.....	29
Figura 12. Parámetros para la dimensión económica.....	29
Figura 13 . Pasos para la hallar los niveles de peligrosidad.....	35
Figura 14 . Parámetros para el reconocimiento y especificación del peligro.....	36
Figura 15 . Ejemplo de factores condicionantes para un peligr.....	38
Figura 16. Ejemplo de factores desencadenantes para un peligro.....	38
Figura 17. Análisis de los elementos expuestos en la vulnerabilidad.....	40
Figura 18. Metodología para hallar los niveles de vulnerabilidad.....	41
Figura 19 . Metodología para hallar los niveles de riesgo.....	42
Figura 20 . Escala para la ponderación de parámetros y descriptores desarrollada por Saaty.....	44
Figura 21. Desborde de huayco.....	53
Figura 22 . Zona I limitada.....	58
Figura 23 . Zona II limitada.....	59
Figura 24 . Zona III limitada.....	60
Figura 25. Zona IV limitada.....	61

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de peligro ( N.P.).....	26
Tabla 2. Ejemplo para la magnitud de sismo.....	37
Tabla 3. Parámetros para la magnitud del sismo.....	67
Tabla 4. Parámetros de la intensidad del sismo.....	67
Tabla 5. Aceleración del suelo.....	68
Tabla 6. Relieve.....	70
Tabla 7. Tipo de suelo.....	71
Tabla 8. Perfil del suelo.....	71
Tabla 9. Geológico.....	72
Tabla 10. Inducido por el ser humano.....	73
Tabla 11. Nivel del peligro (N.P.) del sismo.....	77
Tabla 12. Frecuencia.....	81
Tabla 13. Pendiente.....	82
Tabla 14. Geología.....	83
Tabla 15. Geomorfología.....	83
Tabla 16. Precipitación.....	84
Tabla 17. Nivel de peligro (N.P.) de la inundación.....	88
Tabla 18. Textura del suelo.....	90
Tabla 19. Pendiente.....	91
Tabla 20. Erosión.....	91
Tabla 21. Velocidad de desplazamiento.....	92
Tabla 22. Factor condicionante – Relieve.....	93
Tabla 23. Tipo de suelo.....	93
Tabla 24. Cobertura vegetal.....	94
Tabla 25. Uso actual de los suelos.....	94
Tabla 26. Hidrometeorológicos.....	95
Tabla 27. Parámetro geológico.....	95
Tabla 28. Parámetro inducido por el ser humano.....	96
Tabla 29. Nivel de peligro (N.P.) de movimiento de masa ( huayco).....	100
Tabla 30. Fragilidad física.....	102

Tabla 31. Resiliencia física.....	103
Tabla 32. Fragilidad social.....	103
Tabla 33. Resiliencia social.....	104
Tabla 34. Valor de vulnerabilidad por dimensión.....	105
Tabla 35. Nivel de vulnerabilidad.....	105
Tabla 36. Fragilidad física en PT .....	124
Tabla 37. Resiliencia física en PT.....	124
Tabla 38. Fragilidad social en PT .....	125
Tabla 39. Resiliencia social en PT.....	126
Tabla 40. Tabla resumen.....	158
Tabla 41. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo.....	159
Tabla 42. Resumen de los niveles de riesgo.....	160
Tabla 43. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo en la zona II.....	161
Tabla 44. Resumen de los niveles de riesgo.....	162
Tabla 45. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo en la zona III.....	162
Tabla 46. Resumen de los niveles de riesgo en la zona III.....	163
Tabla 47. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo en la zona IV.....	163
Tabla 48. Resumen de los niveles de riesgo en la zona IV.....	164

**LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1. Zonas de la ciudad de Tacna a trabajar.....	32
Cuadro 2. Servicios básicos.....	53
Cuadro 3. Áreas de estudio por zonas de la ciudad de Tacna.....	54
Cuadro 4. Estratificación de nivel de peligro: sismo.....	75
Cuadro 5. Estratificación del N.P.: inundación.....	86
Cuadro 6. Estratificación del N.P.: movimiento de masas (huayco).....	98
Cuadro 7. Estratificación de nivel de vulnerabilidad (N.V. ) en el R1.....	108
Cuadro 8. Estratificación de N.V en el R2.....	111
Cuadro 9. Estratificación de N.V en el R3.....	114
Cuadro 10. Estratificación de N.V en el R4.....	117
Cuadro 11. Estratificación de N.V en el R7.....	120
Cuadro 12. Estratificación de N.V en el R8.....	123
Cuadro 13. Estratificación de N.V en la PT-AL.....	130
Cuadro 14. Estratificación de N.V en la PT-CA.....	133
Cuadro 15. Estratificación de N.V en el R10.....	136
Cuadro 16. Estratificación de N.V en el R14.....	139
Cuadro 17. Estratificación de N.V en el R9.....	142
Cuadro 18. Estratificación de N.V en el R11.....	145
Cuadro 19. Estratificación de N.V en el R13.....	148
Cuadro 20. Estratificación de N.V en el R15.....	151
Cuadro 21. Estratificación de N.V en el muro de contención.....	157

## RESUMEN

Los sistemas de abastecimiento de agua proporcionan un servicio básico en las sociedades modernas, suministrando el agua para el consumo humano. El costo de este servicio únicamente puede ser valorado en toda su magnitud cuando falla. Dada su inherente naturaleza, los sistemas de abastecimiento de agua son complejos y vulnerables a diversas clases de riesgo, teniendo en cuenta también los diferentes fenómenos naturales que se tienen en Perú y que tienden a ocasionar inseguridad. La existencia de planes de emergencia es de gran importancia para mitigar los efectos de esos riesgos.

Para poder identificar los puntos críticos de un sistema de agua potable se debe utilizar una metodología que pueda admitir entregar en forma exacta los fundamentos y procedimientos para identificarlos. A esto se le llama evaluación del riesgo del sistema de abastecimiento de agua pretendiendo encontrar las vulnerabilidades del sistema que pueda iniciarse por las amenazas o peligros que se transformen en un riesgo. Teniendo esta información es necesario evaluar los puntos delicados del sistema de abastecimientos de agua de la ciudad de Tacna, empezando con la identificación de los peligros, analizando sus vulnerabilidades y estimando el riesgo, todo aquello que con lleva a que se afecten a las infraestructuras del sistema de abastecimiento de agua.

Este análisis es una ventajosa herramienta en el conocimiento del estudio de gestión de riesgos lo que lleva a realizar obras de abastecimiento de agua potable eficientes y que estas puedan atender a la población en caso de desastres y/o emergencias.

## ABSTRACT

Water supply systems provide a basic service in modern societies, supplying water for human consumption. The cost of this service can only be valued in all its magnitude when it fails. Given its inherent nature, water supply systems are complex and vulnerable to various kinds of risk, taking into account also the different natural phenomena that exist in Peru and tend to cause insecurity. The existence of emergency plans is of great importance to mitigate the effects of these risks.

In order to identify the critical points of a drinking water system, a methodology must be used that can admit the exact foundations and procedures to identify them. This is called assessing the risk of the water supply system, trying to find the vulnerabilities of the system that can be initiated by the threats or hazards that become a risk. Having this information it is necessary to evaluate the delicate points of the water supply system of the city of Tacna, starting with the identification of the hazards, analyzing their vulnerabilities and estimating the risk, everything that leads to affecting the infrastructure of the water supply system.

This analysis is an advantageous tool in the knowledge of the risk management study, which leads to carrying out efficient drinking water supply works that can serve the population in case of disasters and / or emergencies.



# **“EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE FRENTE A FENÓMENOS NATURALES EN LA CIUDAD DE TACNA”**

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Los fenómenos de origen natural a medida que se incrementan ocasionan impactos socio-económicos y ambientales, debido al crecimiento inadecuado de la población en ámbitos geográficos inseguros. Los múltiples desastres que se han presentado detienen el desarrollo sostenible de las ciudades, impidiendo satisfacer las necesidades de la actual generación y comprometiendo la capacidad de las generaciones futuras, de ese modo la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable (SAAP) se exponen ante el impacto de estos fenómenos ya sea de mayor o menor grado.

Se sabe que el agua potable que se dispone para la Tierra es de 0.025%, disminuyendo año tras año debido a la contaminación de las aguas subterráneas y el deshielo en los glaciares y casquetes polares. En la actualidad, la gran mayoría de países sufre de crisis de agua, y está proyectado que más de cincuenta países en el mundo sufrirá una escasez de este tipo.

Los diversos fenómenos naturales ocurridos en el Perú, han generado daños a la vida y la salud , dejando personas afectadas y damnificadas, uno de los más significativos para nuestra región han sido las lluvias fuertes, donde se han registrado precipitaciones pluviales de moderadas a fuerte intensidad ocasionando la activación de quebradas secas, de ese modo incrementando el caudal de los ríos originando desbordes, inundaciones, huaycos , deslizamientos, sequías, descargas eléctricas, afectando a las instituciones educativas, centros de salud , viviendas, áreas de cultivo, vías de comunicación y vías de acceso, dejando así pérdidas económicas considerables.

Por otro lado, Tacna está situada al Sur del Perú en la vertiente del océano Pacífico, una región muy seca, debido a que es la continuación del desierto de Atacama,

consiguiendo solo el 1.7% de agua dulce del país, por ser una zona desértica tiende a dejar de recibir agua por periodos largos, ocasionando sequías que afectan a la zona sur del país y a las fuentes superficiales que llegan a niveles críticos.

En el año 1998 fue un tiempo muy lluvioso para Tacna en la cual se manifestó el huayco que afecto a toda la zona de la bocatoma de Calientes y al primer embalse de Cerro Blanco, punto inicial del sistema de almacenamiento de agua de Tacna, dañando grandemente el abastecimiento del recurso hídrico de la ciudad, dejando de operar durante 100 días. Durante los años 2000, 2001 y 2004 ingresaron nuevamente el huayco impactando las líneas de conducción de 20" de concreto armado de la planta de Calana provocando la discontinuidad del sistema por varios días.

De acuerdo a la norma E 030, Tacna se encuentra ubicada en la zona 4, una zona donde ocurre el fenómeno de subducción de las placas tectónicas y es sacudida por eventos sísmicos de gran magnitud, registrándose el 21 de junio del 2001 el sismo de 6.9 de magnitud, en escala de Richter con epicentro en Ocoña – Arequipa, afectando no solo a la población si no a los sistemas de distribución interrumpiendo el suministro de agua. Si bien es cierto en Tacna no a vuelto a ocurrir un sismo de tal magnitud existe un silencio sísmico, en la cual se espera uno de intensidad mayor , al ocurrido durante el año 2001, por lo tanto es necesario que la población y la infraestructura estén preparadas para poder enfrentarlo de manera adecuada.

Está demostrado que cuando un fenómeno se presenta, se vuelve un peligro y si la atención de la emergencia no es eficiente existen deficiencias no solo en los servicios básicos para la población, la atención hospitalaria, alimentos, sino en los sistemas de abastecimiento. Cada uno de estos elementos tiene una función específica, además de los componentes físicos, se requiere una infraestructura que sea capaz de operar y mantener adecuadamente para que puedan cumplir sus funciones.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Formulación del problema central**

¿Es posible evaluar el riesgo de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna permitiendo establecer medidas de prevención frente a desastres naturales?

### **1.2.2. Formulación de los problemas específicos**

- ¿De qué manera se puede identificar los peligros naturales en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna?
- ¿De qué manera se puede identificar la vulnerabilidad en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna?
- ¿Es posible determinar el nivel del riesgo para establecer las medidas de control en los sistemas de agua potable en la ciudad de Tacna?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

En los sistemas de agua potable los componentes son muy variados y como producto se obtienen peligros naturales de gran magnitud, tanto en el lado administrativo, operativo, organizativo y físico, es necesario identificar, valorizar, priorizar y corregir las debilidades de las infraestructuras de los sistemas de abastecimientos de agua potable , es decir que brinden sus funciones de manera normal, igualmente se podrá evitar las pérdidas ya sean económicas, infraestructurales y sobre todo vidas humanas.

La estimación de la vulnerabilidad, permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema frente a un peligro, posteriormente estimando el riesgo se establecerían medidas de mitigación estructurales y no estructurales necesarias para corregir esas debilidades.

Identificando los puntos críticos del sistema, realizando obras estructurales que reduzcan el nivel de vulnerabilidad, se podrá reducir los tiempos de atención de un desastre o emergencia, siendo la población la más beneficiada y la menos afectada por la falta de estos servicios.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el riesgo de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna para establecer medidas de prevención frente a desastres naturales

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar y ponderar los peligros naturales en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.
- Identificar y ponderar la vulnerabilidad en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.
- Determinar el nivel del riesgo para establecer las medidas de control en los sistemas de agua potable en la ciudad de Tacna.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. Hipótesis general**

Con la evaluación el riesgo de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna se establece medidas de prevención frente a desastres naturales

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- Al identificar los peligros naturales en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable se tiene una adecuada evaluación del riesgo.
- Al identificar la vulnerabilidad en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna, disminuye las debilidades de operación.
- Al determinar el nivel del riesgo de los sistemas de agua potable en la ciudad de Tacna se establece medidas de control adecuados.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

La necesidad de proteger los sistemas de abastecimiento de agua potable (SAAP) frente a los desastres naturales, es de suma importancia puesto que en las últimas décadas las pérdidas económicas ocasionadas para las empresas de agua que generan los desastres están directamente asociadas a los daños físicos que se dan hacia las infraestructuras y por consiguiente al costo adicional que genera la empresa para poder atender la emergencia.

Según estudios de la **Organización Panamericana de la Salud** el sismo ocurrido en Limón, Costa Rica, en abril de 1991, se comprobó que se habrían perdido alrededor de nueve millones de dólares en tareas de rehabilitación y emergencia sin embargo si hubiesen invertido cinco millones de dólares en medidas de prevención y mitigación los daños habrían sido mínimos.

**Cano (2006)** realiza la tesis sobre el análisis de vulnerabilidad en los sistemas de agua potable principalmente en el lugar de captación, la conducción, el tanque de almacenamiento, planta de tratamiento y las redes de distribución encontrados en el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala, realizando un plan de mitigación adecuado, es así como propone medidas de prevención y protegiendo el sistema completo para que de ese modo no deje de funcionar en el momento que ocurran los desastres naturales, ya que son muy vulnerables. Los resultados concluyen que para poder estar prevenidos es necesario realizar medidas de emergencia, aunque su costo sea el doble que las medidas de mitigación, de manera análoga menciona que es necesario que la persona a cargo del sistema lleve un control o historial de la operación de este.

Esta investigación ayudó a la comprensión del desarrollo de los componentes a evaluar en los sistemas de agua potable, analizando las vulnerabilidades ante los desastres naturales ya que no solo son los derrumbes que son ocasionados por la sobrecarga de taludes, sino también los deslizamientos debido a las grandes lluvias.

Por otro lado **Gutiérrez (2000)** en la tesis sobre la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tacna, investiga las principales infraestructuras en la ciudad así como su debido funcionamiento; analiza su deterioro, de la misma manera evalúa la operación de los sistemas de agua potable no solo para lograr recuperar el servicio sino para poder evitar daño a terceros.

Así **Tasaico (2018)** en la tesis “Mejoramiento del sistema de agua potable en el SubSector 07, Sector IV en la Ciudad de Tacna”, hace mención a las 14 cooperaciones de las residencias ubicadas en la parte baja del cerro Intiorko con el objetivo de eliminar las constantes fallas que existen en la red debido a las presiones estáticas altísimas, que llegan a pasar los 70 metros de columna de agua y según el reglamento peruano O.S 050 deben encontrarse por debajo de los 50 metros, es por eso que analiza y se diseña una nueva red propuesta con un software.

El historiador Dr. **Cavagnaro (2000)** resalta que el río Caplina en el año 1570 discurría caprichosamente por un cauce mayor, que eventualmente se llenaba en épocas de avenida. En algunas partes del cauce existían puntos vulnerables que posibilitaban peligrosas y destructoras inundaciones, como a unos cuatrocientos metros de la cabecera del pueblo de esa época, se ubicaba uno de esos lugares riesgosos. Cavagnaro menciona que el río venía desde el puente Capanique con una dirección casi invariable del nordeste al suroeste, torcía bruscamente, al sur, a la altura de la actual Quinta Hullmann, así el torrente se desbordaba, inundando a la población de ese entonces, es por eso que se construyó un Tajamar. Por otra parte se mencionaba que el poblado prehispánico estaba ubicado en Caramolle, hacia el suroeste la población limitaría con la vegetación de la ribera que crecía junto al amplio cauce del río Caplina, en épocas de avenida tendría un ancho que llegaría hasta la actual calle Bolívar, formando meandros e isletas, y por el noreste el pueblo terminaría con el río Caramolle o Pampa de Caramolle. No existen referencias precisas de algún fuerte impacto del río desbordado, pero es probable que los hubiese antes de 1700, se encontró, menciones como el agua desbordada por la prolongación San Martín. Por otro lado explica que el terremoto del 8 de octubre de 1831 tuvo numerosas pérdidas, sin embargo dos años más tarde el terremoto del 18 de setiembre de 1833, sacudió a la ciudad de Tacna dejándola en escombros, debido a ese desastre la ciudad presentó construcciones en las que incluía la cantería y el techo con remate trapezoidal.

En cuanto al **Instituto Nacional de Defensa Civil- INDECI** bajo el proyecto PNUD, **Programa de Ciudades Sostenibles (2007)** , nombra los peligros que amenaza a la ciudad, del mismo modo las inundaciones causadas por las excesivas lluvias en la zona alto andina, los eventos sísmicos, la presencia del fenómeno del Niño que provoca peligros que recaen sobre la ciudad debido a la estrechez del valle , la desertificación y un aspecto importante sobre el riesgo de los ríos casi secos en temporada de avenidas. Así mismo menciona el mal comportamiento de la población ante los desastres y la falta de prevención ante ellos.

De ese modo **Kuroiwa (2017)** menciona que a lo largo de los años los terremotos que ocurrieron tanto en California, EE.UU.(1989 y 1994) , Japón (1995 y 2011) y Chile (2010) nos dejan una valiosa lección en los SAAP puesto que no tuvo una protección adecuada, teniendo efectos secundarios sobre la población; obligándolos a conseguir apoyo de empresas de agua en ciudades vecinas para poder restituir el agua en el menor tiempo posible.

No obstante en Japón se firmó y aprobó el **Marco de Acción de Hyogo (2005)** realizado entre 168 países en los cuales su compromiso fue implementar conceptos sobre prevención y evaluación de riesgos, así mismo la manera de poder enfrentarlos y actuar ante una crisis, teniendo como principal objetivo elevar la resiliencia de las naciones para el año 2015 en consecuencia minimizando las pérdidas que ocasionan estos desastres naturales.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

Es de vital importancia obtener la referencia teórica, ya sea de investigaciones o documentos que ya han sido desarrollados por organizaciones privadas o públicas que estén aplicadas al estudio de desastres naturales, y los efectos que ocurren posteriormente en los sistemas de abastecimiento, de ese modo obteniendo el marco conceptual y se desarrolle el presente estudio, así como las futuras investigaciones que se deseen realizar en la región de Tacna.

### **2.2.1. Descripción básica de los sistemas de agua potable**

#### **- Sistema de abastecimiento agua potable**

Los sistemas de abastecimiento de agua potable, denominaremos SAAP para el mejor de la manejo de la información, es un grupo de componentes ya sea instalados o construidos con la finalidad de almacenar, conducir, tratar, captar y distribuir el agua a sus consumidores, en pocas palabras ofrecer su servicio a la población , de este modo abasteciendo a todo el territorio de un país.

De acuerdo a su función tendremos sistemas de bombeo, gravedad y mixtos. En los sistemas de gravedad se aprovecha la pendiente natural del terreno es decir el agua sigue su curso desde la captación hasta la distribución, en un sistema de bombeo es necesario un equipo electromecánico para el abastecimiento del agua, en un

sistema mixto para que el agua circule es necesario tanto de la pendiente natural del terreno como un equipo electromecánico que lo complemente.

#### - **Componentes del sistema**

En un sistema de agua sus principales componentes son la captación, conducción, almacenamiento, tratamiento del agua y distribución de la misma.

La captación, es el lugar de origen donde se encuentra el agua, puede ser un río, una vertiente, una fuente de agua subterránea a su vez pueden contar con estructuras de tipo muro, tanques que sean construidos de concreto, o pozos que sean revestidos con tuberías de pvc o acero, o con una derivación hacia un canal principal.

La conducción, está referida principalmente para que el agua fluya desde la fuente hacia el lugar de almacenamiento – tratamiento, se usan tuberías de pvc, polietileno, cemento o hierro, se tienen de diferentes diámetros y la longitud es variable de acuerdo al diseño previo.

Para el almacenamiento y tratamiento se consta de uno o varios tanques, su tamaño puede ser variable según el estudio y su diseño, cabe resaltar que su función es almacenar agua y tratarla para el uso de sus consumidores, es decir eliminar los contaminantes del agua dejándolo en óptimas condiciones para el consumo humano, sometiéndola a diferentes procesos, ensayos y estudios químicos, teniendo en cuenta que la desinfección puede ser manual o con un dosificador, es por eso que este componente debe estar ubicado en un ambiente cerrado, en ocasiones la desinfección se realiza en los pozos de captación.

#### - **Planta de Tratamiento**

Es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

La planta está conformada por las siguientes unidades:

- Cámara de reunión



- Cámara de distribución
- Dos unidades compactas de manto de lodos mecanizadas
- Filtración
- Dosificadores de sustancias químicas
- Desinfección
- Laboratorio
- Almacén para materiales químicos
- Cisterna de agua filtrada
- Tanque elevado de 250 m<sup>3</sup>
- Equipos de bombeo

- **Reservorios**

Son instalaciones de almacenamiento de agua tratada que desempeñan una de las principales funciones de abastecimiento de agua segura adecuada y confiable.

Las escuelas, hospitales, asilos, fábricas y casas particulares dependen de un abastecimiento constante de agua potable.

Si no se logra mantener la integridad estructural y sanitaria de las instalaciones de almacenamiento se pueden producir pérdidas en la propiedad, enfermedades y muertes.

Clasificación:

Por su ubicación hidráulica se tendrá:

- Reservorio de cabecera o de distribución

Es alimentado desde la captación o planta de tratamiento (por gravedad o bombeo) y luego abastece a las redes de distribución.

- Reservorio de compensación o flotante

Son reguladores de consumo donde el suministro va directamente a la red de distribución y de ella va al reservorio, a las horas de mínimo consumo e reservorio se llena y a las horas de máximo consumo la red es atendida desde la captación y del reservorio.

Por su ubicación con respecto al terreno se tendrá:

- Reservorio apoyado
- Reservorio elevado
- Reservorio enterrado
- Reservorio semienterrado

Por su material de construcción:

- Reservorio de mampostería o de concreto simple
- Reservorio de concreto
- Reservorio de pre o post – tensado
- Reservorio metálico

#### - **Estaciones de bombeo**

Son un conjunto de estructuras civiles, equipos y tuberías y accesorios que toman el agua directamente o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

Elementos de una estación de bombeo:

- Caseta de bombeo
- Cisterna de bombeo
- Equipo de bombeo
- Grupo generador de energía y fuerza motriz
- Tubería de succión
- Tubería de impulsión

- Válvulas de regulación y control
- Equipos para cloración
- Interruptores de máximo y mínimo nivel
- Tableros de protección y control eléctrico
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos
- Área para el personal de operación

#### - **Reductores de Presión - Cámara Rompe Presión**

Cuando existe una gran diferencia de desnivel entre el punto de captación y el largo de la línea de conducción pueden generarse presiones que no soportaría la tubería, en este tipo de situaciones es recomendable construir una cámara rompe presiones que permitirá disipar la energía. Este tipo de estructuras permite el uso de tuberías de una clase menor, así se reduce los costos en las obras de abastecimiento de agua.

#### - **Sistemas de conducción**

##### a) **Líneas de conducción**

Para el abastecimiento de agua, las tuberías de conducción se inician en cajas tanques o reservorios se dirigen hacia otros reservorios y posteriormente a los centros de consumo, por lo general estas tuberías son de grandes dimensiones por ende la pérdida de carga con grandes comparadas con las pérdidas locales en cambios de dirección o cambios de pendiente, etc. Pueden conducir por gravedad a través de canales y conductos forzados

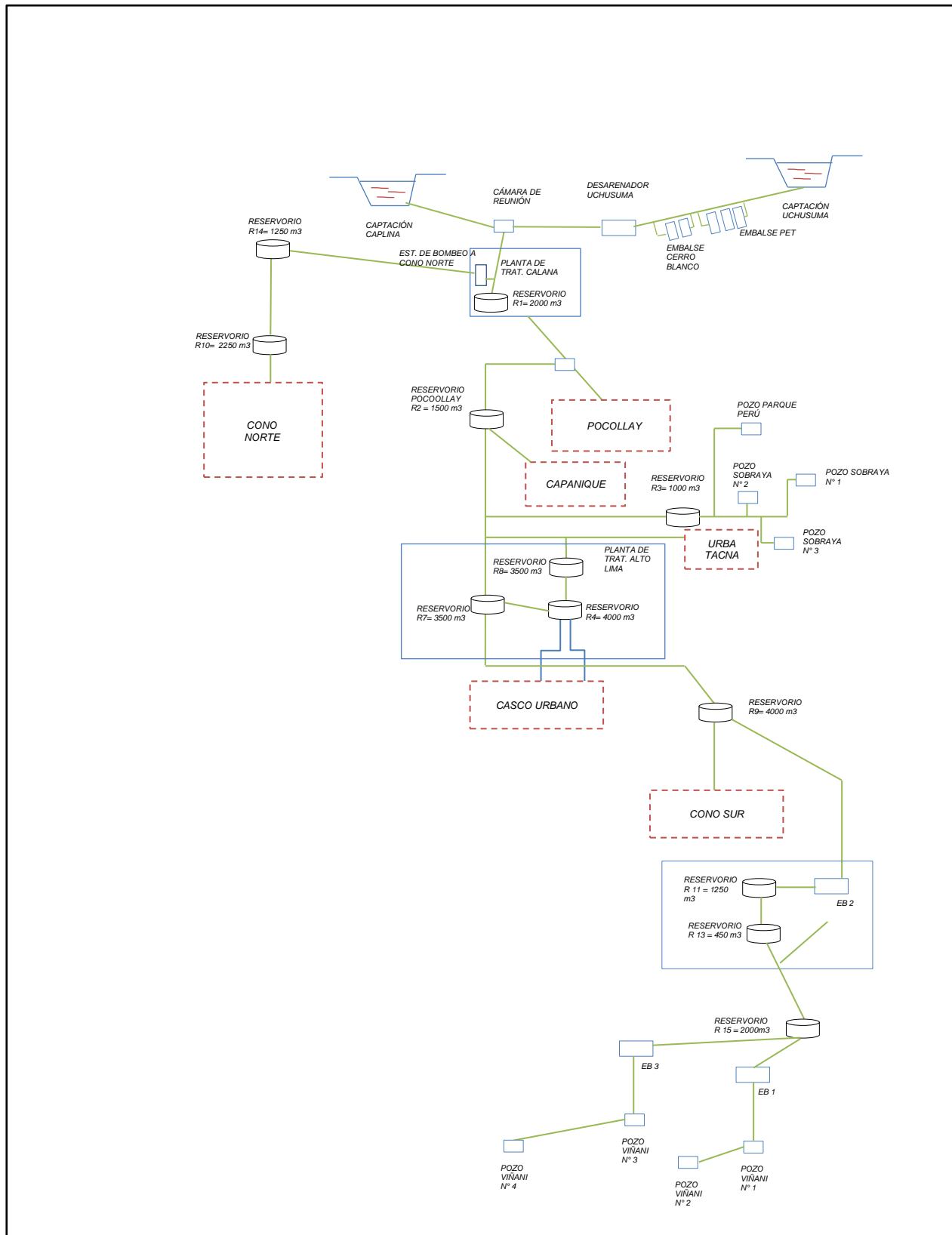
##### b) **Líneas de aducción**

Se define línea de aducción en un sistema de acueducto al conducto que transporta el agua de la bocatoma, desde la cámara de derivación, hasta el desarenador. Puede ser un canal abierto o un canal cerrado (tubería).

#### - **Embalses**

Es un depósito de agua que se forma de manera artificial o natural, lo habitual es que se cierre la boca de un valle a través de una presa o de un dique, almacenando el agua de un río o de un arroyo, con esas aguas se podrá abastecer a una población y producir energía eléctrica.

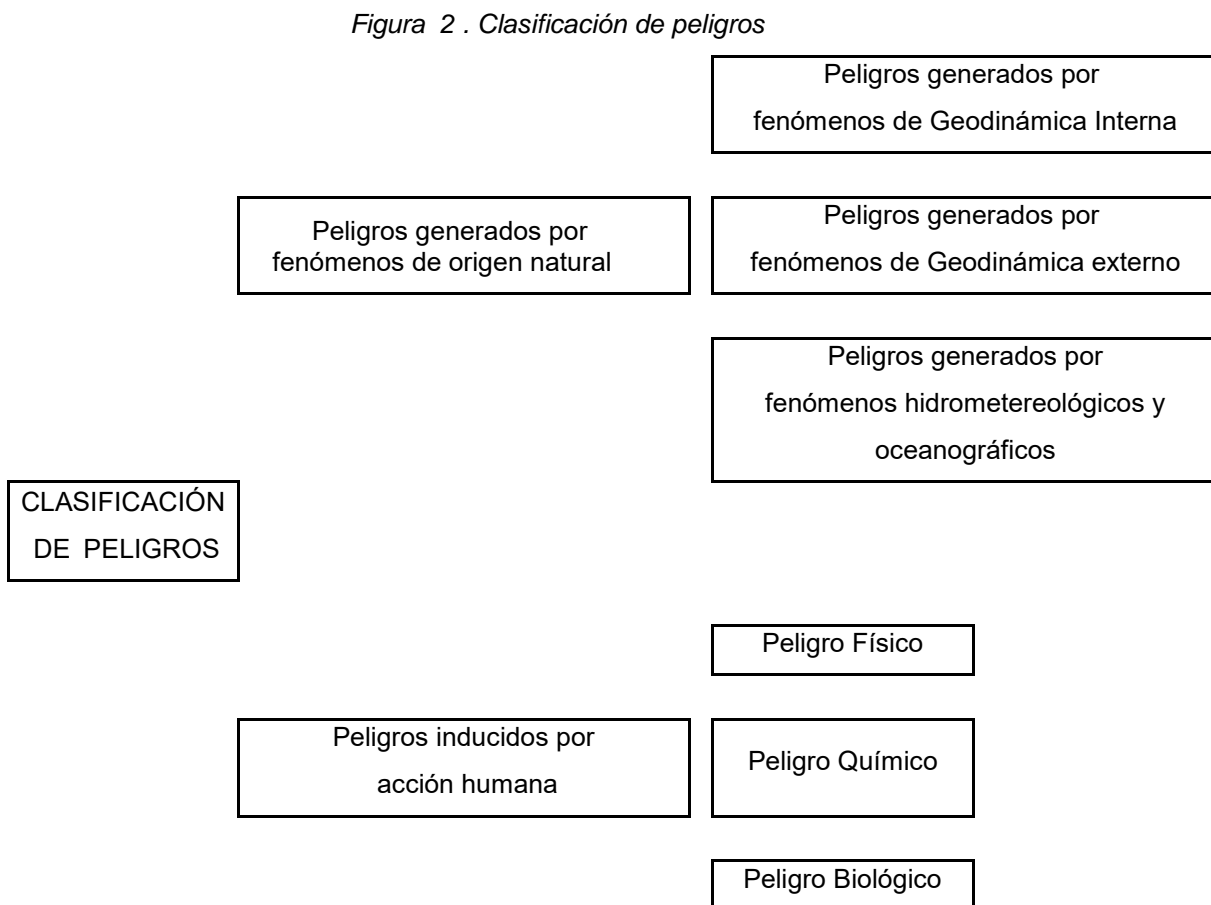
Figura 1. Esquema general del SAAP en Tacna



Fuente: Elaboración propia

## 2.2.2. Descripción básica de los fenómenos naturales

Para realizar el estudio se agruparon los fenómenos de acuerdo a su origen, esto nos permitirá identificar y caracterizar cada uno de ellos, así como se muestra en la figura 2:



Fuente: Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales

Los fenómenos según su origen natural se clasifican en tres grupos:

- Peligros causados por fenómenos de geodinámica interna
- Peligros causados por fenómenos de geodinámica externa
- Peligros causados por fenómenos oceanográficos y hidrometeorológicos.

Observando la figura 3, según el resultado obtendríamos:

Figura 3. Peligros de origen natural

## PELIGROS CAUSADOS POR FENÓMENOS DE ORIGEN NATURAL

Peligros generados por fenómenos de Geodinámica Interna	Peligros generados por fenómenos de Geodinámica externa	Peligros generados por fenómenos Hidrometeorológicos y Oceanográficos	
Sismos	Caídas	Inundaciones	Tormentas eléctricas
Tsunamis o maremotos	Volcamiento	Lluvias intensas	Vientos fuertes
Vulcanismo	Deslizamiento de roca o suelo	Oleajes anómalos	erosión
	Preparación Lateral	Sequías	Incendios forestales
	Flujo	Descenso de temperatura	Olas de calor y frío
	Reptación	Granizadas	Desglaciación
	Deformaciones gravitacionales profundas	Fenómeno El niño	Fenómeno La niña

Fuente: Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales

### - Sismos

A este fenómeno también denominado temblor, terremotos o sismos se caracteriza por ser un evento no predecible, ni controlable por el hombre ya que a partir de los movimientos en la corteza terrestre de la Tierra se generan intensas deformaciones en su interior, liberando energía en forma de ondas que sacuden la superficie.

Los sismos son producidos por las fallas geológicas, pueden ocurrir otras causas como la fricción de placas tectónicas, impacto de asteroides, procesos volcánicos o también provocados por el ser humano.

Cuando ocurre un sismo el punto de origen se denomina hipocentro, el punto que se

encuentra sobre este en la superficie terrestre es el epicentro. Si bien es cierto un terremoto tiene efecto tanto directo como secundario, los directos son la causa del sacudimiento de las ondas sísmicas y los secundarios son aquellos producidos por las deformaciones del terreno, es decir afectada por los fenómenos como deslizamiento, avalanchas, maremotos , correntadas de lodo y licuación del suelo. Para medir la energía se emplea diversas escalas una de ellas es la escala de Richter y para medir la intensidad una de las más conocidas es la escala de Mercalli.

Efectos generales de los sismos:

- a) Las estructuras de los componentes del sistema de agua potable como la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución son destruidas total o parcialmente.
- b) La ruptura de tuberías es un común en los sismos ya que afectan la conducción y distribución, así como las uniones entre tuberías y tanques, ocasionando una pérdida de agua.
- c) Las vías de acceso, los servicios de electricidad y de comunicación son interrumpidos.
- d) De acuerdo a la topografía sinuosa ubicada en cada zona se modifica la calidad del agua debido a los deslizamientos.
- e) Disminuye (variación) de los caudales en las captaciones superficiales y subterráneas.
- f) En los manantiales cambia de lugar la salida del agua
- g) Estructuras como viviendas, hospitales, colegios son afectados por un mal diseño antisísmico, así como la calidad constructiva y el tipo de suelo en la que se ubican.

#### - **Movimiento de masas (Huayco)**

Llamamos huayco cuando es afectado por lluvias intensas o una violenta inundación provocando desprendimientos del material de las laderas como enormes bloques de rocas, y así destruyendo todo lo encontrado a su paso, a su vez en los entornos del río arrastra el lodo aguas abajo por las quebradas y las cuencas, este tipo de fenómenos suelen llegar al fondo de los valles, llevando consigo todo lo encontrado en su paso.

Los huaycos son producidos en las micro cuencas ubicadas en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes y la vertiente oriental, siendo más peligroso en los valles



que desembocan hacia el océano Pacífico, al suceder en la zona alta de los valles verticales el huayco alcanza gran velocidad ocasionando no sólo pérdidas materiales si no humanas, además de las actividades de limpieza y desescombro que son sumamente complicadas en caso de emergencia.

Daños producidos por los huaycos:

- a) Por la caída de huaycos el agua viene con lodo y desechos que ocasionan cero captación de agua.
- b) En las tuberías el principal daño está ocasionado por el arrastre de lodo, además de la destrucción de canales de conducción, tramos de tuberías, estaciones de bombeo que se encuentran ubicadas sobre o en el transcurso de los deslizamientos y flujos.
- c) Para el inicio de la potabilización de agua se necesita volúmenes adecuados y si hay una contaminación no se podrá realizar esta acción.
- d) Los daños ocasionados en una planta de tratamiento solamente se dan cuando la infraestructura ha sido ubicada sobre o en el camino del deslizamiento o al pie de las laderas sin una debida protección, en zona con un tipo de suelo de relleno, o terrenos licuables.
- e) Así mismo, las vías de acceso, los servicios de electricidad y de comunicación son interrumpidos.

#### - Inundaciones

Llamaremos inundaciones cuando es causado por las fuertes precipitaciones, las lluvias intensas, produciendo crecida en los ríos en pocas palabras el crecimiento anormal del mar, es importante tener en cuenta la composición del suelo puesto que afecta a su topografía.

De eso modo tenemos el desbordamiento de los ríos que tiene lugar cuando el volumen de agua originado por las lluvias excede la capacidad de conducción del cauce normal de un río. Si bien sucede a espacios irregulares de tiempo, la información existente es importante para definir los periodos válidos de retorno.

Según su duración, tendremos inundaciones dinámicas que son producidas en los ríos de fuerte pendiente y corta duración, produciendo grandes daños. Así mismo tendremos inundaciones estáticas que son ocasionadas por las lluvias aumentando el caudal del río, superando su capacidad.

Según su origen clasificaremos a las inundaciones pluviales producidas por la aglomeración de lluvias intensas por un breve tiempo y las inundaciones fluviales causadas por el desbordamiento del caudal del río, aumentando de manera masiva el volumen del agua.

Daños producidos por las inundaciones:

- a) Las zonas ubicadas en áreas que tienen baja pendiente o tienen un mal sistema de drenaje afectarán la infraestructura y su servicio.
- b) Destrucción de las viviendas con una ubicación cerca al cauce de los ríos, tuberías de drenaje y las orillas de los lagos.

### **2.2.3. Características del suelo**

#### **- Depósitos de cenizas volcánicas**

En los distritos de Calana y Pocollay, el tipo de suelo que se encuentra ubicado son depósitos de ceniza volcánica, antiguamente en el valle de Tacna la presencia de estos depósitos formaban una capa, con el paso del tiempo fue erosionado por el río Caplina, dejando actualmente cerros con forma de extensas lenguas a lo largo de la cuenca.

Su aspecto es de una tonalidad rosada, con fragmentos angulares de rocas volcánicas andesíticas y abundante pómez.

En Ciudad Nueva estos depósitos se hallan parcialmente y son encontrados debajo de los depósitos aluviales junto con los deluviales de las laderas del cerro Intiorko.

#### **- Depósitos aluviales**

Cubren las quebradas de Viñani, Caramolle y El Diablo. Su composición es de arenas con limo marrón de compactación media. En la zona de la quebrada Caramolle, se presenta capas de hasta 20 cm de flujos de lodo con clastos de ignimbritas, así mismo es un depósito hallado en el distrito de Ciudad Nueva, cubriendo el depósito de cenizas volcánicas, incluyendo un contenido de sulfatos y sales, los cuales se hallan adheridos a las arenas en terrones y forman una capa de 30- 50 cm, en un estado seco, en otras palabras conocido como caliche.

#### **- Depósitos fluviales (Q fl\_c)**

Se considera depósito fluvial a aquel depósito formado por la corriente de los ríos, definiendo el curso de los ríos, está compuesto por guijarros con relleno arenoso y gravas, este depósito se halla en el distrito de Gregorio Albarracín en el cono sur de la ciudad, en esta zona es explotado como material para la construcción, en Tacna antiguamente el río Caramolle tenía su curso en lo que ahora es la avenida Leguía encontrando este tipo de depósito.

En épocas de crecida de los ríos se tienen Q fl\_l (depósitos de llanura de inundación) los cuales desbordan el canal, depositando sedimentos finos como limos y arcillas cremas que lleva en suspensión en grandes playas e inundando sus márgenes a grandes distancias.

Tacna cuenta con este tipo de depósitos, logrando en ciertos lugares espesores superiores a 2 m. actualmente fragmento de ellos son terrenos agrícolas.

#### - **Depósitos deluviales**

Los depósitos deluviales se forman a través de la gravedad, erosión del suelos y viento, recubiertas de suelo fino junto con arenas limosas y fragmentos tanto pequeños como medianos de ignimbritas unidas violáceas de la Formación Huaylillas, son depositadas y cubren las faldas de los cerros. Logran tener suelos de hasta 2 m. de espesor y en ocasiones descansan residualmente sobre areniscas grises comprendidas por la Formación Moquegua.

En las laderas del Cerro Intiorko se encuentra ubicada su mayor extensión, así como en el distrito de Ciudad Nueva. Este tipo de suelo presentan tonalidades rosadas junto con café claro y contiene un alto contenido de sulfatos y sales..

#### - **Depósitos antropogénicos**

Estos depósitos son aquellos en los que ha intervenido la mano del hombre, es decir desmonte y basurales, está distribuido en el cono norte, cono sur, Pocollay, y la quebrada del Diablo.

Los depósitos se caracterizan por tener restos de viviendas, actualmente son canteras abandonadas de Ignimbritas perteneciente a la Formación Huaylillas, en cambio en los depósitos de basura se tiene en cuenta los remotos botaderos municipales.

No obstante, en otros casos estos depósitos han sido arrojados en extensos descampados, donde posteriormente han sido nivelados, por ejemplo en el Parque Industrial de la ciudad, del mismo modo, en el cerro Intiorko así se logra observar depósitos de canteras desahuciadas de ignimbritas.

#### 2.2.4. Riesgos

##### a. Factores del riesgo

Para la elaboración del Informe de Evaluación del Riesgo, se tendrá la ecuación. (2.1). Se debe de tener en cuenta los siguientes factores del Riesgo:

$$R_{ie}I^T = f(P_i, V_e)I^T \quad (2.1)$$

Además se tendrá:

$R$  = riesgo

$f$  = en función

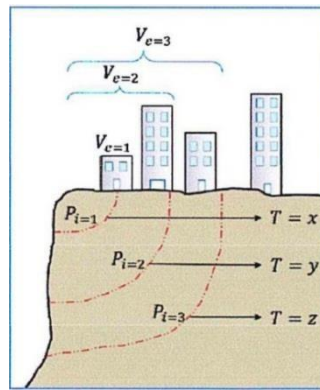
$P_i$  = Peligro con la intensidad  
 $\geq$  a una intensidad  $i$  durante un periodo de exposición " $t$ "

$V_e$  = Vulnerabilidad de el elemento expuesto " $e$ "

$T$  = tiempo

Por consiguiente tendremos que el nivel de riesgo se encontrará en función a la vulnerabilidad del elemento expuesto propenso al efecto del peligro con cierta intensidad y en un término de tiempo.

*Figura 4. Relación con respecto al tiempo entre las variables del peligro (PI) y vulnerabilidad (VE)*



Fuente: CENEPRED

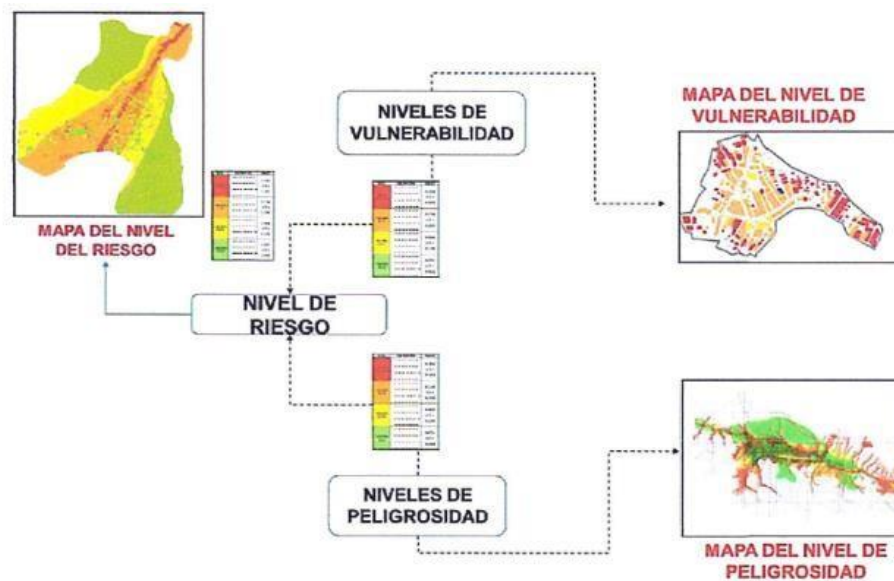
En un evento se considera tanto la intensidad el periodo de retorno es decir el tiempo que se encuentra relacionado con el factor desencadenante que genera el fenómeno con dicha intensidad, igualmente con los elementos que se encontrarán expuestos ante esta.

Durante el proceso de evaluación es necesario entender los fenómenos naturales, que podrían afectar a los componentes del Sistema de abastecimiento de agua potable, debido a eso se recomienda utilizar el Manual de evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales propuesto por el CENEPRED.

Para establecer el cálculo del riesgo de la zona, se emplea el siguiente método:

Para hallar el cálculo del riesgo en las diferentes zonas, se utiliza el siguiente proceso:

Figura 5. Flujograma para estimar los niveles de riesgo



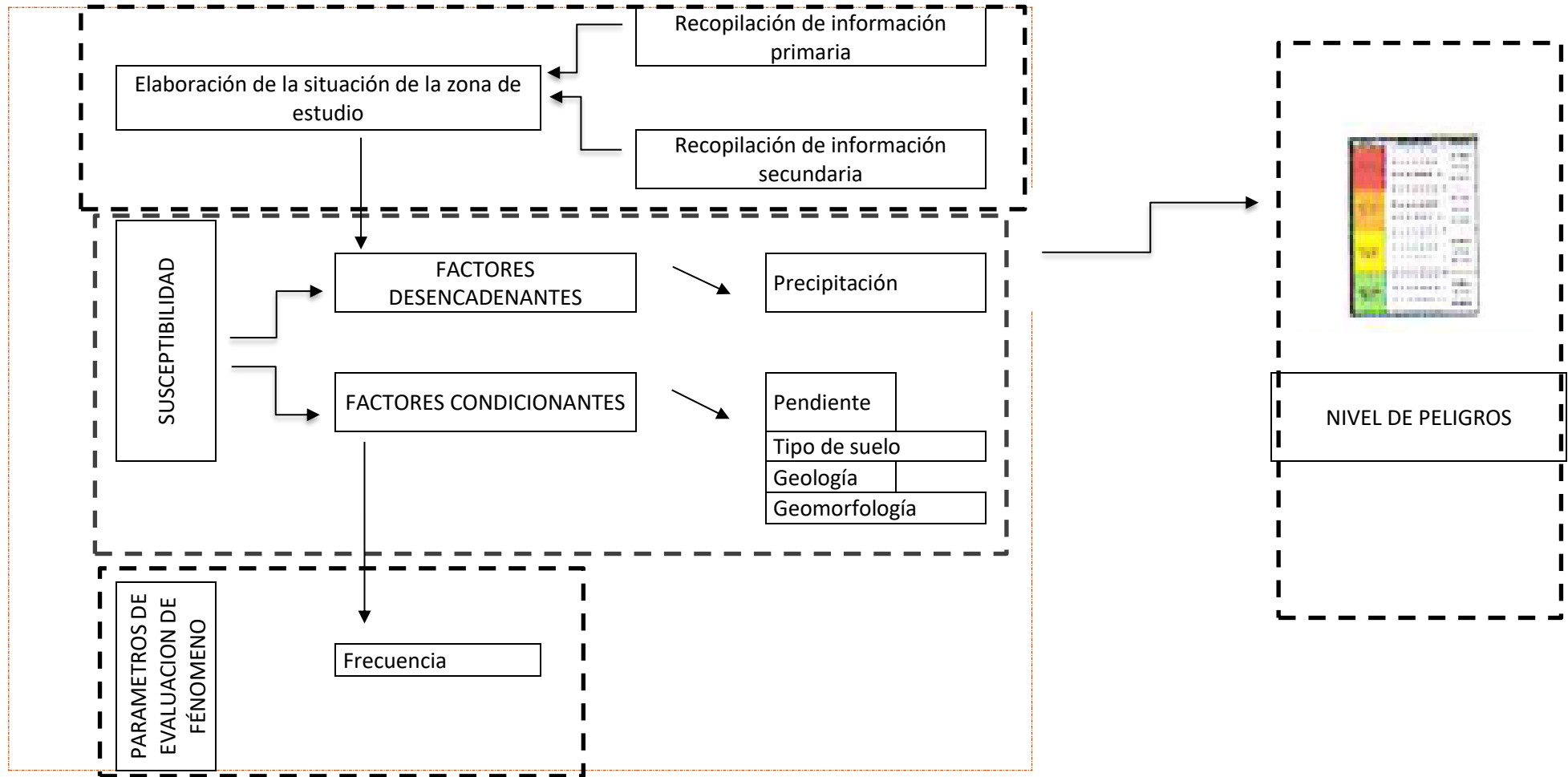
Fuente: CENEPRED

### **2.2.5. Análisis de peligro**

Es de vital importancia tanto reconocer como calificar el peligro y su campo de influencia o donde predomina, conociendo dicho componente, del SAAP, se localiza en una zona de probable efecto desfavorable y que ocurra algún tipo de fenómeno natural , y así poder evaluar el peligro y predecir con anticipación el futuro comportamiento de los componentes ante los efectos de los fenómenos naturales e inducidos por la acción humana posiblemente dañinos y a la vez tener una idea de posible ocurrencia de dichos fenómenos para diversas magnitudes.

Para reconocer y calificar el nivel de peligro, se realizará el método de acuerdo al siguiente flujo grama :

Figura 6 . Metodología general para determinar el nivel de peligro inducido por fenómenos naturales



Fuente : CENEPRED

En la tabla a continuación, se aprecia un cuadro de acuerdo a los niveles de peligro y sus correspondientes rangos hallados a través del proceso de análisis jerárquico de Satty, operando inicialmente las ponderaciones de los factores desencadenantes, factores condicionantes y parámetros de evaluación, para finalmente realizar la adecuada estratificación del nivel del peligro.

*Tabla 1. Nivel de peligro ( N.P.)*

0.276 < P < 0.445	Peligro Muy alto (PMA)
0.123 < P < 0.276	Peligro Alto (PA)
0.069 < P < 0.123	Peligro Medio (PM)
0.038 < P < 0.069	Peligro Bajo (PB)

Fuente: CENEPRED

### **2.2.6. Análisis de Vulnerabilidad**

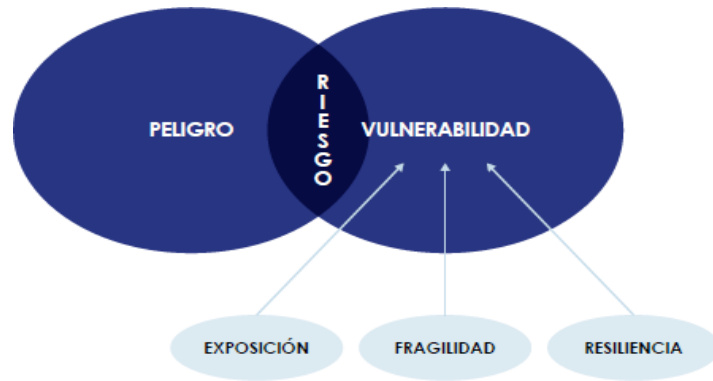
Es una de las partes más importantes del manejo de la información en los SAAP, pues nos permitirá determinar el grado de afectación a que se está expuesto ante el impacto potencial de una amenaza determinada, además este análisis nos ayuda a establecer el nivel de exposición y propensión de los daños y pérdidas de los componentes del SAAP.

Si bien es cierto los componentes del SAAP son la captación, conducción y reservorio (almacenamiento), es necesario realizar un análisis de vulnerabilidad frente a los efectos de los peligros puesto que las estructuras y equipos quedan de manera susceptible en sufrir daños. En forma directa por ejemplo en una inundación las estaciones de bombeo serían las más afectadas; o de manera indirecta como fallas en los fluidos eléctricos.

Para la evaluación de la vulnerabilidad se deberá tener en cuenta factores como la fragilidad y resiliencia en sus principales dimensiones tanto físicas como sociales.



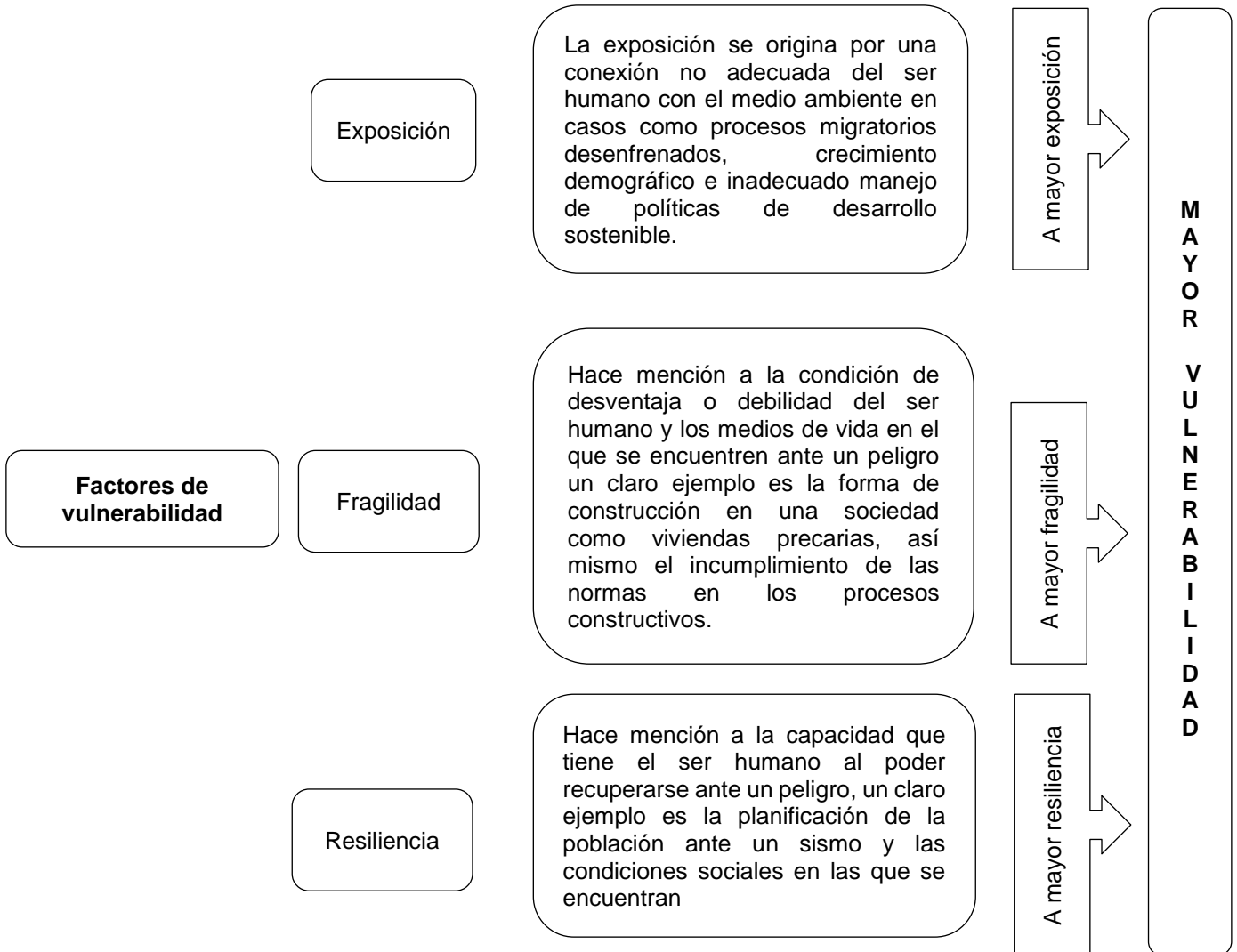
Figura 7. Factores de vulnerabilidad



Fuente: CENEPRED

**a. Análisis de los factores de vulnerabilidad**

Figura 8. Análisis de los factores de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

### b. Análisis de los elementos expuestos

- Se analizará el comportamiento de los SAAP frente al impacto de un peligro, así mismo se tendrá en cuenta a la población tanto vulnerable como no vulnerable.

### c. Determinación de los niveles de vulnerabilidad

- Análisis de la estratificación de los niveles de vulnerabilidad

### d. Análisis de vulnerabilidad de acuerdo al componente

- Nos referimos al cálculo de la vulnerabilidad en cada una de sus dimensiones en los componentes del SAAP.

## PARÁMETROS DE LAS DIMENSIONES

Las dimensiones tanto físicas, ambientales, social y económica tienen diferentes parámetros y descriptores uno de sus claros ejemplos son los siguientes:

*Figura 9 . Parámetros para la dimensión física*

<b>DIMENSIÓN FÍSICA</b>	PARÁMETROS DE LA FRAGILIDAD FÍSICA	Estado de conservación de la infraestructura Antigüedad de la infraestructura Estado de suelos. Configuración estructural
Está referida a la exposición, fragilidad y resiliencia de la infraestructura de los SAAP	PARÁMETROS DE RESILIENCIA FÍSICA Fuente : CENEPRED	Sostenimiento del sistema

*Figura 10 Parámetros para la dimensión ambiental*

<b>DIMENSIÓN AMBIENTAL</b>	PARÁMETROS DE LA FRAGILIDAD	Estado de fuente de agua
----------------------------	-----------------------------	--------------------------

Está referida a la exposición, fragilidad y resiliencia en la actividad ambiental de la infraestructura de los SAAP	AMBIENTAL		Volumen de agua útil de captación Estado de suelos.
	PARÁMETROS DE RESILIENCIA AMBIENTAL	DE	Estado de caudal Aplicación normativa ambiental Reforestación Obras para siembra del agua

Fuente : CENEPRED

*Figura 11. Parámetros para la dimensión social*

<b>DIMENSIÓN SOCIAL</b>	PARÁMETROS DE LA FRAGILIDAD SOCIAL		Nivel de planificación
Está referida a la exposición, fragilidad y resiliencia de la infraestructura de los SAAP	PARÁMETROS DE RESILIENCIA SOCIAL	DE	Preparación en contenido de riesgo de desastres Conciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres Postura ante el riesgo Planes de propagación

Fuente : CENEPRED

*Figura 12. Parámetros para la dimensión económica*

<b>DIMENSIÓN ECONÓMICA</b>	PARÁMETROS DE LA FRAGILIDAD ECONÓMICA		Gastos de las familias
Está referida a la exposición, fragilidad y resiliencia de la infraestructura de los SAAP	PARÁMETROS DE RESILIENCIA ECONÓMICA	DE	Ingreso familiar Costo de la tarifa del agua Consumo per cápita del agua Actividad económica Cultura de pago Familias sin servicio una vez conectados

Fuente : CENEPRED

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Agua potable**

Agua que por su cualidad tanto química y física así como bacteriológica debe ser óptima, cumpliendo con la normatividad vigente y ser admisible para la satisfacción de las necesidades básicas.

- **Desastre**

Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por acción humana.

- **Emergencia**

Es la situación de daños en la que se encuentra la vida, las viviendas, hospitales, centros educativos, el patrimonio y el medio ambiente, causados por los diferentes fenómenos naturales o inducidos por acción humana que perturbará el habitual desarrollo de las funciones de la zona damnificada.

- **Evaluación del Riesgo**

Es la fase donde ya obtenida e identificado el peligro y la vulnerabilidad del componente a analizar, se recomendará diferentes medidas de prevención o reducción de riesgo de desastres, las que debidamente deberá ser evaluada por un experto en el tema.

- **Informe de Evaluación del Riesgo**

Es el documento donde se anexara los resultados de la correspondiente EVAR (evaluación de la vulnerabilidad, amenaza y riesgo) aquí se indicara con qué tipo de riesgo se estará trabajando en la zona debida de estudio, existiendo el nivel de riesgo muy alto, alto, medio y bajo.

- **Peligro**

Es la posibilidad de la presencia de un fenómeno, con una gran capacidad dañina, ya sea de procedencia natural o causado por el acto humano.

- **Peligro Inminente**

Es aquel peligro donde se tendrá un alto pronóstico de ocurrencia, que algún evento físico, previsiblemente dañino, suceda en un lugar determinado, teniendo las debidas evidencias que sustenten ello. Se tendrán que tomar acciones rápidas y necesarias para minimizar el efecto.

- **Vulnerabilidad**

Es la fragilidad o debilidad del componente físico, la población, edificaciones, sistemas e instalaciones.

- **Identificación de peligros**

Es el estudio de los diversos peligros que existen y que afecten a la población, así mismo es parte esencial del proceso de estimación de riesgo.

- **Análisis de la Vulnerabilidad**

En esta fase, se analizará los diferentes factores de exposición, resiliencia y fragilidad de acuerdo al peligro indicado, es un proceso en el cual se determina los componentes críticos, susceptibles o débiles ante el daño.

- **Cálculo del Riesgo**

Es el cálculo producido por el peligro multiplicado por su vulnerabilidad, dando los niveles de riesgos, se valora cualitativamente tanto como cuantitativamente, los daños o afectaciones.

- **Riesgo de Desastre**

Posible consecuencia que sufrirá la ciudad y sus habitantes, debido al impacto de un peligro, dependerá a que tan alta o baja es su vulnerabilidad

## **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Tipo de Investigación**

##### **DESCRIPTIVO**

Ya que el propósito de la investigación es identificar, describir situaciones y eventos; para determinado fenómeno natural a través de la determinación de las vulnerabilidades y que permitan medir o evalúan diversos aspectos del riesgo. Esta investigación tiene como objeto identificar los puntos críticos del sistema de agua potable y realizar medidas de prevención.

#### **Nivel de Investigación**

##### **NO EXPERIMENTAL**

Es un diseño de investigación no experimental ya que analiza la relación entre dos o más variables en determinado momento.

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

#### **Población**

La población o universo del estudio son las instalaciones de los SAAP, así como la captación y producción del mismo. La investigación está dado físicamente desde los embalses del PET y EPS Tacna S.A. ubicado en Cerro Blanco - Distrito de Calana como punto de inicio, hasta los pozos de agua subterránea y estaciones de bombeo en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa.

#### **Muestra de Estudio**

##### **Zona 1: Pocollay – Calana**

En la cual se evaluará los reservorios de R1, R2,R3 y PT-CA

### Zona 2: Casco Urbano

En ella se establece todo el centro de la ciudad de Tacna por lo cual se le denomina Casco Urbano. En esta zona de muestreo contempla la evaluación de los sistemas de ingreso y salida de la planta de tratamiento (PT) de Alto de Lima, así como los reservorios R8, R7 y R4 que abastece al centro de la ciudad.

### Zona 3: Ciudad Nueva

Denominado al sector ubicado en Ciudad Nueva, en la cual se observa los Reservorio R14 y R10.

### Zona 4: Cono Sur

Ubicado en el distrito de Gregorio Albarracín y Viñani, iniciando con el reservorio R9 frente del cuartel Tarapacá, concluyendo con el sistema de Viñani, que contempla los reservorios R9, R11, R13, R15 y Muro de contención.

*Cuadro 1. Zonas de la ciudad de Tacna a trabajar*

ZON	DESCRIPCIÓN
A	
1	Pocollay y Calana
2	Casco Urbano
3	Ciudad Nueva
4	Cono Sur

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

**Variable Independiente:** Infraestructura del sistema de agua potable

**Indicadores:**

- Parámetros de evaluación del fenómeno.

**Variable Independiente:** Evaluación del riesgo

**Indicadores:**

- Análisis y evaluación del peligro en las zonas de estudio
- Análisis y evaluación de la vulnerabilidad en las zonas de estudio

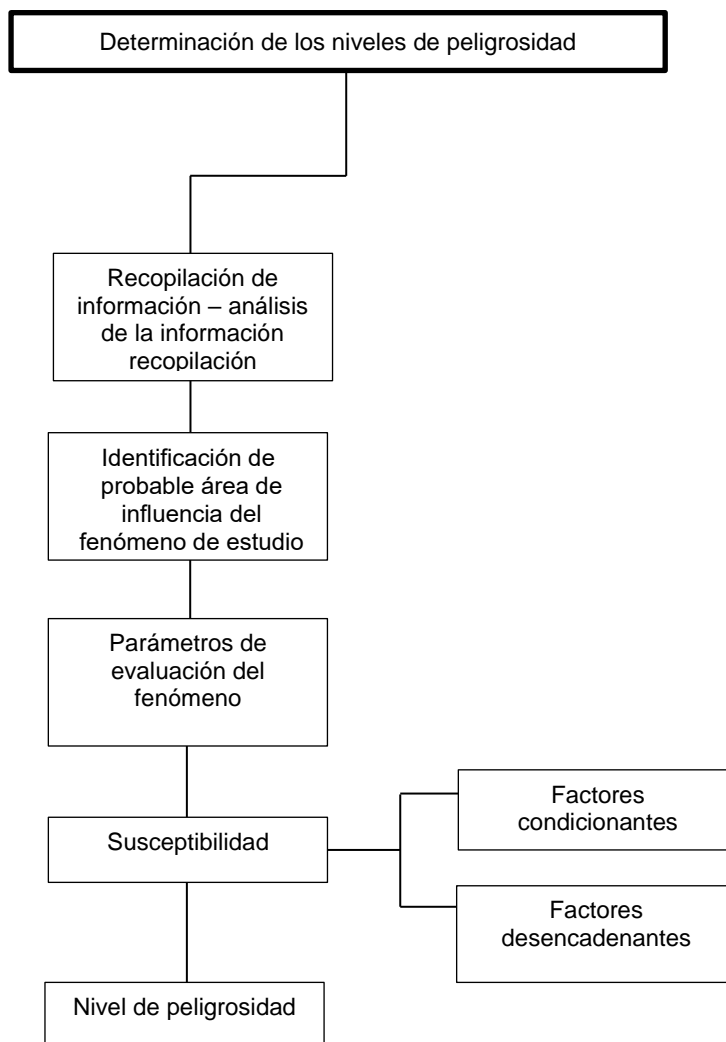
### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para el desarrollo de la investigación, se basará en un proceso de experimentación, observación y entrevista, se analizará la información brindada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos (CENEPRED), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Instituto Geológico y Metalúrgico (INGEMMET), Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú ( SENAMHI) , Ministerios, Gobiernos tanto regionales como locales a nivel nacional, así mismo entidades privadas y públicas, y normatividad.



### 3.4.1. Análisis y evaluación del peligro

Figura 13 . Pasos para la hallar los niveles de peligrosidad



Fuente: Elaboración propia

#### i. Recopilación de la información – Análisis de la información recopilada

Durante este proceso se necesitará recopilar la información brindada por las diferentes entidades, así como los estudios técnicos y/o artículos de investigación.

- De carácter geográfico

Consiste en los datos de campo, el material bibliográfico y los registros digitales que se encuentran disponibles, son aquellos documentos proporcionados por las instituciones técnicas científicas, gobiernos regionales y locales.

- De carácter urbanístico

Consiste en la información de carácter urbano proporcionado por las entidades públicas o privadas, así como gobiernos locales a través de sus gerencias como desarrollo urbano y catastro.

- Infraestructuras básicas y servicios esenciales

Son aquellas zonas que se hallan propensas a peligros de causa natural, así como los servicios tanto de agua potable como de alcantarillado, empresas de distribución de luz, además de hospitales, centros sanitarios, puertos, aeropuertos, entre otros.

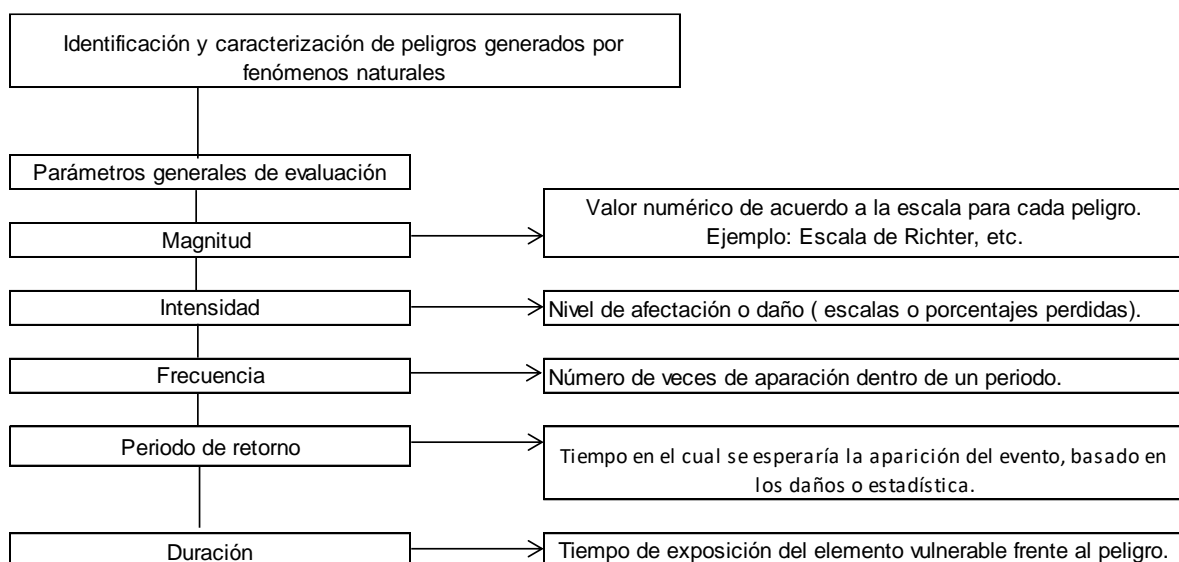
## ii. Identificación de probable área de influencia de fenómeno en estudio

Se identificará el lugar donde se realizará el análisis, teniendo en cuenta los conocimientos históricos de los efectos producidos por los fenómenos naturales en los entornos geográficos a la que están expuestos.

## iii. Parámetros de evaluación del fenómeno

Se identificará los parámetros para cada fenómeno a evaluar.

Figura 14 . Parámetros para el reconocimiento y especificación del peligro



Fuente : CENEPRED

Una vez realizado la identificación de los parámetros mediante el proceso de análisis jerárquico, se calculan los pesos los valores numéricos (pesos).

Tabla 2. Ejemplo para la magnitud de sismo

PARÁMETRO	MAGNITUD DEL SISMO	PESO PONDERADO = 0.283	
<b>DESCRIPTORES</b>	1	Mayor a 8.0 : Grandes terremotos	1 0.5 03
	2	6.0 a 7.9 : Sismo mayor	2 0.2 60
	3	4.5 a 5.9 : Pueden causar daños menores en la localidad	3 0.1 34
	4	3.5 a 4.4 : Sentido por mucha gente	4 0.0 68
	5	Menor a 3.4 : No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos	5 0.0 35

Fuente: CENEPRED

#### iv. Análisis de susceptibilidad

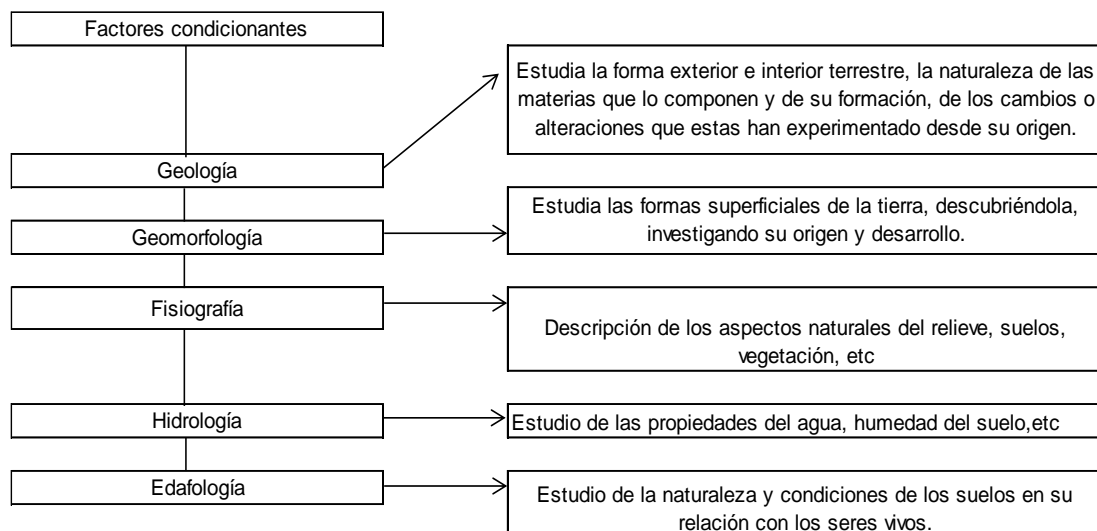
Hablamos de susceptibilidad a la mayor o menor tendencia en que un evento suceda sobre un ámbito geográfico, dependiendo de sus factores.

Para la evaluación de susceptibilidad del área de influencia del fenómeno, se analizan los factores condicionantes y desencadenantes

##### - Factores condicionantes

Son parámetros que contribuyen de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural.

Figura 15 . Ejemplo de factores condicionantes para un peligro

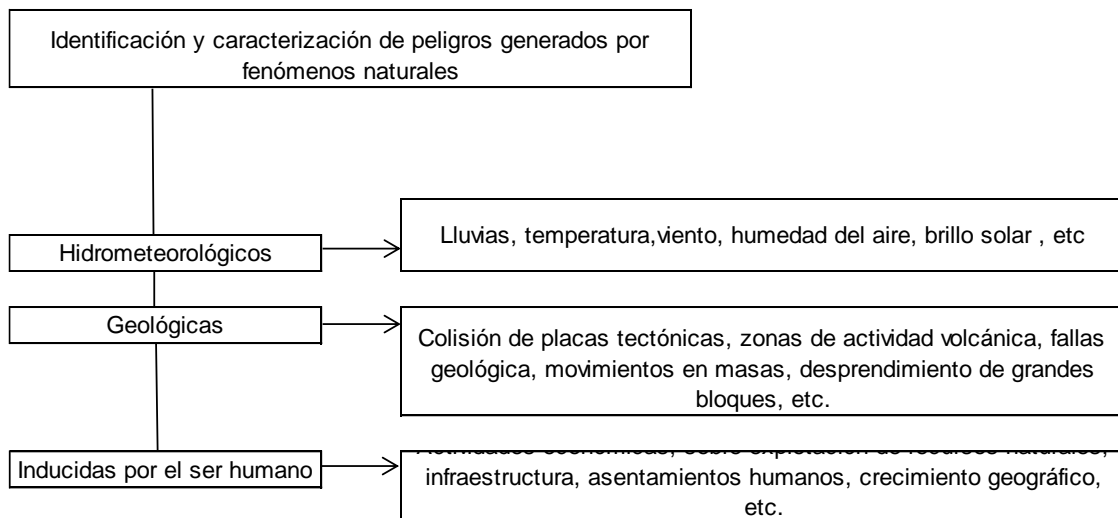


Fuente: CENEPRED

#### - Factores desencadenantes

Nos referimos a los parámetros que producen acontecimiento y/o eventos en los que puedan ocasionar peligros en una zona de influencia geográfica.

Figura 16. Ejemplo de factores desencadenantes para un peligro



Fuente: Elaboración propia

#### v. Niveles de peligrosidad

Finalmente se elabora una estratificación de los niveles de peligro, siendo bajo,

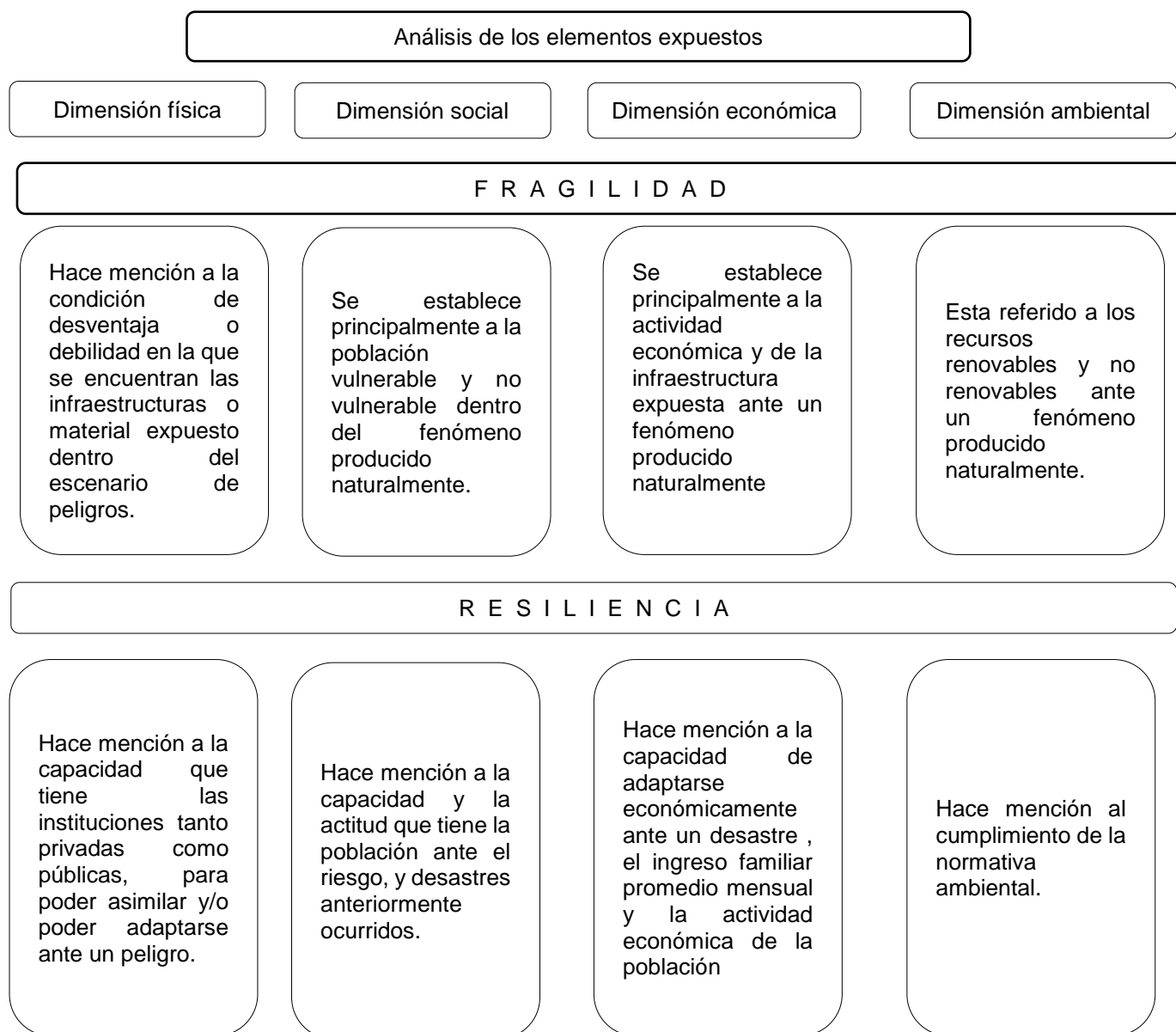
medio, alto y muy alto.

### **3.4.2. Análisis y evaluación de la vulnerabilidad**

Para hacer el análisis de la vulnerabilidad, se tendrá en cuenta:

- Los elementos expuestos en cada área de posible impacto ante un peligro.
- El análisis de los factores tanto de fragilidad como resiliencia en las dimensiones.
- Los parámetros y descriptores en los factores de vulnerabilidad.
- Así mismo se identificará los puntos más críticos y vulnerables para ello será de suma importancia cuantificar la capacidad útil de cada uno de los componentes del SAAP teniendo en cuenta la condición en la que se encuentran, además de la calidad y la continuidad.
- Del mismo modo se tiene en cuenta la capacidad que tiene la población para poder prevenir y prepararse ante el peligro.

Figura 17. Análisis de los elementos expuestos en la vulnerabilidad



Fuente : Elaboración propia

#### a. Análisis de la dimensión física

##### - Fragilidad física

Es la condición de debilidad o de desventaja, frente a un efecto del peligro considerando el análisis de los parámetros que identifiquen que tan vulnerable es la infraestructura de los SAAP.

- **Resiliencia física**

Nos referimos a la suficiencia que tienen las instituciones tanto públicas como privadas y las estructuras físicas para lograr ambientarse, transformarse, repeler y recobrar ante el efecto del peligro y las consecuencias ocasionadas por este; teniendo en cuenta la normativa en los procesos constructivos.

## **b. Análisis de la dimensión social**

- **Fragilidad social**

Es la condición de desventaja o debilidad ante un peligro en los SAAP

- **Resiliencia social**

Es la capacidad de las entidades públicas o privadas, así como la población para superar circunstancias ocasionadas ante el impacto del peligro, teniendo en cuenta las situaciones complicadas y los contextos desfavorables en el que se encuentren.

## **c. Análisis de la dimensión económica**

- **Fragilidad económica**

Se considera la debilidad económica de los elementos expuestos en los SAAP.

- **Resiliencia económica**

Es la actividad económica de la población para superarse ante el impacto del peligro.

## **d. Análisis de la dimensión ambiental**

- **Fragilidad ambiental**

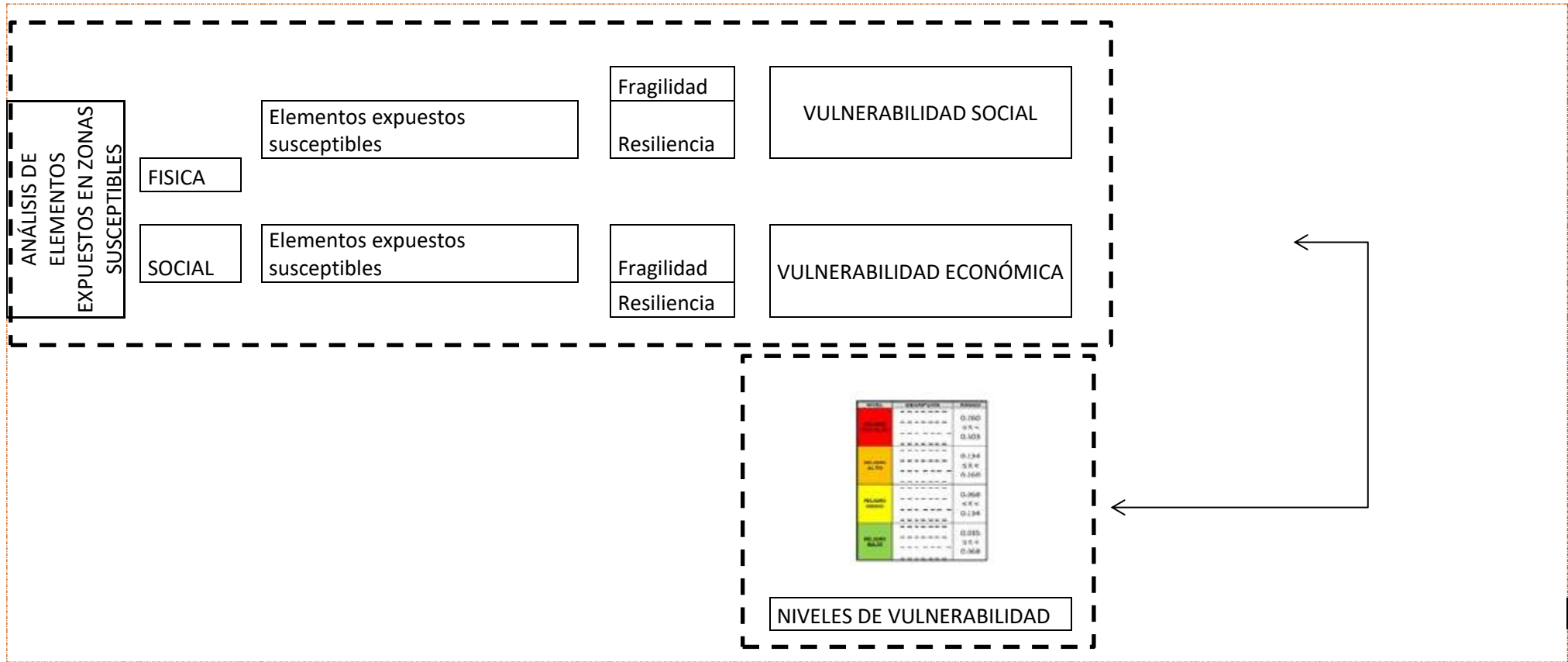
Se considera la debilidad ambiental de los elementos expuestos en los SAAP.

- **Resiliencia ambiental**

Hace mención al cumplimiento de la normativa ambiental.

Para estimar el nivel de vulnerabilidad se realizó la metodología según el gráfico a continuación :

Figura 18. Metodología para hallar los niveles de vulnerabilidad



Fuente: CENEPRED



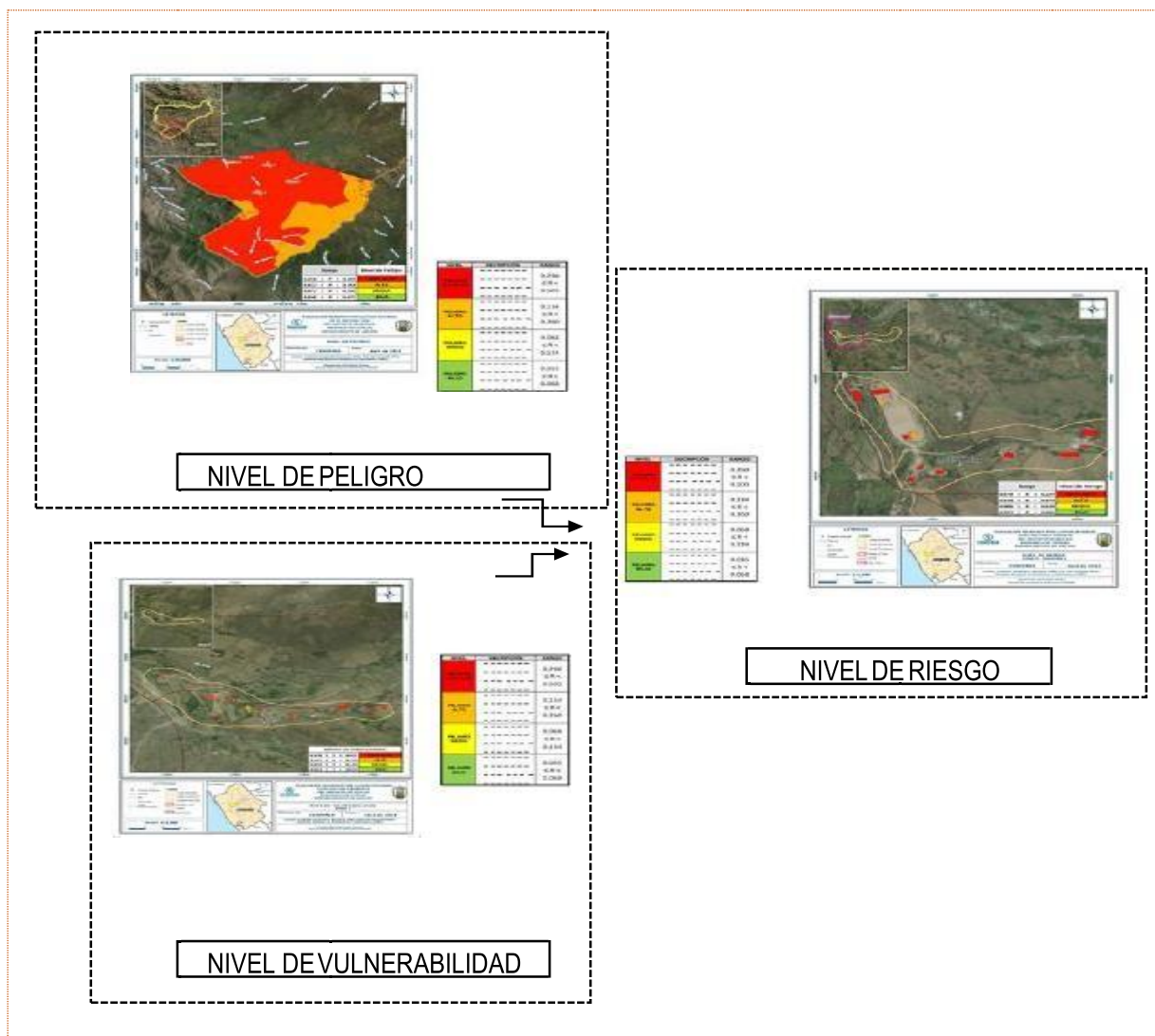
Con los elementos expuestos, el análisis de fragilidad y resiliencia en los SAAP, obtendremos vulnerabilidades sociales, físicas, económicas y ambientales en cual determinaremos los siguientes niveles:

- Nivel de vulnerabilidad muy alto (VMA)
- Nivel de vulnerabilidad alta (VA)
- Nivel de vulnerabilidad media (VM)
- Nivel de vulnerabilidad baja (VB)

### 3.4.3. Análisis y evaluación del riesgo

Los niveles de riesgo se obtendrán al multiplicar los niveles de peligro con los niveles de vulnerabilidad del elemento expuesto.

Figura 19 . Metodología para hallar los niveles de riesgo



Fuente: Elaboración propia

### 3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.5.1. AHP – Analytic Hierarchy Process.

El proceso de análisis jerárquico es una propuesta metodológica para los problemas de multicriterio, durante los años 60 fue desarrollada por Thomas Satty, de acuerdo a sus investigaciones en la vida militar y docente. Formuló una herramienta para poder ayudar a las personas en la toma de decisiones, es así que aplican su investigación obteniendo importantes resultados como base de software para el proceso de toma de decisiones siendo un proceso de suma importancia.

La metodología consiste en estructurar, medir y poder sintetizar una variedad de problemas, de ese modo se evalúan alternativas teniendo en cuenta varios criterios, basados principalmente en la experiencia y su conocimiento de los datos se son usados durante el proceso.

Entre sus principales ventajas se pueden comentar:

- Se puede analizar el efecto de los cambios en un nivel superior sobre el nivel inferior.
- Da información sobre el sistema y permite una vista panorámica de los actores, sus objetivos y propósitos
- Permite flexibilidad para encarar cambios en los elementos de manera que no afecten la estructura total.

El AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior.

El método multicriterio consta de tres funciones como estructurar la complejidad, posteriormente medirlo en una escala y finalmente sintetizarlo.

Es así que Satty indagó una forma de resolver el problema de complejidad y usó la estructuración jerárquica en un estudio sobre la incertidumbre de los modelos mentales. Seleccionando la mejor alternativa definiendo en subproblemas homogéneos.

La descomposición jerárquica es una de las grandes facilidades que ofrece este método, ya que se descompone un objetivo o una meta en factores más sencillos, en otros términos el problema se descompone en subproblemas, que están

estrechamente relacionados con el inicio del problema, y una vez obtenida la solución de los subproblemas, se logra conseguir la solución al problema inicial.

Así mismo este método permite medir los factores tanto objetivos como subjetivos estimando valores numéricos, gráficos o verbales, brindando una variedad de aplicaciones en diferentes campos. Se define una escala general, que sea clara y tenga gran amplitud para poder comparar, y aplicar ante cualquier situación, y de esa manera hacer sencilla su uso.

Otra de las funciones es sintetizar, ya que se analiza las decisiones a partir de la descomposición jerárquica.

Una vez analizadas sus funciones, es importante tener en cuenta los principios y sus axiomas para esta metodología.

*Figura 20 . Escala para la ponderación de parámetros y descriptores desarrollada por Saaty*

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACION
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 es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a .....	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 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

### 3.5.2. Método multicriterio

#### a) Proceso de análisis jerárquico

Usando el método multicriterio se procede a ponderar los criterios, subcriterios y descriptores, incorporando criterios cuantitativos así como pérdidas humanas, económicas o infraestructura expuesta, también se añadirá criterios cualitativos como programas de capacitación, aplicación de la normativa, considerado para la evaluación en la gestión de riesgos de desastres.

La matriz será elaborada mediante una matriz cuadrada, en otras palabras el mismo número de filas y columnas.

La fórmula matemática sería:

$$A = A_{ij} \quad (3.1)$$

#### b) Para el cálculo de los pesos ponderados

Primeramente: Se elabora una matriz de comparaciones, entre criterios, sub criterios y/o descriptores según el interés.

Al ponderar los criterios la matriz nos permitirá hallar la estimación entre un criterio y otro, y así posteriormente para la ponderación de cada uno de los criterios a evaluar.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

Se suma de manera vertical cada uno de los elementos de la columna. Obteniendo valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i \quad (3.3)$$

Posteriormente se elabora la matriz de comparaciones normalizada, el cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

$$A = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

Una vez obtenido el vector prioridad tendremos los pesos equilibrados para cada criterio, y a partir de la matriz normalizada, se calcula el vector columna y se obtiene sus prioridades.

$$P = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \vdots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

Obteniendo el vector de prioridades de los criterios:

$$p = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \vdots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

Cabe resaltar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{c1i} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1 \quad (3.7)$$

### Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

En este paso se verifica la posible existencia de consistencia entre cada uno de los juicios que se expresan.

Se multiplicará cada valor de la primera columna de comparación por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente.

Se sumarán los valores sobre las filas y de ese modo obtendremos un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \vdots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \vdots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

(3.8)

Posteriormente se dividirá cada uno de los elementos del vector de la suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para los criterios:

$$\begin{aligned} \frac{VSP_{11}}{p_{c11}} &= \lambda_1 \\ \frac{VSP_{12}}{p_{c12}} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ \frac{VSP_{1n}}{p_{c1n}} &= \lambda_n \end{aligned}$$

Luego se determina la lambda máxima  $\lambda_{max}$

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)/n \quad (3.9)$$

Permitiéndonos hallar el índice de consistencia

$$RC = IC/IA \quad (3.10)$$

Teniendo en cuenta que IA es el Índice Aleatorio de una matriz de comparaciones pareadas, que es dada, como su nombre lo señala de manera aleatoria.

Los datos del Índice Aleatorio para los diferentes "n", obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001), son:

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

*NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10*

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1 ZONAS DE ESTUDIO**

#### **4.1.1 Antecedentes de fenómenos naturales**

##### **Por el proceso del interior de la tierra**

###### **- Sismo**

Si bien es cierto en la actualidad América Latina, es conocida por los diferentes ingenieros como zona de alta sismicidad, en ella los sismos liberan gran cantidad de energía dejando como consecuencia efectos catastróficos en la vida y en el patrimonio de la sociedad, como ya hace 151 años el 13 de agosto de 1868 se suscitó el sismo en la ciudad de Tacna con graves consecuencias.

Nishenco (1991) indica que los terremotos que esta intensidad tienen un periodo de retorno cada 150 a 270 años por esta razón la latitud comprendida entre los 15° a 17° Sur, en otras palabras al no haber tenido otro sismo de gran magnitud, está considerada como zona de silencio sísmico.

Teniendo en cuenta lo ya antes sucedido es que la población Tacneña conformada por un 70 % de foráneos, es una población reluctante a aceptar las normas de construcción y recomendaciones técnicas que se difunden para poder construir sus viviendas, y de ese modo mitigar los efectos sísmicos, y continúan con construcciones informales.

Además considerando los sismos ocurridos en el Perú de, con una frecuencia de 6 a 10 años y de retorno para uno como el de aquel año (1868), son casi 150 a 250 años, en otras palabras esta zona se encuentra a puertas de un mega sismo, que tendría una magnitud superior.

En el Perú, ha sufrido muchos sismos devastadores, la mayoría de ellos ocasionados cerca de las placas tectónicas y la ciudad de Tacna no ha sido ajena a ella, teniendo en cuenta que en la ciudad de Tacna existe la falla activa de Chulibaya, esta falla se localiza entre Locumba y Curibaya, al límite del Piedemonte Pacífico y la cordillera occidental. La falla se sigue en la quebrada afluente del margen izquierdo del río Curibaya, esta falla tiene una longitud de 5 km y un salto de 2 m en promedio, lamentablemente esta falla no está lo suficientemente estudiada como poder modelarla en la evaluación del riesgo sísmico de Tacna.



### Terremoto del 18 de setiembre de 1833

El terremoto de Arica de 1833 en ese entonces parte de la zona Sur del Perú, afectó a las zonas de Arequipa, Moquegua, Tacna y Arica

Este movimiento sísmico fue muy violento. Había transcurrido menos de dos años de la ocurrencia del último terremoto en la región, el del año 1831, pero esta vez la destrucción fue mayor.

La ciudad de Tacna quedó reducida a escombros y se produjeron daños en Locumba e Ilabaya y en la misma ciudad de Tacna, además fue sentido en Bolivia, en ciudades como La Paz y Cochabamba.

Las pérdidas materiales se calcularon en dos millones de pesos. En Moquegua, las bodegas de vinos y aguardientes se inundaron por la rotura de las botijas y en el valle de Locumba se perdió la cosecha de uva.

El recuerdo del terremoto, que quedó como sello indeleble en la memoria de los tacneños se constituyó paradójicamente en acicate para la edificación de casas más sólidas y cómodas.

Desde 1833 la ciudad presentó construcciones bellas para su tiempo y a su vez modernas, se generalizó el uso de la piedra de cantería en las portadas.

### Terremoto del 13 agosto de 1868

El 13 de agosto de 1868, frente a las costas de Tacna (Perú) un terremoto de magnitud 9,0 en la escala de Richter dejó más de 600 muertos en toda la costa peruana y chilena. El movimiento sísmico, conocido como el terremoto de Arica, produjo un posterior tsunami con olas que registraron los 18 m de altura y arrasó con la ciudad de Arica, zona peruana por aquella época.

El terremoto solo dejó tres víctimas en la provincia, mientras 60 casas fueron derrumbadas a causa del sismo. Tacna era la ciudad más cercana al epicentro, así que la lentitud de los primeros temblores permitió alertar a la población sobre el sismo.

### Terremoto de 1906 y 1908

Ambos ocurrieron con una magnitud de 7 Mw, con epicentro en cerca de la ciudad de Tacna, ocasionando derrumbes de casas y cuarteamientos de paredes, afectando también a las zonas de Mollendo y Arica.

### Terremoto del 23 Junio 2001

El sismo del 23 de Junio del 2001, con una intensidad VIII en la escala de Mercalli Modificada, con epicentro en la región sur y cerca de la línea de la costa km 82 en la ciudad de Ocoña , este sismo afectó a toda la región sur del país incluyendo a la ciudad de Arica, Iquique en Chile y la Paz en Bolivia.

A su vez las ciudades de Moquegua, Tacna soportaron una intensidad de VII - VIII., efecto del sismo en ese entonces se sufrió considerables daños principalmente en las viviendas antiguas, construidas de adobe y quincha, así como en los edificios ubicados en el casco urbano de la ciudad, de manera análoga se tuvo desesperación y la alarma en la población tacneña .

Los daños severos ocurrieron en las viviendas ubicadas en los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza, también en el Centro Poblado La Natividad puesto que sus construcciones en su gran mayoría son de material de adobe, no sufrieron mayores daños, debido que su suelo es de mejores características frente a un sismo. En la zona II de estudio, casco urbano de la ciudad las viviendas afectadas fueron de material de adobe, mientras que las de material noble no sufrieron daños, a excepción de algunas fisuras.

En la zona ubicada por el Centro Poblado Menor A. B. Leguía , no se identificaron severos daños, pero si fisuras, menores que en el casco urbano de la ciudad.

En la zona IV de estudio, ubicada en Cono Sur, las consecuencias fueron similares a lo ocurrido en el CPM de A. B. Leguía.

Las intensidades que se determinaron en ese entonces fueron de VI a VII grados en la zona de Cono Sur y en el casco urbano de la ciudad de Tacna, en cambio en la zona ubicada en Ciudad Nueva y Alto de la Alianza fueron de VII a VIII grados.

### Terremoto del 2014

El terremoto de Iquique del 2014 o terremoto del Norte Grande de 2014 fue un movimiento telúrico ocurrido el martes 1 de abril de 2014.<sup>11</sup> Afectó a las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta en Chile y al departamento de Tacna en Perú.

Dicho evento produjo corte de comunicaciones, sin daños en territorio nacional, pero que fue sentido en Tacna tuvo 9 heridos hospitalizados, y 18 leves; varias

edificaciones antiguas de adobe colapsaron en la ciudad en Tacna, Tarata y Moquegua.

### **Por el proceso en la superficie de la tierra**

#### **- Huayco**

Durante las lluvias fuertes se forman escorrentías concentrándose en las diferentes quebradas que las conforman, desde las quebradas nacientes hasta Pachía y Cerro Blanco, destacando quebradas como Vilavilani, Cobani, Uchusuma, Palca dando como resultado huaycos de mayor riesgo gracias a las cuencas del Caplina y el Uchusuma.

El río Uchusuma deposita materiales gruesos como cantos y bloques, de esa manera llenando el lecho y lograr al desbordamiento

Del mismo modo en la zona IV de estudio, al margen derecha del valle; se encuentra el sector de Viñani y en la margen izquierda, puede llegar afectar la ciudad de Tacna y sus campos agrícolas. Entre estas se destaca las Quebradas Caramolle y Del Diablo; que afectaron directamente los pueblos jóvenes del Cono Norte y Cono Oeste. Cerca de estas quebradas (Caramolle y El Diablo) los huaycos suelen ser ocasionados por el fenómeno El Niño, estas están ubicadas en la zona II de estudio.

Se ha visto diferentes apariciones de los huaycos en la región de Tacna uno de ellos fue en marzo del 2017 en Tarata, donde las lluvias provocaron emergencia en el Ande tacneño, estos deslizamiento se suscitaron en el cerro Comaile y dejaron incomunicada a esta zona del sur del país.

También debido a la intensa cantidad de lluvia ocurrida en marzo del 2015 y durante el mes de febrero del 2019, provocó un huayco en la provincia Jorge Basadre, siendo la más afectada, el centro poblado Mirave del distrito de Ilabaya, donde aproximadamente 50 viviendas resultaron inundadas debido a que la fuerza del huayco se apodero ellas.

Uno de los últimos huaycos ocurrido en la ciudad, fue el 9 de febrero de año 2001, por el afluente del Caplina, con un caudal aproximado de 20 y 30 m<sup>3</sup>/s; fue provocado por las lluvias intensas de varios días que se precipitó en la parte alta de la cuenca.

Los daños causados fueron:

- Inquietud en los habitantes frente un posible desborde del huayco en el sector designado El Peligro ubicado en Calana.
- Destrucción de los baños termales de Caliente, dejándolo inhabilitado.
- Estragos en los campos agrícolas entre Calientes y Challata (15 a 20 Ha).
- Relleno total de las obras de encauzamiento del río Caplina, desde el sector de Calana hasta el sector de Piedras Blancas.
- Estragos en la tubería matriz de agua potable cortando el suministro.

*Figura 21. Desborde de huayco*



Fuente: Radio uno noticias

#### - Deslizamiento

La ocurrencia de una falla en materiales secos por acción de un sismo es particularmente grave en taludes de gran altura por el aumento de esfuerzos en el pie y la falla a tensión en la mitad superior del talud. Es común que después de un sismo fuerte aparezcan grietas de tensión en taludes de gran altura.

La dificultad que se presenta es la carencia de sistemas que permitan incorporar el estudios Geotécnicos para poder determinar el comportamiento al peligro de taludes del cerro Intiorko de Tacna.

En el año 2011 el sismo de 5.8 grados provocó pequeños deslizamientos en el sector

de Ciudad Nueva (zona III).

En el distrito de Pocollay (zona I) hubo daños en la municipalidad y centros educativos (rotura de vidrios), al igual que en las instalaciones del Gobierno Regional Tacna (rotura de vidrios y agrietamientos).

La mayoría de los afloramientos están recubiertos por depósitos cuaternarios recientes de la vertiente pueden ser vistos en los cortes de carretera de los cerros en este caso el Arunta e Intiorko, es por eso que Tacna y sus alrededores es difícil de poder determinarla.

En el corte de carretera del cerro Arunta contienen una serie de afloramientos sometidos por una media deposición fluvial corta, por otro lado esta serie ofrece una variante, la sedimentación se vuelve más voluminosa, mostrando rasgos litológicos de una zona de deposiciones fluviales más evidentes.

### **Hidrometeorológico y oceanográfico**

#### **- Inundación**

Las inundaciones ocasionalmente se avistan en la ciudad de Tacna pero a su llegada crece la intensidad de las precipitaciones debido a la relación directa con el Fenómeno del niño,

El aumento de los caudales y también la llegada de huaycos provocan que esta impacte a toda la zona cercana o aledaña.

### **Desvío del Río Caplina en la denominada Defensa de Calana**

Discurriendo por el lado derecho, flanco Oeste del valle, hacia el lado izquierdo, se encuentra la defensa de Calana, un lugar de gran riesgo , ya que luego de las avenidas durante los años 1998 y 1999, donde sucedió el desborde del río, teniendo en cuenta que la capacidad de la estructura no es la más efectiva, de acuerdo a las dimensiones geométricas del puente vehicular en la carretera Tacna, Calana, Pachía (zona I).

Este tipo de situación, colocó en riesgo de colapso, debido a una descarga mayor correspondiente a un periodo de retorno de cien años o más en la defensa de Calana, ocasionando desborde e inundación y grandes daños a la ciudad de Tacna.

Del proceso de modelamiento y simulación hidráulica en la zona se han obtenido

resultados, para un caudal de período de retorno de 50 y 100 años, presentando un desborde por la poca capacidad de paso en la que se muestra en la estructura del puente frente al río Caplina.

#### 4.1.2 Descripción de las zonas de trabajo

El territorio de Tacna es atravesado por la Cordillera Occidental, este accidente geográfico lo divide en costa y sierra; en la costa sus tierras son arenosas interrumpidas por valles; en la sierra se elevan cerros y volcanes apagados cubiertos de hielo permanente. Tacna se encuentra situada en el valle del río Caplina, a 562 metros de altura sobre el nivel del mar y 377 km del mar.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, la región de Tacna asciende a un total de 329 332 de la población, las mujeres constituyen el 50.3% que son 165678 de habitantes, mientras que los hombres representan el 49.7% que son 163654, desarrollado por el INEI durante el año 2017.

En la Zona 1 en los distritos de Pocollay se tiene 18627 habitantes mientras que en Calana tenemos 2979 contando con un total de 21606 habitantes. En la Zona 2 ubicamos el casco urbano siendo el distrito de Tacna con una población de 92972 habitantes. En la Zona 3 del distrito de Ciudad Nueva con la cantidad de 31866 habitantes, mientras que en la zona 4 se tiene 110417 habitantes.

*Cuadro 2. Servicios básicos*

Servicios básicos	Disponibilidad del servicio básico
Agua por red pública	Si
Energía eléctrica en las viviendas	Si
Desagüe por red pública	Si
Alumbrado público	Si

Fuente: Elaboración propia

#### **Temperatura**

De acuerdo a su ubicación geográfica está en una zona con un clima subtropical, con características de un clima templado cálido, donde sus temperaturas varían en el transcurso del día y la noche, presenta alta nubosidad y cuenta dos principales estaciones en el verano suele ser desde diciembre a marzo y el invierno es desde julio hasta setiembre, mientras que la primavera y el otoño son estaciones intermedias.

La temporada templada dura 3,3 meses, del 24 de diciembre al 2 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 25 °C. El día más caluroso del año es el 12 de febrero, con una temperatura máxima promedio de 27 °C y una temperatura mínima promedio de 18 °C. La temporada fresca dura 3,4 meses, del 3 de junio al 16 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 20 °C. El día más frío del año es el 26 de julio, con una temperatura mínima promedio de 11 °C y máxima promedio de 18 °C.

### **Precipitación**

En Tacna la frecuencia de días mojados (aquellos con más de 1 milímetro de precipitación líquida o de un equivalente de líquido) no varía considerablemente según la estación. La frecuencia varía de -0 % a 3 %, y el valor promedio es 1 %.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 3 % en los meses de enero

### **Área de estudio**

El área de estudio de la evaluación del riesgo de la ciudad de Tacna, se trabajará en 4 zonas respectivamente:

*Cuadro 3. Áreas de estudio por zonas de la ciudad de Tacna*

ZONA	DESCRIPCIÓN
I	Pocollay y Calana
II	Casco Urbano
III	Ciudad Nueva
IV	Cono Sur

Fuente: Elaboración propia

**ZONA I:**

En cuanto a la primera zona a trabajar está ubicada en el sector de Calana y Pocollay, ahí encontramos la bocatoma de captación para la Planta de Tratamiento de agua potable de Calana, que es realizada a través de una derivación lateral en margen izquierda del canal Caplina, seguida de dos desarenadores gemelos, de donde parten dos tuberías para la planta. La captación y los desarenadores son de concreto armado y se encuentran en buen estado de conservación. La captación está ubicada en área cerca de la Planta Calana y la derivación realiza por una toma en canal de 1,00 m de ancho por 1,80 m de longitud y 1,60 m de altura. El canal de interconexión con el desarenador, los desarenadores estará conformado por sus tanques rectangulares en concreto, con 10 x 5 x 2,90 m de altura. Los canales de entrada y salida, de 0,60 m, quedan en lados opuestos. Esta captación se mantiene operativa, para suministrar el caudal de 50 l/s.

Ubicado dentro de la misma planta de tratamiento, encontramos el reservorio R1 = 2000 m<sup>3</sup> con una capacidad de 370 l/s

Del mismo modo su configuración estructural es de concreto armado de sección circular, del tipo apoyado y con 10.00 de radio, existe una caseta de tuberías y válvulas de maniobra La tubería de aducción hacia la Cámara Distribuidora de Caudal es de 600 mm, existiendo otra hacia la Cisterna del Cono Norte con un diámetro de 400 mm y 300 mm.

Así mismo encontramos el reservorio de Pocollay o también denominado el R-2 halla situado en la parte superior del distrito de Pocollay y admite agua del reservorio R1 vía cámara rompe presión, mediante dos tuberías, siendo esta una estructura de concreto armado de sección circular, del tipo apoyado, de 8.50 m de radio.

Las tuberías de aducción de 400 y 350 mm proveen a los zonas del Parque Industrial, Urb. Bolognesi, San Martín y Alto del Alianza. La tubería de 300 mm alimenta al reservorio R-7 situado en el área de la planta Alto Lima.

Por otra parte contamos con el Reservorio Sobraya o R- 03, se halla situado también en la zona de Pocollay, en esta zona se ubican los pozos de Sobraya, PS-1, PS-2 y el Pozo PS-3 que abastecen el reservorio.



Figura 22 . Zona I limitada



Fuente: Elaboración propia

## ZONA II:

Por lo que se refiere a esta zona está ubicada en el casco urbano de Tacna, de una segunda bocatoma existe una derivación sobre el margen derecho del canal Caplina a partir de la cual se extraen los caudales conducidos para la Planta de Tratamiento de agua potable de Alto Lima, en este sector encontramos el R – 4 , R- 7 situados en la planta de tratamiento; es sustentado mediante dos tuberías, que provienen del Centro de Reserva R02 y una que lleva la producción de la planta de tratamiento de Alto Lima , las tuberías de salida proveen el casco urbano de la ciudad y parte de la zona sur.

Finalmente encontramos el R- 08, también ubicado en la misma planta de tratamiento es abastecido con agua potable proveniente de la Planta Calana, es empleada eventualmente como almacenamiento, no posee salidas directas a la población y posee válvulas y tubería que pueden abastecer al reservorio R7.

Figura 23. Zona II limitada



Fuente: Elaboración propia

### ZONA III:

En relación con la zona ubicada en el distrito de Ciudad Nueva contamos con el reservorio N° 10 (R – 10), que está en la zona alta del distrito de Ciudad Nueva en las laderas del cerro Intiorko, abastece a toda la zona del Cono Norte, y a su vez es abastecida por el por una estación de bombeo ubicada en la Planta Calana, del mismo modo tenemos el R – 14 ubicado en el mismo sector, el cual abastece principalmente a las 11 asociaciones.

Figura 24 . Zona III limitada



Fuente: Elaboración propia

#### ZONA IV:

En esta zona a trabajar ubicaremos al distrito de Gregorio Albarracín y Viñani, en el cual contamos con el R -9, que se halla situado en la avenida Collpa, al frente del cuartel Tarapacá, formando parte del sistema de Viñani, este reservorio es alimentado por la estación de bombeo EB2 de Viñani , así mismo tenemos el R – 11 situado en la Av. Humboldt, en frente del conj. hab. Alfonso Ugarte así como el recinto de la EB2 Viñani, abastece a toda la parte baja del Cono Sur incluido las piletas de las Asoc. De Pampas Viñani, y a su vez es abastecida por la estación de bombeo ubicada en el EB1 Viñani y como apoyo al reservorio R- 11, tenemos el R- 13, abasteciendo la parte baja de Cono Sur por el lado del cerro Arunta, de igual forma en la parte baja del cerro Arunta está el R- 15 abasteciendo al sector de Viñani así como de la misma manera es alimentada por una estación de bombeo ubicada en EB-03.

Figura 25. Zona IV limitada



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD

Para realizar la evaluación de peligros, se realizará:

- i. Escoger los parámetros para el peligro a evaluar y ponderarlos.
- ii. Según los antecedentes, los datos de campo, registros que se encuentran disponibles proporcionados por las entidades; se escoge el peso de acuerdo a la zona a trabajar.
- iii. Se procede a realizar la susceptibilidad, escogiendo tanto los factores condicionantes como los desencadenantes para el peligro.
- iv. Finalmente se escogen los valores para cada uno y se da como resultado el valor final del peligro.

#### 4.2.1. Ponderación de los parámetros del peligro del sismo

##### A) PESOS PONDERADOS DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL SISMO

Se han seleccionado los parámetros: Magnitud de sismo, Intensidad de sismo y aceleración natural del suelo. Los valores numéricos (pesos) fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico.

##### Matriz de comparación de pares

Parámetros	Magnitud	Intensidad	Aceleración natural del suelo
MAGNITUD	<b>1.00</b>	0.33	5.00
INTENSIDAD	3.00	<b>1.00</b>	7.00
ACELERACION NATURAL DEL SUELO	0.20	0.14	<b>1.00</b>
Total	4.20	1.476	13.00

##### Matriz de normalización

Parámetros	Magnitud	Intensidad	Aceleración natural del suelo	Vector priorización (ponderación)	%
MAGNITUD	1.00	0.33	5.00	<b>0.283</b>	28.30 %
INTENSIDAD	3.00	1.00	7.00	<b>0.643</b>	64.30 %
ACELERACION NATURAL DEL SUELO	0.20	0.14	1.00	<b>0.074</b>	7.40%
				1.00	

La matriz de normalización nos presenta el vector de priorización (peso ponderado). Señala lo principal de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

##### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios

utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Resultado de la operación de matrices			Vector de priorización (Ponderación)	Vector suma ponderada	$\lambda_{max}$
0.283	0.214	0.369	0.283	0.866	3.062
0.849	0.643	0.516	0.643	2.008	3.121
0.057	0.092	0.074	0.074	0.222	3.013
				Promedio	3.066
Índice de consistencia		IC=(nmax-n)/(n-1)		0.033	
Índice aleatorio (*)		IA=(1.98*(n-2))/n		0.525	
Relación de consistencia		RC=IC/IA		0.062	

(\*) Para definir el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Una vez desarrollada y obteniendo los pesos ponderados tendríamos la siguiente tabla:

PARÁMETROS	PESOS PONDERADOS
Magnitud	<b>0.283</b>
Intensidad	<b>0.643</b>
Aceleración natural del suelo	<b>0.074</b>

## B) PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES POR CADA PARÁMETRO

### **MAGNITUD DEL SISMO**

Se fijan los descriptores del parámetro de magnitud del sismo. Estos se ordenan en forma descendente del más dañino al menos dañino. En función del número de descriptores obtendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación.

- Mayor a 8.0: Grandes Terremotos

- 6.0 a 7.9: Sismo mayor
- 4.5 a 5.9 : pueden causar daños menores en la localidad
- 3.5 a 4.4: sentido por mucha gente
- Menor a 3.4: no es sentido general

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

DESCRPTORES	Mayor a 8.0 : Grandes Terremotos	6.0 a 7.9: Sismo mayor	4.5 a 5.9 : Pueden causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	Menor a 3.4: No es sentido en general
Mayor a 8.0: Grandes Terremotos	<b>1.00</b>	2.00	5.00	7.00	9.00
6.0 a 7.9: Sismo mayor	0.50	<b>1.00</b>	3.00	4.00	7.00
4.5 a 5.9: pueden causar daños menores en la localidad	0.20	0.33	<b>1.00</b>	4.00	7.00
3.5 a 4.4: sentido por mucha gente	0.14	0.25	0.25	<b>1.00</b>	3.00
Menor a 3.4: no es sentido en general	0.11	0.14	0.14	0.33	<b>1.00</b>
TOTAL	1.95	3.73	9.39	16.33	27.00

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

### Peso ponderado de los parámetros:

	Mayor a 8.0 : Grandes Terremotos	6.0 a 7.9: Sismo mayor	4.5 a 5.9 :Pueden causar daños menores en la localidad	3.5 a 4.4: Sentido por much gente	Menor a 3.4:No es sentido en general	Vector de priorización (Ponderación)	Porcentaje (%)
Mayor a 8.0 : Grandes Terremotos	0.51	0.54	0.53	0.43	0.33	0.47	46.85%
6.0 a 7.9: Sismo mayor	0.26	0.27	0.32	0.24	0.26	0.27	26.96%
4.5 a 5.9 :Pueden causar daños menores en la localidad	0.10	0.09	0.11	0.24	0.26	0.16	16.05%
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	0.07	0.07	0.03	0.06	0.11	0.07	6.78%
Menor a 3.4:No es sentido en general	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.03	3.36%

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Resultado de la operación de matrices					Vector de priorización (Ponderación)	Vector suma ponderada	$\lambda_{max}$
0.469	0.539	0.802	0.475	0.302	0.47	2.587	5.52
0.234	0.270	0.481	0.271	0.235	0.27	1.492	5.53
0.094	0.090	0.160	0.271	0.235	0.16	0.850	5.30
0.067	0.067	0.040	0.068	0.101	0.07	0.343	5.06
0.052	0.039	0.023	0.023	0.034	0.03	0.170	5.05
						Promedio	5.29
Índice de consistencia			IC=(nmax-n)/(n-1)			0.073	
Índice aleatorio (*)			IA=(1.98*(n-2))/n			1.115	
Relación de consistencia			RC=IC/IA			0.066	

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde n



es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

A la fecha existe importante información científica, que evidencia la presencia de áreas con acumulación de energía sísmica en la zona de contacto entre las placas tectónicas Nazca y Sudamericana.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) en su publicación “Evaluación del peligro sísmico en Perú” publicado en el año 2014, se señala que el tipo de sismos producidos en la sur del Perú se estima una magnitud de 8 .6 Mw, por lo tanto se selecciona el parámetro 1: Mayor a 8.0: Grandes terremotos

Tabla 3. Parámetros para la magnitud del sismo

PARÁMETRO	MAGNITUD DEL SISMO	PESO PONDERADO = 0.283		
DESCRIPTORES	1	Mayor a 8.0 : Grandes terremotos	1	0.469
	2	6.0 a 7.9 : Sismo mayor	2	0.270
	3	4.5 a 5.9 : Pueden causar daños menores en la localidad	3	0.160
	4	3.5 a 4.4 : Sentido por mucha gente	4	0.068
	5	Menor a 3.4 : No es sentido en general pero es registrado en sismógrafos	5	0.034

Fuente : elaboración propia

### **INTENSIDAD DEL SISMO**

En la publicación “Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú” elaborado por el Instituto Geofísico del Perú – IGP, se destacan las zonas costeras de la región centro y sur del Perú con intensidades de IX, X-XI, afectando a los departamentos de Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna. En general, los sismos que produjeron estos niveles de intensidad en el Perú presentaron una intensidad X- XI en la zona II y III así como una intensidad VII en la zona I y IV.

Tabla 4. Parámetros de la intensidad del sismo

PARÁMETRO	INTENSIDAD DEL SISMO	PESO PONDERADO = 0.643	
DES CRI PTO X1	XI y XII Devastación total, puentes en ruinas, grandes grietas en el suelo, las	PX1	0.462

	ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.		
	IX Y X. Todos los edificios tienen daños severos, las edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.	PX2	0.259
X2	VI, VII Y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	PX3	0.159
X3	III, IV Y V. Apreciado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.	PX4	0.089
X4	I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	PX5	0.030
X5			

Fuente : Elaboración propia

### **ACELERACIÓN NATURAL DEL SUELO**

Según la correlación de la Aceleración Natural del Suelo con la Escala de Mercalli, a la Intensidad VIII planteada para el presente estudio le corresponde una aceleración de 0.05 – 2 micrones.

*Tabla 5. Aceleración del suelo*

PARÁMETRO	Aceleración natural del suelo	PESO PONDERADO = 0.074		
Descriptores	1	Menor a 0.05 micrones	1	0.034
	2	0.05 - 2 micrones	2	0.051
	3	2-5 micrones	3	0.130
	4	5-8 micrones	4	0.293
	5	8-10 micrones	5	0.492

Fuente : CENEPRED

### **C) SUSCEPTIBILIDAD DEL ÁMBITO GEOGRÁFICO ANTE LOS SISMOS**

#### **FACTORES CONDICIONANTES**

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

Los parámetros considerados como factores condicionantes son: relieve, tipo de suelo y litología. Se procedió a realizar el análisis multicriterio para obtener sus pesos ponderados.

### Matriz de comparación de pares

Parámetros	Magnitud	Intensidad	Aceleración natural del suelo
Tipo de suelo	1.00	2	5.00
Relieve	0.50	1.00	4.00
Litología	0.20	0.25	1.00
Total	1.70	3.25	10.00

### Matriz de normalización

Parámetros	Magnitud	Intensidad	Aceleración natural del suelo	Vector priorización (ponderación)	%
Tipo de suelo	1.00	2	5.00	0.568	56.79%
Relieve	0.50	1.00	4.00	0.334	33.39%
Litología	0.20	0.25	1.00	0.098	9.82%
				1.00	

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Resultado de la operación de matrices	Vector de priorización (Ponderación)	Vector suma ponderada	$\lambda_{max}$
0.588	0.615	0.500	0.568
0.294	0.308	0.400	0.334
0.118	0.077	0.100	0.098
		Promedio	3.025
Índice de consistencia	$IC = (n_{max} - n) / (n - 1)$		0.012
Índice aleatorio (*)	$IA = (1.98 * (n - 2)) / n$		0.525
Relación de consistencia	$RC = IC / IA$		0.023

(\*)Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde "n " es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	0.5	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.51	1.53	1.5	1.57	1.5	1.5
A	25	82	15	52	41	04	52	84	3	5	55	0	83	95

Una vez desarrollada y obteniendo los pesos ponderados tendríamos la siguiente tabla:

PARÁMETROS	PESOS PONDERADOS
Tipo de suelo	<b>0.568</b>
Relieve	<b>0.334</b>
Litología o perfil del suelo	<b>0.098</b>

## DESCRIPTORES DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS

### **RELIEVE**

Tacna cuenta con un relieve lleno de zonas desérticas volcánicas y cordilleras, por lo tanto se escogerá el parámetro 5.

*Tabla 6. Relieve*

PARÁMETRO	Relieve	PESO PONDERADO = 0.334		
DESCRIPTORES	1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	1	0.503
	2	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	2	0.260

3	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	3	0.134
4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	4	0.068
5	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosos en la parte sur. Presenta pampas, unas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica	5	0.035

Fuente : Elaboración propia

### **TIPO DE SUELO**

De acuerdo a nuestras zonas a trabajar y el tipo de suelo de cada una, escogeremos Arena eólica y/o limos para la Zona III (Ciudad Nueva), Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial para la zona II (casco urbano), estratos de grava para la zona IV (Cono Sur) y zona I (Pocollay y Calana).

*Tabla 7. Tipo de suelo*

PARÁMETRO	Tipo de suelo	PESO PONDERADO = 0.568	
DESCRIPTORES	1 Rellenos sanitarios	1	0.503
	2 Arena eólica y/o limos (con agua).	2	0.260
	3 Arena eólica y/o limos (sin agua).	3	0.134
	4 Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial.	4	0.068
	5 Afloramiento rocoso y estratos de grava.	5	0.035

Fuente : Elaboración propia

### **PERFIL DEL SUELO. BASADO EN LA NORMA E030**

En tipo de suelo en Ciudad Nueva es de tipo flexible arenoso al que le corresponde el descriptor S3: Suelos flexibles con estratos de gran espesor El tipo de suelo en cono sur es de tipo rígido (S1), para el casco urbano y Pocollay un tipo de suelo intermedio (S2), escogiendo el mayor:

Tabla 8. Perfil del suelo

PARÁMETRO	Perfil del suelo	PESO PONDERADO = 0.098		
Descriptores	1	S4 Condiciones excepcionales	1	0.520
	2	S3 : Suelos flexibles con estratos de gran espesor	2	0.281
	3	S2 : Suelo Intermedio	3	0.140
	4	S1 : Roca dura o suelo muy rígido	4	0.059

Fuente : Elaboración propia

## **FACTORES DESENCADENANTES**

Son parámetros que desencadenan eventos o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Para este estudio específicamente utilizaremos el parámetro desencadenante del tipo de origen geológico del sismo en el escenario de riesgo que hemos planteado.

Al ser dos parámetros considerados se da la misma importancia a ambos por lo que le corresponde 0.5 a cada uno de los parámetros.

## **GEOLÓGICO**

Para el escenario planteado para esta evaluación se toma un sismo superficial producido por la colisión de placas tectónicas (placa sudamericana con la placa de Nazca), por lo que se selecciona el parámetro Y10: Colisión de Placas Tectónicas.

Tabla 9. Geológico

PARÁMETRO	Geológico	PESO PONDERADO = 0.5		
DESCRIPTORES	1	Colisión de placas tectónicas	1	0.503
	2	Zonas de actividad volcánica	2	0.260
	3	Fallas geológicas	3	0.134
	4	Movimientos en masa	4	0.068
	5	Desprendimientos de grandes bloques ( rocas, hielo, etc)	5	0.035

Fuente : Elaboración propia

## **INDUCIDO POR EL SER HUMANO**

Se plantea como factor desencadenante el proceso de crecimiento

demográfico, que va ocupando zonas en cerros y zonas de laderas.

Tabla 10. Inducido por el ser humano

PARÁMETRO	Inducido por el ser humano		PESO PONDERADO = 0.5	
DESCRIPTORES	1	Actividades económicas	1	0.503
	2	Sobre explotación de recursos naturales	2	0.260
	3	Infraestructura	3	0.134
	4	Asentamientos humanos	4	0.068
	5	Crecimiento demográfico	5	0.035

Fuente : Elaboración propia

#### a. Nivel de susceptibilidad por sismo (zona I – Pocollay y Calana )

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad.

Factores condicionantes						Valor
Relieve		Tipo de suelo		Perfil del suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	<b>0.045</b>
0.334	0.035	0.568	0.035	0.098	0.14	

Factores desencadenantes				Valor
Geológico		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	<b>0.269</b>
0.5	0.503	0.5	0.035	

Susceptibilidad por sismo				Valor
Factor condicionante		Factor desencadenante		
Valor	Peso	Valor	Peso	<b>0.157</b>
0.045	0.5	0.269	0.5	

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por sismo						Valor
Magnitud		Intensidad		Aceleración natural del suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	<b>0.239</b>
0.283	0.469	0.643	0.159	0.074	0.051	

Finalmente junto con la susceptibilidad y el peligro hallado, obtendremos el peligro:

Peligro por sismo				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.157	0.5	0.239	0.5	<b>0.198</b>

Ubicamos el valor hallado en los niveles de peligrosidad (N.P.):

N.P.	RANGO
PMA	$0.270 \leq R \leq 0.469$
PA	$0.160 \leq R \leq 0.270$
PM	$0.068 \leq R \leq 0.160$
PB	$0.034 \leq R \leq 0.068$

### b. Nivel de susceptibilidad por sismo (zona II – Casco Urbano)

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad.

Factores condicionantes						Valor
Relieve		Tipo de suelo		Perfil del suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.334	0.035	0.643	0.462	0.098	0.14	<b>0.064</b>

Factores desencadenantes				Valor
Geológico		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.503	0.5	0.035	<b>0.269</b>

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por sismo						Valor
Magnitud		Intensidad		Aceleración natural del suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.283	0.469	0.643	0.462	0.074	0.051	<b>0.434</b>



Finalmente junto con la susceptibilidad y el peligro hallado, obtendremos el peligro:

Peligro por sismo				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.167	0.5	0.434	0.5	<b>0.300</b>

Ubicamos el valor hallado en los N.P. :

N.P.	RANGO
PMA	$0.270 \leq R \leq 0.469$
PA	$0.160 \leq R \leq 0.270$
PM	$0.068 \leq R \leq 0.160$
PB	$0.034 \leq R \leq 0.068$

### c. Nivel de susceptibilidad por sismo (zona III – Ciudad Nueva)

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad

Factores condicionantes						Valor
Relieve		Tipo de suelo		Perfil del suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.334	0.035	0.568	0.134	0.098	0.281	<b>0.115</b>

Factores desencadenantes				Valor
Geológico		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.503	0.5	0.035	<b>0.269</b>

Susceptibilidad por sismo				Valor
Factor condicionante		Factor desencadenante		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.115	0.5	0.269	0.5	<b>0.192</b>

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por sismo						Valor
Magnitud		Intensidad		Aceleración natural del suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	<b>0.434</b>
0.283	0.469	0.643	0.462	0.074	0.051	

Peligro por sismo				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	<b>0.313</b>
0.192	0.5	0.434	0.5	

Ubicamos el valor hallado en los N.P.:

N.P.	RANGO
PMA	$0.270 \leq R \leq 0.469$
PA	$0.160 \leq R \leq 0.270$
PM	$0.068 \leq R \leq 0.160$
PB	$0.034 \leq R \leq 0.068$

#### d. Nivel de susceptibilidad por sismo (zona IV – Cono Sur)

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad

Factores condicionantes						Valor
Relieve		Tipo de suelo		Perfil del suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	<b>0.045</b>
0.334	0.035	0.568	0.035	0.098	0.14	

Factores desencadenantes				Valor
Geológico		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	<b>0.269</b>
0.5	0.503	0.5	0.035	

Susceptibilidad por sismo		Valor
Factor condicionante	Factor desencadenante	

Valor	Peso	Valor	Peso	
0.045	0.5	0.269	0.5	<b>0.157</b>

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por sismo						Valor
Magnitud		Intensidad		Aceleración natural del suelo		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	<b>0.239</b>
0.283	0.469	0.643	0.159	0.074	0.051	

Peligro por sismo				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	<b>0.198</b>
0.157	0.5	0.239	0.5	

Ubicamos el valor hallado en los niveles de peligrosidad

Tabla 11. Nivel del peligro (N.P.) del sismo

N.P.	RANGO
PMA	$0.270 \leq R \leq 0.469$
PA	$0.160 \leq R \leq 0.270$
PM	$0.068 \leq R \leq 0.160$
PB	$0.034 \leq R \leq 0.068$

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4. Estratificación de nivel de peligro: sismo

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
PMA	Magnitud del sismo mayor a 8 grados, Intensidad desastrosa (XI y XII), destrucción total, grandes grietas en el suelo, las ondas sísmicas se observan en el suelo y los objetos son lanzados al aire, Generalmente plano y ondulado, Presenta zonas eminentemente árida y desértica	$0.270 \leq R \leq 0.469$
PA	Magnitud del sismo mayor a 6 y 7.9, intensidad (IX y X) muy grande resultando con daños severos, las edificaciones son desplazadas de su cimentación, el suelo resulta considerablemente fracturado.	$0.160 \leq R \leq 0.270$
PM	Magnitud del sismo mayor a 4 y 5 grados, pueden causar daños menores en la localidad, intensidad (VI, VII y VIII) grande los muebles se desplazan, existe daños considerables en una construcción pobre, y daños ligeros en buen diseño de una construcción.	$0.068 \leq R \leq 0.160$
PB	Magnitud menor a 3.4 grados y mayor a este, es sentido por mucha gente o no es sentido en general pero es registrado por los sismógrafos, intensidad (menor a V) ligera en la cual es notada por muchos, casi nadie lo siente o es sentida por unas cuantas personas	$0.034 \leq R \leq 0.068$

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Ponderación de los parámetros del peligro de inundación

En este caso, se ha considerado como único parámetro de evaluación la "Frecuencia" para la obtención de los pesos ponderados de este parámetro de evaluación, se utilizó el proceso de análisis jerárquico.

## Frecuencia

Descriptor	Por lo menos 1 vez al año cada evento del niño y/o superior a 5 eventos al año en promedio	De 3 a 4 eventos por año en promedio	De 2 a 3 eventos por año en promedio	De 1 a 2 eventos por año en promedio	De 1 evento por año en promedio
Por lo menos 1 vez al año cada evento del niño y/o superior a 5 eventos al año en promedio	1.00	2	4.00	6.00	9.00
De 3 a 4 eventos por año en promedio	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
De 2 a 3 eventos por año en promedio	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
De 1 a 2 eventos por año en promedio	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
De 1 evento por año en promedio	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
TOTAL	2.05	3.92	7.75	13.50	22.00

## Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia del parámetro en el análisis del fenómeno.

### Peso ponderado del parámetro

Descriptor	Por lo menos 1 vez al año cada evento del niño y/o superior a 5 eventos al año en promedio	De 3 a 4 eventos por año en promedio	De 2 a 3 eventos por año en promedio	De 1 a 2 eventos por año en promedio	De 1 evento por año en promedio	Vector de priorización (Ponderación)	Porcentaje (%)
Por lo menos 1 vez al año cada evento del niño y/o superior a 5 eventos al año en promedio	0.49	0.51	0.52	0.44	0.41	0.474	47.35%
De 3 a 4 eventos por año en promedio	0.24	0.26	0.26	0.30	0.27	0.265	26.52%
De 2 a 3 eventos por año en promedio	0.12	0.13	0.13	0.15	0.18	0.142	14.17%
De 1 a 2 eventos por año en promedio	0.08	0.06	0.06	0.07	0.09	0.075	7.52%

De 1 evento por año en promedio	0.06	0.04	0.03	0.04	0.05	0.044	4.43%
---------------------------------------	------	------	------	------	------	-------	-------

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Resultado de la operación de matrices					Vector de priorización (Ponderación)	Vector suma ponderada	$\lambda_{max}$
0.474	0.530	0.567	0.451	0.399	0.474	2.421	5.113
0.237	0.265	0.283	0.301	0.266	0.265	1.352	5.098
0.118	0.133	0.142	0.301	0.177	0.142	0.871	6.146
0.081	0.066	0.035	0.075	0.089	0.075	0.346	4.600
0.062	0.045	0.035	0.038	0.044	0.044	0.224	5.056
Promedio							5.360
Índice de consistencia					$IC = (n_{max} - n) / (n - 1)$		0.051
Índice aleatorio (*)					$IA = (1.98 * (n - 2)) / n$		1.115
Relación de consistencia					$RC = IC / IA$		0.045

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

En la ciudad de Tacna se ve afectado por el niño costero una vez a lo largo del año, por lo tanto se escogerá el parámetro  $n^{\circ}5$ .

Tabla 12. Frecuencia

PARÁMETRO	Frecuencia	PESO PONDERADO = 1		
DESCRIPTORES	1	Por lo menos 1 vez al año cada evento del niño y/o superior a 5 eventos al año en promedio	1	0.474
	2	De 3 a 4 eventos por año en promedio	2	0.265
	3	De 2 a 3 eventos por año en promedio	3	0.142
	4	De 1 a 2 eventos por año en promedio	4	0.075
	5	De 1 evento por año en promedio	5	0.044

Fuente : Elaboración propia

## SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO PARA EL PELIGRO INUNDACIÓN

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia del fenómeno de inundación, se analiza los factores condicionantes y factores desencadenantes.

### a) Factores condicionantes

Los parámetros a considerar son geología, geomorfología y pendiente

CRITERIOS	Geología	Geomorfología	Pendiente
Geología	1.00	2	4.00
Geomorfología	0.50	1.00	3.00
Pendiente	0.25	0.33	1.00
TOTAL	1.75	3.33	8.00

### Matriz de normalización

CRITERIOS	Geología	Geomorfología	Pendiente	Ponderación
<b>Geología</b>	0.571	0.600	0.500	0.557
Geomorfología	0.286	0.300	0.375	0.320
Pendiente	0.143	0.100	0.125	0.123

### Relación de consistencia (RC)

CRITERIOS	Geología	Geomorfología	Pendiente	Ponderación	Vector suma ponderada	$\lambda_{max}$
Geología	0.557	0.640	0.490	0.557	1.69	3.03
Geomorfología	0.279	0.320	0.368	0.320	0.97	3.02
Pendiente	0.139	0.107	0.123	0.123	0.37	3.01
					Promedio	3.02
Índice de consistencia	IC=(nmax-n)/(n-1)				0.009	
Índice aleatorio (*)	IA=(1.98*(n-2))/n				0.525	
Relación de consistencia	RC=IC/IA				0.017	

PARÁMETROS	PESOS PONDERADOS
Geología	0.557
Geomorfología	0.320
Pendiente	0.123

## DESCRIPTORES DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS

### PENDIENTE

En la zona I (Pocollay y Calana) cuenta con una pendiente ligeramente pronunciada, de tal modo seleccionamos el parámetro 2

En la zona II (Casco urbano) y la zona III (Ciudad Nueva) cuentan con una pendiente plana y accidentada escogiendo el parámetro 1 y 5

En la zona IV (Cono Sur) cuentan con una pendiente accidentada de escogiendo el parámetro 3.

Tabla 13. Pendiente

PARÁMETRO	Pendiente	PESO PONDERADO = 0.123
DESCRIPTORES	1 Entre 0% - 2% Plano a nivel	1 0.482
	2 Entre 2% - 4% Ligeramente inclinado	2 0.124
	3 Entre 4% - 8% Moderadamente inclinada	3 0.215
	4 Entre 8% - 15% Fuertemente inclinada	4 0.123
	5 Entre 15% - 25% Moderadamente empinada	5 0.055

Fuente : Elaboración propia



## GEOLOGÍA

Fallas geológicas.

*Tabla 14. Geología*

PARÁMETRO	Geología		PESO PONDERADO = 0.557	
DESCRIPTORES	1	Colisión de placas tectónicas	1	0.503
	2	Zonas de actividad volcánica	2	0.260
	3	Fallas geológicas	3	0.134
	4	Movimientos en masa	4	0.068
	5	Desprendimientos de grandes bloques ( rocas, hielo, etc)	5	0.035

Fuente : Elaboración propia

## GEOMORFOLOGÍA

Tacna está situada sobre el valle del Río Caplina por lo tanto se escogerá el parámetro 4, además está a una altura de 550 m.s.n.m, entre los cerros Arunta e Intiorko, que se encuentran entre los 850 y 950 m.s.n.m. de altitud. La superficie de estos cerros; forman grandes llanuras bajo el de nombre de Planicies del Huaylillas. Además están cubiertas por suelos residuales y arenas eólicas que les dan una tonalidad rosada - marrón clara.

*Tabla 15. Geomorfología*

PARÁMETRO	Geomorfología		PESO PONDERADO = 0.320	
DESCRIPTORES	1	D1	1	0.034
	2	D2	2	0.051
	3	D3	3	0.130
	4	D4	4	0.293
	5	D5	5	0.492

Fuente : Elaboración propia

D1: Faja litoral

D2: Cadena Costanera

D3: Cadena Costanera y pie de los Andes

D4: Río Caplina

D5: Superficie de Huaylillas

## **FACTORES DESENCADENANTES**

### **Precipitación**

Se consideró un solo parámetro general (nivel de precipitación) por lo tanto el peso ponderado se considera con el valor de 1.

*Tabla 16. Precipitación*

PARÁMETRO		Precipitación	PESO PONDERADO = 1	
DESCRIPTORES	1	Mayor P99 - P 90 (extremadamente lluvioso )	1	0.198
	2	P90 - P95 (Muy lluvioso)	2	0.130
	3	P75-P90 (Lluvioso)	3	0.432
	4	Menor a P 75 (Moderadamente lluvioso)	4	0.178
	5	Inferior a P 75 (Lluvia usual)	5	0.061

Fuente : Elaboración propia

#### **a. Nivel de susceptibilidad por inundación ( zona I – Pocollay y Calana)**

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad.

Factores condicionantes						Valor
Geología		Geomorfología		Pendiente		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	0.184
0.557	0.134	0.320	0.293	0.123	0.124	
Factores desencadenantes					Valor	
Precipitación						
Parámetro	Descriptor				0.178	
1	0.178					
Susceptibilidad por inundación						Valor
Factor condicionante			Factor desencadenante			
Valor	Peso	Valor	Peso			0.181
0.184	0.5	0.178	0.5			

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por inundación		Valor
Frecuencia		
Parámetro	Descriptor	0.035
1	0.035	

Peligro por inundación				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	<b>0.108</b>
0.181	0.5	0.035	0.5	

Ubicamos el valor hallado en los N.P. :

NP	RANGO
PMA	$0.265 \leq R \leq 0.474$
PA	$0.142 \leq R \leq 0.265$
PM	$0.075 \leq R \leq 0.142$
PB	$0.044 \leq R \leq 0.075$

#### b. Nivel de susceptibilidad por inundación (zona II – Casco Urbano)

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad.

Factores condicionantes						Valor
Geología		Geomorfología		Pendiente		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	0.228
0.557	0.134	0.320	0.293	0.123	0.482	

Factores desencadenantes		Valor
Precipitación		
Parámetro	Descriptor	0.178
1	0.178	

Susceptibilidad por inundación				Valor
Factor condicionante		Factor desencadenante		
Valor	Peso	Valor	Peso	0.203
0.228	0.5	0.178	0.5	

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por inundación				Valor
Frecuencia				
Parámetro		Descriptor		
1		0.035		0.035

Peligro por inundación				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.203	0.5	0.035	0.5	<b>0.119</b>

Ubicamos el valor hallado en los N.P. :

NIVEL	RANGO
PMA	$0.265 \leq R \leq 0.474$
PA	$0.142 \leq R \leq 0.265$
PM	$0.075 \leq R \leq 0.142$
PB	$0.044 \leq R \leq 0.075$

### c. Nivel de susceptibilidad por inundación (zona III – Ciudad Nueva)

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad

Factores condicionantes						Valor
Geología		Geomorfología		Pendiente		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.557	0.134	0.320	0.293	0.123	0.055	0.175

Factores desencadenantes		Valor
Precipitación		
Parámetro	Descriptor	
1	0.178	0.178

Susceptibilidad por inundación				Valor
Factor condicionante		Factor desencadenante		
Valor	Peso	Valor	Peso	0.177
0.175	0.5	0.178	0.5	

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por inundación		Valor
Frecuencia		
Parámetro	Descriptor	0.035
1	0.035	

Peligro por inundación				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	<b>0.106</b>
0.177	0.5	0.035	0.5	

Ubicamos el valor hallado en los N.P.:

N.P.	RANGO
PMA	$0.265 \leq R \leq 0.474$
PA	$0.142 \leq R \leq 0.265$
PM	$0.075 \leq R \leq 0.142$
PB	$0.044 \leq R \leq 0.075$

#### d. Nivel de susceptibilidad por inundación (zona IV – Cono Sur)

Factores condicionantes						Valor
Geología		Geomorfología		Pendiente		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	0.195
0.557	0.134	0.320	0.293	0.123	0.215	

Factores desencadenantes		Valor
Precipitación		
Parámetro	Descriptor	0.178
1	0.178	

Susceptibilidad por inundación				Valor
Factor condicionante		Factor desencadenante		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.195	0.5	0.178	0.5	0.186

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por inundación		Valor
Frecuencia		
Parámetro	Descriptor	
1	0.035	0.035

Peligro por inundación				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.186	0.5	0.035	0.5	<b>0.111</b>

Ubicamos el valor hallado en los niveles de peligrosidad

Tabla 17. Nivel de peligro (N.P.) de la inundación

N.P.	RANGO
PMA	$0.265 \leq R \leq 0.474$
PA	$0.142 \leq R \leq 0.265$
PM	$0.075 \leq R \leq 0.142$
PB	$0.044 \leq R \leq 0.075$

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Estratificación del N.P.: inundación

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
PMA	Por lo menos 1 vez al año cada evento del niño y/o superior a 5 eventos al año en promedio. Terrenos planos o a nivel entre 0 y 2%	$0.265 \leq R \leq 0.474$
PA	De 3 a 4 eventos por año en promedio. Pendiente ligeramente inclinada (2 – 4 %)	$0.142 \leq R \leq 0.265$
PM	De 2 a 3 eventos por año en promedio. Pendiente moderadamente inclinada (4 – 8 %)	$0.075 \leq R \leq 0.142$
PB	De 1 a 2 eventos por año en promedio. Pendiente fuertemente inclinada a moderadamente inclinada (8- 15 % a 15 – 25%)	$0.044 \leq R \leq 0.075$

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3. Ponderación de los parámetros del peligro por movimientos en masa (huayco)

#### PESOS PONDERADOS DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL HUAYCO

Se han seleccionado los parámetros: textura de suelo, pendiente, erosión y velocidad del suelo. Los valores numéricos (pesos) fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico (matriz de Satty).

PARÁMETROS	PESOS PONDERADOS
Textura del suelo	0.306
Pendiente	0.548
Erosión	0.101
Velocidad de desplazamiento	0.045

#### TEXTURA DEL SUELO

Según el Geo servidor del Ministerio del Ambiente de acuerdo a la ubicación de nuestras zonas, tenemos que para la zona I (Pocollay y Calana) tiene una textura granular fina débil- moderada de arena franca, posteriormente en la zona II (Casco urbano) tiene una textura franco arenoso, así mismo en la zona III (Ciudad Nueva) cuenta con una textura franco limosa, así como la zona IV tiene una textura moderadamente gruesa.

Tabla 18. Textura del suelo

PARÁMETRO	Textura del suelo	PESO PONDERADO = 0.306		
DESCRIPTORES	TX1	Finas: Suelos arcillosos (arcilloso arenoso, arcilloso limoso, arcilloso)	PTX1	0.503
	TX2	Moderadamente Fina: Suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcilloso y/o franco limoso arcilloso)	PTX2	0.260
	TX3	Mediana: Suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso)	PTX3	0.134
	TX4	Moderadamente gruesa: suelos francos (franco arenoso)	PTX4	0.068
	TX5	Gruesa: Suelos arenosos: arenosos, franco arenosos	PTX5	0.035

Fuente : Elaboración propia



## **PENDIENTE**

En la zona I (Pocollay y Calana) cuenta con una pendiente ligeramente pronunciada, de tal modo seleccionamos el parámetro 2

En la zona II (Casco urbano) y la zona III (Ciudad Nueva) cuentan con una pendiente plana y accidentada escogiendo el parámetro 1 y 5

En la zona IV (Cono Sur) cuentan con una pendiente accidentada de escogiendo el parámetro 3

*Tabla 19. Pendiente*

PARÁMETRO	Pendiente	PESO PONDERADO =
		0.548
DESCRIPTORES	1 Entre 0% - 2% Plano a nivel	1 0.482
	2 Entre 2% - 4% Ligeramente inclinado	2 0.124
	3 Entre 4% - 8% Moderadamente inclinada	3 0.215
	4 Entre 8% - 15% Fuertemente inclinada	4 0.123
	5 Entre 15% - 25% Moderadamente empinada	5 0.055

Fuente : Elaboración propia

## **EROSIÓN**

*Tabla 20. Erosión*

PARÁMETRO	Erosión	PESO PONDERADO =
		0.101
DESCRIPTORES	E1 Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	PE1 0.503
	E2 Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	PE2 0.260
	E3 Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	PE3 0.134
	E4 Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturadas.	PE4 0.068
	E5 Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamiento y erosión.	PE5 0.035

Fuente : Elaboración propia

## VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO

De acuerdo a los últimos eventos sucedidos en la ciudad de Tacna según el COER (Centro de operaciones de emergencia), el último huayco registrado en la ciudad de Tacna tuvo una velocidad de 18 km/h es decir 5 m/s.

Tabla 21. Velocidad de desplazamiento

PARÁMETRO	Velocidad de desplazamiento	PESO PONDERADO = 0.045		
DESCRIPTORES	VD1	Extremadamente rápido ( $v= 5\text{m/s}$ )	PVD1	0.503
	VD2	Muy rápido ( $v= 0.05\text{m/s}$ )	PVD2	0.260
	VD3	Rápido ( $v= 0.0033\text{ m/s}$ )	PVD3	0.134
	VD4	Moderada ( $v=3.009\times 10^{-4}\text{ m/s}$ )	PVD4	0.068
	VD5	Lenta a extremadamente lenta ( $v=5.144\times 10^{-8}\text{ m/año}$ a $5.144\times 10^{-10}\text{ m/año}$ )	PVD5	0.035

Fuente : Elaboración propia

## SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO PARA EL PELIGRO MOVIMIENTO EN MASA (HUAYCO)

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia del fenómeno de inundación, se analiza los factores condicionantes y factores desencadenantes.

### FACTORES CONDICIONANTES

Los parámetros a considerar son: relieve, tipo de suelo, cobertura vegetal y uso actual de los suelos.

PARÁMETROS	PESOS PONDERADOS
Relieve	<b>0.145</b>
Tipo de suelo	<b>0.515</b>
Cobertura vegetal	<b>0.058</b>
Uso actual de los suelos	<b>0.282</b>

**RELIEVE***Tabla 22. Factor condicionante - Relieve*

PARÁMETRO	Relieve	PESO PONDERADO = 0.145		
DESCRIPTORES	1	Abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares.	1	0.503
	2	El relieve para esta región es variado en su mayor parte está conformado por mesetas y lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas.	2	0.260
	3	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos.	3	0.134
	4	Relieve muy accidentado con valles estrechos y quebradas profundas, numerosas estribaciones andinas. Zona de huaycos. Generalmente montañoso y complejo.	4	0.068
	5	Plano y ondulado, con partes montañosos en la parte sur. Cuenta con pampas, unas, tablazos, valles; zonas eminentemente áridas y desérticas	5	0.035

Fuente : CENEPRED

**TIPO DE SUELO**

De acuerdo a nuestras zonas a trabajar y el tipo de suelo de cada una, escogeremos Arena eólica y/o limos para la Zona 3 (Ciudad Nueva), Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial para la zona 2 (casco urbano), estratos de grava para la zona 4 (Cono Sur) y zona 1 (Pocollay y Calana).

*Tabla 23. Tipo de suelo*

PARÁMETRO	Tipo de suelo	PESO PONDERADO = 0.515		
DESCRIPTORES	1	Rellenos sanitarios	1	0.503
	2	Arena eólica y/o limos (con agua).	2	0.260
	3	Arena eólica y/o limos (sin agua).	3	0.134
	4	Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial.	4	0.068

5	Afloramiento rocoso y estratos de grava.	5	0.035
---	--	---	-------

Fuente : CENEPRED

**COBERTURA VEGETAL***Tabla 24. Cobertura vegetal*

PARÁMETRO	Cobertura vegetal	PESO PONDERADO = 0.058		
DESCRIPTORES	1	70 – 100%	1	0.503
	2	40-70 %	2	0.260
	3	20-40 %	3	0.134
	4	5-20 %	4	0.068
	5	0 – 5%	5	0.035

Fuente CENEPRED

**USO ACTUAL DE LOS SUELOS***Tabla 25. Uso actual de los suelos*

PARÁMETRO	Uso actual de los suelos	PESO PONDERADO = 0.282	
DESCRIPTORES	Áreas urbanas, intercomunicadas		
	1 mediante sistema de redes que sirve para su normal funcionamiento	1	0.503
	Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc		
	2 Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados.	2	0.260
	Plantaciones forestales, establecimiento de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc.		
3		3	0.134
	Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo de año y asociado a la presencia de lluvias.		
4		4	0.068

5	Sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad.	5	0.035
---	--	---	-------

Fuente : CENEPRED

## FACTORES DESENCADENANTES

Son parámetros que desencadenan eventos o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Para este estudio específicamente utilizaremos el parámetro desencadenante del tipo de origen geológico del sismo en el escenario de riesgo que hemos planteado.

## HIDROMETEOROLÓGICOS

Tabla 26. Hidrometeorológicos

PARÁMETRO	Uso actual de los suelos	PESO PONDERADO = 0.106
DESCRIPTORES	1 Lluvias	1 0.503
	2 Temperatura	2 0.260
	3 Viento	3 0.134
	4 Humedad al aire	4 0.068
	5 Brillo solar	5 0.035

Fuente : CENEPRED

## GEOLÓGICO

Para el escenario planteado para esta evaluación se toma el parámetro movimiento en masa.

Tabla 27. Parámetro geológico

PARÁMETRO	Geológico	PESO PONDERADO = 0.260
DESCRIPTORES	1 Colisión de placas tectónicas	1 0.503
	2 Zonas de actividad volcánica	2 0.260
	3 Fallas geológicas	3 0.134
	4 Movimientos en masa	4 0.068
	5 Desprendimientos de grandes bloques ( rocas, hielo, etc)	5 0.035

Fuente : CENEPRED

## INDUCIDO POR EL SER HUMANO

Se plantea como factor desencadenante el proceso de crecimiento demográfico, que va ocupando zonas en cerros y zonas de laderas.

Tabla 28. Parámetro inducido por el ser humano

PARÁMETRO	Inducido por el ser humano		PESO PONDERADO = 0.633	
DESCRIPTORES	1	Actividades económicas	1	0.503
	2	Sobre explotación de recursos naturales	2	0.260
	3	Infraestructura	3	0.134
	4	Asentamientos humanos	4	0.068
	5	Crecimiento demográfico	5	0.035

Fuente : CENEPRED

### a. Nivel de susceptibilidad por movimiento de masa (huayco) (zona I – Pocollay y Calana )

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad.

Factores condicionantes								Valor
Relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	0.167
0.145	0.035	0.515	0.035	0.058	0.035	0.282	0.503	

Factores desencadenantes						Valor
Hidrometeorológicos		Geología		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	0.093
0.106	0.503	0.26	0.068	0.633	0.035	

Susceptibilidad por movimiento de masa (huayco)				Valor
Factor condicionante		Factor desencadenante		
Valor	Peso	Valor	Peso	0.130
0.167	0.5	0.093	0.5	

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por movimiento en masa ( huayco)								Valor
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad de desplazamiento		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.306	0.134	0.548	0.124	0.101	0.035	0.045	0.503	0.135

Peligro por movimiento en masa ( huayco)				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.130	0.5	0.135	0.5	<b>0.133</b>

Calculamos los N.P.:

N.P.	RANGO
PA	$0.260 \leq R \leq 0.503$
PA	$0.134 \leq R \leq 0.260$
PM	$0.068 \leq R \leq 0.134$
PB	$0.035 \leq R \leq 0.068$

**b. Nivel de susceptibilidad por movimiento de masa ( huayco) (zona II – Casco Urbano )**

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad.

Factores condicionantes								Valor
Relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.035	0.515	0.068	0.058	0.035	0.282	0.503	0.184

Factores desencadenantes						Valor
Hidrometeorológicos		Geología		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.106	0.503	0.26	0.068	0.633	0.035	0.093

Susceptibilidad por movimiento de masa (huayco) Valor

Factor condicionante		Factor desencadenante		0.139
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.184	0.5	0.093153	0.5	

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por movimiento en masa ( huayco)								Valor
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad de desplazamiento		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.306	0.068	0.548	0.482	0.101	0.035	0.045	0.503	0.311

Peligro por movimiento en masa ( huayco)				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.139	0.5	0.311	0.5	<b>0.225</b>

Calculamos los N.P.:

NIVEL	RANGO
PMA	$0.260 \leq R \leq 0.503$
PA	$0.134 \leq R \leq 0.260$
PM	$0.068 \leq R \leq 0.134$
PB	$0.035 \leq R \leq 0.068$

### c. Nivel de susceptibilidad por movimiento de masa (huayco) (zona III – Ciudad Nueva)

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad.

Factores condicionantes								Valor
Relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.035	0.515	0.134	0.058	0.035	0.282	0.503	0.218

Factores desencadenantes						Valor
Hidrometeorológicos		Geología		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
						0.093



0.106      0.503      0.26      0.068      0.633      0.035

Susceptibilidad por movimiento de masa (huayco)				Valor
Factor condicionante		Factor desencadenante		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.218	0.5	0.093153	0.5	0.156

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por movimiento en masa ( huayco)								Valor
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad de desplazamiento		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.306	0.26	0.548	0.055	0.101	0.035	0.045	0.503	0.106

Peligro por movimiento en masa ( huayco)				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.156	0.5	0.106	0.5	<b>0.131</b>

Ubicamos el valor hallado en los N.P.:

NIVEL	RANGO
PMA	$0.260 \leq R \leq 0.503$
PA	$0.134 \leq R \leq 0.260$
PM	$0.068 \leq R \leq 0.134$
PB	$0.035 \leq R \leq 0.068$

#### d. Nivel de susceptibilidad por sismo (zona IV – Cono Sur)

Procedemos a calcular el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante, para posteriormente calcular el factor desencadenante y finalmente hallar la susceptibilidad

Factores condicionantes								Valor
Relieve		Tipo de suelo		Cobertura vegetal		Uso actual de suelos		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.145	0.035	0.515	0.035	0.058	0.035	0.282	0.503	0.167

Factores desencadenantes						Valor
Hidrometeorológicos		Geología		Inducido por el ser humano		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	0.093
0.106	0.503	0.26	0.068	0.633	0.035	

Susceptibilidad por movimiento de masa (huayco)				Valor
Factor condicionante		Factor desencadenante		
Valor	Peso	Valor	Peso	0.130
0.167	0.5	0.093153	0.5	

Calculamos el valor del peligro sismo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \text{Fenómeno}_i \times \text{descriptor}_i = \text{valor}$$

Peligro por movimiento en masa ( huayco)								Valor
Textura del suelo		Pendiente		Erosión		Velocidad de desplazamiento		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	0.037
0.306	0.035	0.548	0.215	0.101	0.035	0.045	0.503	

Peligro por movimiento en masa ( huayco)				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	<b>0.083</b>
0.130	0.5	0.037	0.5	

Ubicamos el valor hallado en los niveles de peligrosidad:

Tabla 29. Nivel de peligro (N.P.) de movimiento de masa ( huayco)

N.P.	RANGO
PMA	$0.260 \leq R \leq 0.503$
PA	$0.134 \leq R \leq 0.260$
PM	$0.068 \leq R \leq 0.134$
PB	$0.035 \leq R \leq 0.068$

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6. Estratificación del N.P. (nivel de peligro) : movimiento de masas (huayco)

N.P.	DETALLES	RANGO
PMA	Finas: Suelos arcillosos (arcilloso arenoso, arcilloso limoso, arcilloso) Terrenos planos o a nivel entre 0 y 2%	$0.260 \leq R \leq 0.50$
PA	Moderadamente Fina: Suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcilloso y/o franco limoso arcilloso) Pendiente ligeramente inclinada (2 – 4 %)	$0.134 \leq R \leq 0.260$
PM	Mediana: Suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso) Pendiente moderadamente inclinada (4 – 8 %)	$0.068 \leq R \leq 0.134$
PB	Moderadamente gruesa: suelos francos (franco arenoso). Gruesa: Suelos arenosos: arenosos, franco arenosos Pendiente fuertemente inclinada a moderadamente inclinada (8- 15 % a 15 – 25%)	$0.035 \leq R \leq 0.068$

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. ANÁLISIS Y EVALUACION DE VULNERABILIDAD

Se evaluará la vulnerabilidad del SAAP en las dimensiones física y social, teniendo en cuenta lo siguiente:

- i. Se reconoce y determina los elementos expuestos situados en el área potencial de impacto del peligro y en consecuencia se realiza el mapa de los elementos expuestos.
- ii. Así mismo se realiza el análisis de los demás factores de la vulnerabilidad (fragilidad y resiliencia), por lo que se establecerá las dimensiones: físico, social.
- iii. En este análisis se identifican los parámetros y descriptores de los factores de fragilidad y resiliencia de cada una de las dimensiones.

#### ANÁLISIS DE LAS DIMENSIONES

Se determinará los niveles de vulnerabilidad por las dimensiones tanto físicas como sociales

#### A) DIMENSIÓN FÍSICA

##### Cálculo de fragilidad física

Evaluamos los parámetros para el componente de un reservorio:

Tabla 30. Fragilidad física

P1	V.P	P2	V.P	P3	VP	P4	V.P
<b>Estado de Conservación</b>	0.15	<b>Antigüedad de infraestructura</b>	0.30	<b>Estado del Suelo</b>	0.20	<b>Configuración estructural</b>	0.35
<i>Muy malo</i>	0.473	<i>Más de 50 años</i>	0.430	<i>Muy malo</i>	0.473	<i>R. elevado soportado con pórtico &lt; a 4 columnas</i>	0.483
<i>Malo</i>	0.264	<i>Entre 40&lt;x&lt;50</i>	0.304	<i>Malo</i>	0.264	<i>R. elevado soportado con pórtico de C°A</i>	0.262
<i>Regular</i>	0.145	<i>Entre 30&lt;x&lt;40</i>	0.163	<i>Regular</i>	0.145	<i>R. elevado soportado con fuste de C°A</i>	0.158
<i>Bueno</i>	0.081	<i>Entre 20&lt;x&lt;30</i>	0.071	<i>Bueno</i>	0.081	<i>Apoyado</i>	0.061
<i>Muy bueno</i>	0.037	<i>Menor a 20</i>	0.036	<i>Muy bueno</i>	0.037	<i>Enterrado</i>	0.038

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: Esta referida a la debilidad que se observa en el componente a evaluar, frente al impacto de un peligro.

### **Cálculo de resiliencia física**

Evaluamos los parámetros para el componente de un reservorio:

*Tabla 31. Resiliencia física*

P1	V.P
<b>Sostenimiento del sistema</b>	<b>1</b>
<i>Muy malo</i>	0.473
<i>Malo</i>	0.264
<i>Regular</i>	0.145
<i>Bueno</i>	0.081
<i>Muy bueno</i>	0.037

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: Esta referida a la capacidad de la institución y/o infraestructura física para similar absorber, soportar y reponerse frente al peligro.

## **B) DIMENSIÓN SOCIAL**

### **Cálculo de fragilidad social**

Evaluamos los parámetros para el componente de un reservorio:

*Tabla 32. Fragilidad social*

P2	V.P
<b>Nivel de Planificación</b>	<b>1</b>
<i>Muy deficiente</i>	0.445
<i>Deficiente</i>	0.289
<i>Regular</i>	0.147
<i>Bueno</i>	0.081
<i>Muy bueno</i>	0.038

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: Esta referida al estado de desventaja o debilidad que tiene el ciudadano frente a un peligro.

### **Cálculo de resiliencia social**

Evaluamos los parámetros para el componente de un reservorio:

Tabla 33. Resiliencia social

P1	V. P	P2	V. P	P3	V.P	P4	V.P
<b>Preparación en contenido de Riesgo de Desastres</b>	0.25	<b>Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres</b>	0.25	<b>Postura ante el Riesgo</b>	0.25	<b>Planes de Propagación</b>	0.25
<i>Nunca</i>	0.460	<i>Muy malo</i>	0.462	<i>Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad.</i>	0.455	<i>Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.</i>	0.460
<i>Cada 5 años</i>	0.261	<i>Malo</i>	0.263	<i>Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad.</i>	0.265	<i>Insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.</i>	0.260
<i>Cada 3 años</i>	0.162	<i>Regular</i>	0.163	<i>Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo.</i>	0.165	<i>Propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.</i>	0.159
<i>Cada 2 años</i>	0.078	<i>Bueno</i>	0.070	<i>Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.</i>	0.071	<i>Propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.</i>	0.072
<i>1 vez por año</i>	0.039	<i>Muy bueno</i>	0.042	<i>Postura prudente de la entera localidad, implementando muchas medidas para precaver el riesgo.</i>	0.044	<i>Propagación masiva y frecuente en muchos medios de comunicación acerca de contenido de gestión de riesgo, encontrándose a conocimiento y colaboración total de la localidad y sus respectivas autoridades.</i>	0.048

Fuente: Elaboración propia

Descripción: Esta referida a la capacidad de los ciudadanos, entidad pública o privada para absorber, adaptarse, cambiar y reponerse frente al peligro.

### C) DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

Después de determinar los parámetros y los descriptores en las diferentes dimensiones (física y social) se hallará los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 34. Valor de vulnerabilidad por dimensión

PESO DE IMPORTANCIA		VALOR DE LA VULNERABILIDAD
0.60	0.40	
VULNERABILIDAD FISICA	VULNERABILIDAD SOCIAL	
0.467	0.452	0.461
0.270	0.276	0.272
0.149	0.155	0.151
0.078	0.077	0.077
0.037	0.041	0.038

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: El valor de la vulnerabilidad es el promedio de la vulnerabilidad física más la vulnerabilidad social.

Tabla 35. Nivel de vulnerabilidad

Por Componente del Sistema de Agua Potable	
Nivel de Vulnerabilidad	Rango
<b>VMA</b>	$0.272 \leq V < 0.461$
<b>VA</b>	$0.151 \leq V < 0.272$
<b>VM</b>	$0.076 \leq V < 0.151$
<b>VB</b>	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: Se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus correspondientes rangos hallados mediante el uso del **Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)**.

### Componentes a evaluar:

Para el manejo de la información en el análisis en la vulnerabilidad se considerará las siguientes abreviaturas:

- E. C. : Estado de conservación
- A.I. : Antigüedad de la infraestructura
- C.E. : Configuración estructural
- E.S. : Estado del suelo
- S.S. : Sostenimiento del sistema
- N.P. : Nivel de planificación
- P.C. : Preparación en contenido de riesgos y de desastres
- C.O. : Conciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres
- P.A. : Postura ante el riesgo
- P.P. : Planes de propagación
- P1,2,3,4,...: Parámetro 1,2,3,4,...
- D1,2,3,4,...: Descriptor 1,2,3,4,...

### A) RESERVORIO UNO (R1)

#### i) Descripción:

- El Reservoirio Uno (R1) se halla situado en la zona de la planta de potabilización Calana, edificado en el año 1973. Tiene una configuración estructural de concreto armado de sección circular del tipo apoyado con un radio de 10.00 m. Las tuberías principales son de hierro fundido.

#### ii) De la visita en campo y la información brindada por la entidad podemos analizar para el Componente: *Reservoirio 1*

*Por lo que se selecciona el descriptor: E.C., con un peso ponderado REGULAR=0.145*

*A.I., con un peso ponderado Entre  $40 < x < 50 = 0.430$*

*E.S., con un peso ponderado REGULAR = 0.145*

*C.E., con un peso ponderado APOYADO = 0.061*

*S.S., con un peso ponderado REGULAR=0.145*



*N.P.*, con un peso ponderado *REGULAR*=0.147

*P.C.* con un peso ponderado 2 veces por año =0.078

*C.O.*, con un peso ponderado *REGULAR* = 0.280,

*P.A.*, con un peso ponderado de 0.165

*P.P.* con un peso ponderado de 0.159.

### iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA									
E.C.		A.I		E.S		C.E.		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.150	0.145	0.30	0.430	0.20	0.145	0.35	0.061	<b>0.201</b>	

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
S.S		VALOR
P1	D1	
1	0.145	<b>0.145</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
N.P.		VALOR
P1	D1	
1	0.147	<b>0.147</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL									
P.C.		C.O.		P.A.		P.P.		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.250	0.078	0.250	0.23	0.250	0.165	0.250	0.159	<b>0.158</b>	

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.173	0.40	0.153	<b>0.165</b>

Cuadro 7. Estratificación de nivel de vulnerabilidad (N.V. ) en el R1

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagacion: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

## **B) RESERVORIO DOS (R2)**

### i) Descripción:

El Reservoirio Dos (R2) se halla situado en la zona alta del distrito de Pocollay. Recibe agua del reservoirio R1. Su configuración estructural es de concreto armado de sección circular de tipo apoyado de un radio de 8.50m. Las tuberías principales son de hierro fundido.

### ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente: *Reservoirio 2*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado BUENO = 0.081*

*A.I., con un peso ponderado Entre  $40 < x < 50$  = 0.304*

*E.S., con un peso ponderado REGULAR = 0.145*

*C.E., con un peso ponderado APOYADO = 0.061*

*S.S., con un peso ponderado REGULAR=0.145*

*N.P., con un peso ponderado REGULAR=0.289*

*P.C. con un peso ponderado de 0.460*

*C.O., con un peso ponderado REGULAR = 0.283,*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.260*

## iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA									
E.C.		A.I		E.S		C.E.		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.150	0.081	0.30	0.304	0.20	0.145	0.35	0.061	<b>0.154</b>	

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
S.S		VALOR
P1	D1	
1	0.145	<b>0.145</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificación		VALOR
P1	D1	
1	0.289	<b>0.289</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL									
P.C.		C.O.		P.A.		P.P.		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.250	0.460	0.250	0.283	0.250	0.165	0.250	0.260	<b>0.292</b>	

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.15	0.40	0.291	<b>0.206</b>

Cuadro 8. Estratificación de N.V en el R2

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagacion: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

### **C) RESERVORIO TRES (R3)**

#### i) Descripción

El Reservorio tres (R3) se encuentra ubicado en el distrito de Pocollay, lugar conocido como Sobraya. Su configuración estructural es de concreto armado de sección rectangular de tipo apoyado con dimensiones de 21.05 m x 10.70 m. Las tuberías principales son de hierro fundido.

#### ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos analizar para el Componente: *Reservorio 3*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado BUENO = 0.081*

*A.I., con un peso ponderado Entre  $40 < x < 50$  = 0.304*

*E.S., con un peso ponderado REGULAR = 0.145*

*C.E., con un peso ponderado APOYADO = 0.061*

*S.S., con un peso ponderado REGULAR=0.145*

*N.P., con un peso ponderado REGULAR=0.147*

*P.C. con un peso ponderado de 0.460*

*C.O., con un peso ponderado REGULAR = 0.283,*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.260*

## iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA									
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.150	0.081	0.30	0.304	0.20	0.145	0.35	0.061	<b>0.154</b>	

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.145	<b>0.145</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificacion		VALOR
P1	D1	
1	0.147	<b>0.147</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL									
P.C.		C.O.		P.A.		P.P.		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.250	0.460	0.250	0.283	0.250	0.165	0.250	0.260	<b>0.292</b>	

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.149	0.40	0.220	<b>0.177</b>

Cuadro 9. Estratificación de N.V en el R3

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para preaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para preaver el riesgo.. Planes de propagación: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia



#### D) RESERVORIO CUATRO (R4)

i) Descripción:

El Reservoirio Cuatro (R4) se halla situado en la planta de tratamiento de Alto Lima. Su configuración estructural es de concreto armado de sección rectangular con medidas 56,00 m x 17,00 m del tipo semienterrado, además de tener muros de piedra canteada, con un fondo de concreto simple, techo de de C°A°

ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente: *Reservorio 4*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado REGULAR =0.145*

*A.I., con un peso ponderado Entre  $40 < x < 50 = 0.304$*

*E.S., con un peso ponderado REGULAR = 0.145*

*C.E., con un peso ponderado de 0.038*

*S.S., con un peso ponderado de 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de 0.081*

*P.C. con un peso ponderado de 0.039*

*C.O., con un peso ponderado de 0.070.*

*P.A., con un peso ponderado de 0.044*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*

## iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA								
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.150	0.145	0.30	0.304	0.20	0.145	0.35	0.038	<b>0.155</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificacion		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								
P.C.		C.O.		P.A.		P.P.		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.250	0.039	0.250	0.070	0.250	0.044	0.250	0.159	<b>0.078</b>

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.118	0.40	0.080	<b>0.102</b>

Cuadro 10. Estratificación de N.V en el R4

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagación: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

## E) RESERVORIO SIETE (R7)

### i) Descripción:

El Reservorio siete (R7) es una adecuación del sedimentador S.3 de la planta de tratamiento realizada el año 1991. Es un tanque semienterrado con cobertura de tejas de asbesto y cemento. Tiene una sección rectangular con mampostería de piedra, techo de estructura metálica y con fondo de concreto simple.

### ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente: *Reservorio 7*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado REGULAR =0.264*

*A.I., con un peso ponderado Entre  $40 < x < 50 = 0.304$*

*E.S., con un peso ponderado REGULAR = 0.145*

*C.E., con un peso ponderado de 0.038*

*S.S., con un peso ponderado de 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de 0.081*

*P.C. con un peso ponderado de 0.039*

*C.O., con un peso ponderado de 0.070.*

*P.A., con un peso ponderado de 0.044*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*

## iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA									
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.150	0.264	0.30	0.304	0.20	0.145	0.35	0.038	<b>0.173</b>	

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Mantenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Organización		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL									
P.C.		C.O.		P.A.		P.P.		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.250	0.039	0.250	0.07	0.250	0.044	0.250	0.159	<b>0.078</b>	

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.127	0.40	0.080	<b>0.108</b>

Cuadro 11. Estratificación de N.V en el R7

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagacion: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

## F) RESERVORIO OCHO (R8)

### i) Descripción:

El Reservoirio Ocho (R8) o también llamado reservoirio cuadrado; se halla situado en la Planta Alto Lima, es de forma cuadrada. Es usado eventualmente como almacenamiento; además es una estructura semienterrada de C°A°.

### ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente: *Reservoirio 8*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado REGULAR =0.145*

*A.I., con un peso ponderado Entre  $40 < x < 50 = 0.304$*

*E.S., con un peso ponderado REGULAR = 0.145*

*C.E., con un peso ponderado de 0.038*

*S.S., con un peso ponderado de 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de 0.081*

*P.C. con un peso ponderado de 0.039*

*C.O., con un peso ponderado de 0.070.*

*P.A., con un peso ponderado de 0.044*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*

## iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA								
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.150	0.145	0.30	0.304	0.20	0.145	0.35	0.038	<b>0.155</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificacion		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								
P.C.		C.O.		P.A.		P.P.		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.250	0.039	0.250	0.070	0.250	0.044	0.250	0.159	<b>0.078</b>

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.118	0.40	0.080	<b>0.102</b>



Cuadro 12. Estratificación de N.V en el R8

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagacion: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

## G) PT ALTO LIMA (PT- AL)

### 1. Determinación de niveles de vulnerabilidad

- Cálculo de la vulnerabilidad física

Tabla 36. Fragilidad física en PT

Parámetro	V.P	Parámetro	V.P
Estado de Conservación	0.5	Antigüedad de infraestructura	0.5
<b>Muy malo</b>	0.473	Más de 50 años	0.426
<b>Malo</b>	0.264	Entre $40 < x < 50$	0.304
<b>Regular</b>	0.145	Entre $30 < x < 40$	0.163
<b>Bueno</b>	0.081	Entre $20 < x < 30$	0.071
<b>Muy bueno</b>	0.037	Menor a 20	0.036

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Tabla 37. Resiliencia física en PT

Parámetro	V.P
Sostenimiento del sistema	1
<b>Muy malo</b>	0.473
<b>Malo</b>	0.264
<b>Regular</b>	0.145
<b>Bueno</b>	0.081
<b>Muy bueno</b>	0.03

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

- Calculo de la vulnerabilidad SOCIAL

*Tabla 38. Fragilidad social en PT*

Parámetro	V.P
Nivel de Planificación	1
<b>Muy deficiente</b>	0.445
<b>Deficiente</b>	0.289
<b>Regular</b>	0.147
<b>Bueno</b>	0.081
<b>Muy bueno</b>	0.038

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Resiliencia social en PT

P1	V.P	P2	V.P	P3	V.P	P4	V.P
<b>Preparación en contenido de Riesgo de Desastres</b>	0.25	<b>Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres</b>	0.25	<b>Postura ante el Riesgo</b>	0.25	<b>Planes de Propagación</b>	0.25
<i>Nunca</i>	0.460	<i>Muy malo</i>	0.462	<i>Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad.</i>	0.455	<i>Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.</i>	0.460
<i>Cada 5 años</i>	0.261	<i>Malo</i>	0.263	<i>Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad.</i>	0.265	<i>Insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.</i>	0.260
<i>Cada 3 años</i>	0.162	<i>Regular</i>	0.163	<i>Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo.</i>	0.165	<i>Propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.</i>	0.159
<i>Cada 2 años</i>	0.078	<i>Bueno</i>	0.070	<i>Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.</i>	0.071	<i>Propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.</i>	0.072
<i>1 vez por año</i>	0.039	<i>Muy bueno</i>	0.042	<i>Postura prudente de la entera localidad, implementando muchas medidas para precaver el riesgo.</i>	0.044	<i>Propagación masiva y frecuente en muchos medios de comunicación acerca de contenido de gestión de riesgo, encontrándose a conocimiento y colaboración total de la localidad y sus respectivas autoridades.</i>	0.048

Fuente: Elaboración propia

## 2. Determinación de los niveles de vulnerabilidad

PESO DE IMPORTANCIA		VALOR DE LA VULNERABILIDAD
0.6 VULNERABILIDAD FISICA	0.4 VULNERABILIDAD SOCIAL	
0.468	0.452	0.462
0.269	0.275	0.272
0.150	0.154	0.152
0.074	0.076	0.075
0.037	0.041	0.039

Por Componente del Sistema de Agua Potable

N.V.	Rango
VMA	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	$0.152 \leq V < 0.272$
VM	$0.075 \leq V < 0.152$
VB	$0.039 \leq V < 0.075$

## i) Descripción:

- Comenzó su operación en el año 1934, más de 80 años en uso, esta planta usa agua del canal Caplina y de Uchusuma, además se encuentra ubicada a 2 km de la plaza de armas de Tacna, el sistema de la PT-AL cuenta con las unidades de tratamiento tales como los desarenadores, mezcla rápida, floculación, sedimentador de flujo horizontal, filtración y desinfección, el mezclador es de tipo hidráulico.
- De acuerdo a la infraestructura la PT-AL cuenta con una caseta donde se protegen los insumos, herramientas de trabajo y los materiales del operador, del mismo modo la PT cuenta con salas de dosificación de insumos, un ambiente para la cloración en el cual está ubicado el equipo de clorador. Así mismo se tiene un medidor de tipo Waltman que mantiene el registro del caudal de esta unidad.
- De manera análoga se cuenta con un canal de captación de estructura apoyada con mampostería simple, piedra emboquillada y una parte de concreto simple.
- El canal floculador es una estructura apoyada en la cual sale del desarenador de

tipo ovoide y rectangular, además de tener una pendiente fuerte, actualmente tiene un estado de conservación bueno

- El sedimentador o también llamado “sedimentador mellizos” es una estructura enterrada de concreto simple.
- La sala de clorificación es aquella estructura de C°A° cuenta con clorinadores de inyección al vacío además de tener balones de cloro gas.

ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente:

*PT- AL*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado BUENO = 0.081*

*A.I., con un peso ponderado Más de 50 años = 0.426*

*S.S., con un peso ponderado de BUENO = 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de BUENO = 0.081*

*P.C. con un peso ponderado de 0.039*

*C.O., con un peso ponderado de REGULAR =0.163.*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*

iii) Cálculo:

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA				
E.C.		A.I		VALOR
P1	D1	P2	D2	
0.5	0.081	0.5	0.426	<b>0.254</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
S.S.		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
N.P.		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL									
P.C.		C.O.		P.A.		P.P.		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.25	0.039	0.25	0.163	0.25	0.165	0.25	0.159	<b>0.132</b>	

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.168	0.40	0.107	<b>0.143</b>

Cuadro 13. Estratificación de N.V en la PT-AL

N.V.	DETALLES	RANGO
VMA	<p>Estado de Conservacion: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: mas de 50 años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con portico &lt; 4 columnas.</p> <p>Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Capacitación en temas de riesgos: nunca. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Muy malo. Actitud frente al riesgo: actitud fatalista conformista y con desidia de la mayoría de la población. Campaña de Difusión: No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgos para la población local</p>	$0.272 \leq V < 0.462$
VA	<p>Estado de Conservacion: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre 40 &lt; x &lt; 50 años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con porticos de C° A</p> <p>. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Capacitación en temas de riesgos: Cada 5 años. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Malo. Actitud frente al riesgo: Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población. Campaña de Difusión: Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.</p>	$0.152 \leq V < 0.272$
VM	<p>Estado de Conservacion: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre 30 &lt; x &lt; 40 años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Capacitación en temas de riesgos: Cada 3 años.</p> <p>Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Regular. Actitud frente al riesgo: Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo. Campaña de Difusión: Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.</p>	$0.075 \leq V < 0.152$
VB	<p>Estado de Conservacion: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre 30 &lt; x &lt; 40 años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Capacitación en temas de riesgos: Cada 3 años.</p> <p>Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Regular. Actitud frente al riesgo: Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo. Campaña de Difusión: Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.</p>	$0.39 \leq V < 0.075$

Fuente: Elaboración propia



## H) PLANTA DE TRATAMIENTO CALANA (PT-CA)

### i. Descripción :

- Comenzó su operación en el año 1976, alrededor de 43 años.
- La PT- Ca cuenta con una cámara de reunión en donde se halla la precloración, cámara de mezcla rápida, almacenamiento de agua producida, unidades de floccodecantación, cloración, filtración y un ambiente de laboratorio avanzado.
- Sus principales componentes como la cámara de reunión es una estructura apoyada de C°A°, además de contar con una cámara de distribución , elevada, el tanque de contacto sólido es una estructura de c°A° apoyado, la cisterna con la que cuenta es de tipo enterrada.
- El edificio de la PT-Ca es una estructura de C°A° de tres niveles, las paredes son de mampostería se puede considerar a esta estructura como estable, en el tercer piso se encuentra el almacén de insumos químicos, en el segundo se cuenta con los dosificadores y en el primer piso se tiene los laboratorios de control de calidad.

ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente:

*PT- CA*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado BUENO = 0.081*

*A.I., con un peso ponderado Más de 50 años = 0.304*

*S.S., con un peso ponderado de BUENO = 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de BUENO = 0.081*

*P.C. con un peso ponderado de 0.039*

*C.O., con un peso ponderado de REGULAR = 0.163*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*

iii) Cálculo:

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA				
E.C.		A.I		VALOR
P1	D1	P2	D2	
0.5	0.081	0.5	0.304	<b>0.193</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
S.S.		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
N.P.		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL									
P.C.		C.O.		P.A.		P.P.		VALOR	
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4		
0.25	0.039	0.25	0.070	0.25	0.165	0.25	0.159	<b>0.108</b>	

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.137	0.40	0.095	<b>0.120</b>

Cuadro 14. Estratificación de N.V en la PT-CA

N.V.	DETALLES	RANGO
VMA	<p>Estado de Conservacion: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: mas de 50 años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con portico &lt; 4 columnas.</p> <p>Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Capacitación en temas de riesgos: nunca. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Muy malo. Actitud frente al riesgo: actitud fatalista conformista y con desidia de la mayoría de la población. Campaña de Difusión: No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgos para la población local</p>	$0.272 \leq V < 0.462$
VA	<p>Estado de Conservacion: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre <math>40 &lt; x &lt; 50</math> años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con porticos de C° A</p> <p>. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Capacitación en temas de riesgos: Cada 5 años. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Malo. Actitud frente al riesgo: Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población. Campaña de Difusión: Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.</p>	$0.152 \leq V < 0.272$
VM	<p>Estado de Conservacion: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre <math>30 &lt; x &lt; 40</math> años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Capacitación en temas de riesgos: Cada 3 años.</p> <p>Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Regular. Actitud frente al riesgo: Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo. Campaña de Difusión: Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.</p>	$0.075 \leq V < 0.152$
VB	<p>Estado de Conservacion: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre <math>30 &lt; x &lt; 40</math> años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Capacitación en temas de riesgos: Cada 3 años.</p> <p>Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Regular. Actitud frente al riesgo: Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo. Campaña de Difusión: Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.</p>	$0.39 \leq V < 0.075$

Fuente: Elaboración propia

**I) RESERVORIO DIEZ (R10)**

## i) Descripción:

- El Reservoirio Diez (R10) se halla situado en la parte superior del Distrito de Ciudad Nueva, en las faldas del cerro Intiorko. Posee una sección circular y es del tipo apoyado, abastece a toda la zona del Cono Norte.  
Entró en operación en 2001.

## ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el componente: Reservoirio 10

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado REGULAR =0.145*

*A.I., con un peso ponderado de 0.071*

*E.S., con un peso ponderado 0.264*

*C.E., con un peso ponderado de 0.061*

*S.S., con un peso ponderado de 0.145*

*N.P., con un peso ponderado de 0.289*

*P.C. con un peso ponderado de 0.261*

*C.O., con un peso ponderado de 0.263*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.260*

iii) Cálculo:

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA								VALOR
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.150	0.145	0.30	0.071	0.20	0.264	0.35	0.061	<b>0.117</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.145	<b>0.145</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificacion		VALOR
P1	D1	
1	0.289	<b>0.289</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								VALOR
Preparación en contenido de riesgos de desastres		Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres		Postura ante el riesgo		Planes de propagación		
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.250	0.261	0.250	0.263	0.250	0.145	0.250	0.260	<b>0.237</b>

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.131	0.40	0.263	

Cuadro 15. Estratificación de N.V en el R10

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagación: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

**I) RESERVORIO CATORCE (R14)**

## i) Descripción:

- El Reservoirio 14 (R14) se halla situado en la parte superior del Distrito de Ciudad Nueva, en las faldas del cerro Intiorko. Posee una sección circular y es del tipo apoyado. Abastece a toda la zona del Cono Norte  
Entro en operación en 2008

## ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el componente:

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado REGULAR =0.145*

*A.I., con un peso ponderado de 0.071*

*E.S., con un peso ponderado 0.264*

*C.E., con un peso ponderado de 0.061*

*S.S., con un peso ponderado de 0.145*

*N.P., con un peso ponderado de 0.289*

*P.C. con un peso ponderado de 0.261*

*C.O., con un peso ponderado de 0.263*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.260*

## iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA								
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.150	0.145	0.30	0.071	0.20	0.264	0.35	0.061	<b>0.117</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.145	<b>0.145</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificacion		VALOR
P1	D1	
1	0.289	<b>0.289</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								
Preparación en contenido de riesgos de desastres		Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres		Postura ante el riesgo		Planes de propagación		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.250	0.261	0.250	0.263	0.250	0.145	0.250	0.260	<b>0.237</b>

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
0.60	0.131	0.40	0.263	



Cuadro 16. Estratificación de N.V en el R14

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagación: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

## J) RESERVORIO NUEVE (R9)

### i) Descripción:

- El Reservoirio Nueve (R9) se halla situado en la Vía Collpa. Posee una sección circular y es del tipo apoyado. Entro en operación en 2003

### ii) De la visita en campo y la información brindada por la entidad podemos determinar para el componente: Reservoirio 9

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado de 0.081*

*A.I., con un peso ponderado de 0.304*

*E.S., con un peso ponderado 0.081*

*C.E., con un peso ponderado de 0.061*

*S.S., con un peso ponderado de 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de 0.147*

*P.C. con un peso ponderado de 0.261*

*C.O., con un peso ponderado de 0.283*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*

iii) Cálculo:

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA								
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
<b>0.150</b>	0.081	0.30	0.304	0.20	0.081	0.35	0.061	<b>0.141</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificacion		VALOR
P1	D1	
1	0.147	<b>0.147</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								
Preparación en contenido de riesgos de desastres		Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres		Postura ante el riesgo		Planes de propagación		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
<b>0.250</b>	0.261	0.250	0.283	0.250	0.165	0.250	0.159	<b>0.217</b>

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA	DIMENSION SOCIAL	VALOR
<b>0.60</b>	0.111	0.40
		0.182
		<b>0.139</b>

Cuadro 17. Estratificación de N.V en el R9

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparacion en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagacion: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

**K) RESERVORIO ONCE (R11)**

## i) Descripción:

- El Reservoirio Once (R11) se halla situado en la Av. Humboldt. Su configuración es de sección circular y es del tipo apoyado. Abastece a toda la parte baja de Cono Sur Entro en operación el año 2003

## ii) De la vista en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el componente: Reservoirio 11

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado de 0.081*

*A.I., con un peso ponderado de 0.304*

*E.S., con un peso ponderado 0.081*

*C.E., con un peso ponderado de 0.061*

*S.S., con un peso ponderado de 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de 0.147*

*P.C. con un peso ponderado de 0.261*

*C.O., con un peso ponderado de 0.283*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*

iii) Cálculo:

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FÍSICA								
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
0.150	0.081	0.30	0.304	0.20	0.081	0.35	0.061	<b>0.141</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificacion		VALOR
P1	D1	
1	0.147	<b>0.147</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								
Preparación en contenido de riesgos de desastres		Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres		Postura ante el riesgo		Planes de propagación		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
<b>0.250</b>	0.261	0.250	0.283	0.250	0.165	0.250	0.159	<b>0.217</b>

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
<b>0.60</b>	0.111	0.40	0.182	<b>0.139</b>

Cuadro 18. Estratificación de N.V en el R11

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagación: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

**L) RESERVORIO TRECE (R13)**

## i) Descripción:

- El Reservorio Trece (R13) se halla situado en la Av. Humboldt. Posee una sección circular y es del tipo apoyado. Sirve de apoyo al reservorio R-11

ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente: *Reservorio 13*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado de 0.081*

*A.I., con un peso ponderado de 0.304*

*E.S., con un peso ponderado 0.081*

*C.E., con un peso ponderado de 0.061*

*S.S., con un peso ponderado de 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de 0.147*

*P.C. con un peso ponderado de 0.261*

*C.O., con un peso ponderado de 0.283*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*



## iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA								
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
<b>0.150</b>	0.081	0.30	0.304	0.20	0.081	0.35	0.061	<b>0.141</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificación		VALOR
P1	D1	
1	0.147	<b>0.147</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								
Preparación en contenido de riesgos de desastres		Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres		Postura ante el riesgo		Planes de propagación		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
<b>0.250</b>	0.261	0.250	0.283	0.250	0.165	0.250	0.159	<b>0.217</b>

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA	DIMENSION SOCIAL	VALOR
<b>0.60</b>	0.111	0.40
		0.182
		<b>0.139</b>

Cuadro 19. Estratificación de N.V en el R13

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservoirio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagación: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

**M) RESERVORIO QUINCE (R15)**

## i) Descripción:

- El Reservorio Quince (R15) se halla situado en la parte baja del cerro Arunta para abastecer al Sector de Viñani. Su configuración estructural es de sección circular y es del tipo apoyado. Entro en ejecucion el año 2010

ii) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente: *Reservorio 15*

*Por lo que se selecciona el descriptor:*

*E.C., con un peso ponderado de 0.081*

*A.I., con un peso ponderado de 0.304*

*E.S., con un peso ponderado 0.081*

*C.E., con un peso ponderado de 0.061*

*S.S., con un peso ponderado de 0.081*

*N.P., con un peso ponderado de 0.147*

*P.C. con un peso ponderado de 0.261*

*C.O., con un peso ponderado de 0.283*

*P.A., con un peso ponderado de 0.165*

*P.P con un peso ponderado de 0.159*

## iii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA								
Estado de Conservación		Antigüedad infraestructura		Estado del suelo		Configuración estructural		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
<b>0.150</b>	0.081	0.30	0.304	0.20	0.081	0.35	0.061	<b>0.141</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Sostenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.081	<b>0.081</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Planificación		VALOR
P1	D1	
1	0.147	<b>0.147</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								
Preparación en contenido de riesgos de desastres		Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres		Postura ante el riesgo		Planes de propagación		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
<b>0.250</b>	0.261	0.250	0.283	0.250	0.165	0.250	0.159	<b>0.217</b>

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
<b>0.60</b>	0.111	0.40	0.182	<b>0.139</b>

Cuadro 20. Estratificación de N.V en el R15

N.V	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Estado de suelo: Muy malo. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: nunca. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de Desastres: Siempre ocurre. Postura ante el riesgo: Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	$0.272 \leq V < 0.461$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con pórticos de C° A. Estado del suelo: malo. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 5 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Malo. Postura ante el riesgo: Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad. Planes de propagación: insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de riesgos de desastres: Cada 3 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo. Planes de propagación: propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	$0.077 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Preparación en contenido de desastres: Cada 2 años. Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres: Regular. Postura ante el riesgo: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.. Planes de propagación: propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	$0.038 \leq V < 0.077$

Fuente: Elaboración propia

## N) MUROS DE CONTENCION

### 1. Determinación de Niveles de vulnerabilidad

- Cálculo de la vulnerabilidad FÍSICA

FRAGILIDAD FÍSICA					
Parámetro	V.P	Parámetro	V.P	Parámetro	V.P
<b>Estado de Conservación (E.C)</b>	0.2	<b>Estado del Muro (E.M)</b>	0.3	<b>Ubicación Adecuada (U.A)</b>	0.5
<i>Muy malo</i>	0.473	<i>Humedad en Base de Los Muros</i>	0.426	<i>Muy malo</i>	0.483
<i>Malo</i>	0.264	<i>Grietas atraviesan muros</i>	0.304	<i>Malo</i>	0.262
<i>Regular</i>	0.145	<i>Grietas Superficiales Moderadas</i>	0.163	<i>Regular</i>	0.156
<i>Bueno</i>	0.081	<i>Grietas Superficiales Leves</i>	0.071	<i>Bueno</i>	0.061
<i>Muy bueno</i>	0.037	<i>Buen Estado</i>	0.036	<i>Muy bueno</i>	0.038

### RESILIENCIA FÍSICA

Parámetro	V.P
<b>Mantenimiento del sistema</b>	1
<i>Muy malo</i>	0.473
<i>Malo</i>	0.264
<i>Regular</i>	0.145
<i>Bueno</i>	0.081
<i>Muy bueno</i>	0.037

## - Calculo de la vulnerabilidad SOCIAL

FRAGILIDAD SOCIAL	
Parámetro	V.P
<b>Nivel de Organización</b>	1
<i>Muy deficiente</i>	0.445
<i>Deficiente</i>	0.289
<i>Regular</i>	0.147
<i>Bue no</i>	0.081
<i>Muy bueno</i>	0.038

RESILIENCIA SOCIAL							
Parámetro	V.P	Parámetro	V.P	Parámetro	V.P	Parámetro	V.P
<b>Capacitación en temas de riesgos de Desastre (Ca.D.)</b>	0.25	<b>Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres (Co.D)</b>	0.25	<b>Actitud frente al riesgo (A.F)</b>	0.25	<b>Campaña de Difusión (C.D.)</b>	0.25
<i>Nunca</i>	0.460	<i>Muy malo</i>	0.462	<i>Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población</i>	0.455	<i>No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgos para la población local</i>	0.460
<i>Cada 5 años</i>	0.261	<i>Malo</i>	0.263	<i>Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población.</i>	0.265	<i>Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.</i>	0.260
<i>Cada 3 años</i>	0.162	<i>Regular</i>	0.163	<i>Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo</i>	0.165	<i>Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población</i>	0.159
<i>Cada 2 años</i>	0.078	<i>Bueno</i>	0.070	<i>Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo e implemento escasas medidas para prevenir el riesgo</i>	0.071	<i>Difusión masiva y frecuente en diversos medios d comunicación sobre temas de gestión de riesgos existiendo el conocimiento total de la población</i>	0.072
<i>1 vez por año</i>	0.039	<i>Muy bueno</i>	0.042	<i>Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo.</i>	0.044	<i>Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento y participación total de la población y autoridades.</i>	0.048



2. Determinación de los niveles de vulnerabilidad del componente: MURO DE CONTENCIÓN, del sistema de abastecimiento de agua potable

PESO DE IMPORTANCIA		
0.6	0.4	
VULNERABILIDAD FISICA	VULNERABILIDAD SOCIAL	VALOR DE LA VULNERABILIDAD
0.468	0.452	0.462
0.270	0.276	0.272
0.150	0.155	0.152
0.075	0.077	0.075
0.037	0.041	0.039

Por Componente del SAAP	
Nivel de Vulnerabilidad	Rango
<b>VMA</b>	$0.272 \leq V < 0.462$
<b>VA</b>	$0.152 \leq V < 0.272$
<b>VM</b>	$0.075 \leq V < 0.152$
<b>VB</b>	$0.039 \leq V < 0.075$

i) De la visita en campo y la información brindada por la Entidad podemos determinar para el Componente: *Muro de Contención*

Por lo que se selecciona el descriptor:

*E.C.*, con un peso ponderado *Muy Malo* = 0.473

*E.M.*, con un peso ponderado *Grietas Atraviesan Muros* = 0.304

*U.A.*, con un peso ponderado *MALO* = 0.262

*Ca. D.*, con un peso ponderado *1 vez por año* = 0.460

*Co. D.*, con un peso ponderado *REGULAR* = 0.163

*A.F.*, con un peso ponderado *Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo* = 0.165

*C.D.*, con un peso ponderado *Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.* = 0.260

## ii) Cálculo

Se obtendrá el valor de la fragilidad Física

FRAGILIDAD FISICA						
Estado de Conservación		Estado de Muro		Ubicación Adecuada		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	
<b>0.150</b>	0.473	0.30	0.304	0.20	0.262	0.081

Se obtendrá el valor de la resiliencia física

RESILIENCIA FISICA		
Mantenimiento del Sistema		VALOR
P1	D1	
1	0.145	<b>0.145</b>

Se obtendrá e valor de la fragilidad social

FRAGILIDAD SOCIAL		
Nivel de Organización		VALOR
P1	D1	
1	0.145	<b>0.147</b>

Se obtendrá el valor de la resiliencia social

RESILIENCIA SOCIAL								
Preparación en contenido de riesgos de desastres		Consciencia acerca de la ocurrencia anterior de desastres		Postura ante el riesgo		Planes de propagación		VALOR
P1	D1	P2	D2	P3	D3	P4	D4	
<b>0.250</b>	0.460	0.250	0.163	0.250	0.165	0.250	0.260	0.262

Teniendo ya completa la dimensión física y social se tendrá el valor de la vulnerabilidad del componente:

DIMENSION FISICA		DIMENSION SOCIAL		VALOR
<b>0.60</b>	0.179	0.40	0.276	0.218

Cuadro 21. Estratificación de N.V en el muro de contención

N.V.	DETALLES	RANGO
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado del muro: Humedad en la base de muros. Ubicación Adecuada: Muy mala. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Capacitación en temas de riesgos: nunca. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Muy malo. Actitud frente al riesgo: actitud fatalista conformista y con desidia de la mayoría de la población. Campaña de Difusión: No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgos para la población local	$0.272 \leq V < 0.462$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado del muro: Grietas atraviesan los muros. Ubicación Adecuada: Mala. Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Capacitación en temas de riesgos: Cada 5 años. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Malo. Actitud frente al riesgo: Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población. Campaña de Difusión: Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.	$0.152 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado del muro: Grietas superficiales moderadas en los muros. Ubicación Adecuada: Regular. Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Capacitación en temas de riesgos: Cada 3 años. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Regular. Actitud frente al riesgo: Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo. Campaña de Difusión: Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.	$0.075 \leq V < 0.152$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado del muro Grietas Superficialmente Leves. Ubicación Adecuada: Buena. Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Capacitación en temas de riesgos: Cada 3 años. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Regular. Actitud frente al riesgo: Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo. Campaña de Difusión: Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.	$0.039 \leq V < 0.075$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Tabla resumen

DESCRIPCIÓN	Zona	VULNERABILIDAD FÍSICA	VULNERABILIDAD SOCIAL	VULNERABILIDAD PONDERADA	VULNERABILIDAD PÓR ZONA
Reservorio 1	I	0.730	0.153	0.165	
Reservorio 2	I	0.149	0.291	0.206	
Reservorio 3	I	0.149	0.220	0.177	0.167
PT - CA	I	0.137	0.095	0.120	
Reservorio 4	II	0.118	0.800	0.103	
Reservorio 7	II	0.127	0.080	0.108	0.114
Reservorio 8	II	0.118	0.080	0.103	
PT - AL	II	0.168	0.107	0.143	
Reservorio 10	III	0.131	0.263	0.184	
Reservorio 14	III	0.131	0.263	0.184	0.184
Reservorio 9	IV	0.111	0.182	0.139	
Reservorio 11	IV	0.111	0.182	0.139	
Reservorio 13	IV	0.111	0.182	0.139	
Reservorio 15	IV	0.111	0.182	0.139	0.155
Muro de contención (Conosur)	IV	0.1074	0.1104	0.218	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO

El evaluar el riesgo es vincular el peligro y la vulnerabilidad con el propósito de hallar los niveles de riesgo frente a un definido peligro que estará expuesto en el SAAP para este caso.

Es el grupo de acciones y métodos para el reconocimiento de los peligros y análisis de vulnerabilidad de elementos expuestos con el propósito de encontrar el riesgo (probabilidad de pérdidas de vidas humanas, daños en la infraestructura) de acuerdo a ello, se darán diferentes alternativas como medidas de prevención.

#### DETERMINACIÓN DE NIVELES DEL RIESGO

Los niveles de riesgo se obtienen multiplicando o relacionando los niveles de peligro con los niveles de vulnerabilidad del elemento expuesto.

De acuerdo a los peligros y vulnerabilidades obtenidas, así como la ubicación de los componentes en las diferentes zonas se empezará a evaluar el riesgo.

##### 4.4.1. Zona I

Tabla 41. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo

P M A	0.469	0.036	0.071	0.128	0.216
P A	0.270	0.021	0.041	0.073	0.124
P M	0.160	0.012	0.024	0.044	0.074
P B	0.068	0.005	0.010	0.018	0.031
		0.077	0.151	0.272	0.461
		VB	VM	VA	VM A

Fuente: CENEPRED

### A. Valor final del peligro

- Sismo: 0.198

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro alto

- Inundación: 0.108

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro medio

- Movimiento de masa (Huayco):0.133

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro medio.

### B. Valor final de la vulnerabilidad: 0.167

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de vulnerabilidad alta.

### C. Valor final del riesgo

- Sismo : De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto
- Inundación: De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto
- Movimiento de masa (Huayco): De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto.

*Tabla 42. Resumen de los niveles de riesgo*

DESCRIPCIÓN	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
Sismo	Alto	Alto	Alto
Inundación	Medio	Alto	Alto
Movimiento de masa (Huayco)	Medio	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2. Zona II

Tabla 43. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo en la zona II

P M A	0.469	0.036	0.071	0.128	0.216
P A	0.270	0.021	0.041	0.073	0.124
P M	0.160	0.012	0.024	0.044	0.074
P B	0.068	0.005	0.010	0.018	0.031
		0.077	0.151	0.272	0.461
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: CENEPRED

#### A. Valor final del peligro

- Sismo: 0.300

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro muy alto.

- Inundación: 0.119

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro medio.

- Movimiento de masa (Huayco) :0.225

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro alto.

#### B. Valor final de la vulnerabilidad: 0.114

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de vulnerabilidad media.

#### C. Valor final del riesgo

- Sismo : De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto
- Inundación: De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo medio
- Movimiento de masa (Huayco) : De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto.

Tabla 44. Resumen de los niveles de riesgo

DESCRIPCIÓN	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
Sismo	Muy alto	Alto	Muy alto
Inundación	Medio	Medio	Medio
Movimiento de masa (Huayco)	Alto	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3. Zona III

Tabla 45. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo en la zona III

P M A	0.469	0.036	0.071	0.128	0.174
P A	0.270	0.021	0.041	0.073	0.100
P M	0.160	0.012	0.024	0.044	0.059
P B	0.068	0.005	0.010	0.018	0.025
		0.077	0.151	0.272	0.371
		VB	VM	VA	VM A

Fuente : CENEPRED

#### A. Valor final del peligro

- Sismo: 0.313

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro muy alto

- Inundación: 0.106

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro medio.

- Movimiento de masa (Huayco) :0.131

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro medio.

#### B. Valor final de la vulnerabilidad: 0.184

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de vulnerabilidad alta.



### C. Valor final del riesgo

- Sismo :

De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo muy alto.

- Inundación:

De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto.

- Movimiento de masa (Huayco) :

De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto.

Tabla 46. Resumen de los niveles de riesgo en la zona III

DESCRIPCIÓN	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
Sismo	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Inundación	Medio	Alto	Alto
Movimiento de masa (Huayco)	Medio	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4. Zona IV

Tabla 47. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo en la zona IV

P M A	0.469	0.036	0.071	0.128	0.174
P A	0.270	0.021	0.041	0.073	0.100
P M	0.160	0.012	0.024	0.044	0.059
P B	0.068	0.005	0.010	0.018	0.025
		0.077	0.151	0.272	0.371
		VB	VM	VA	VM A

Fuente : CENEPRED

### A. Valor final del peligro

- Sismo: 0.198

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro alto.

- Inundación: 0.111

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro medio.

- Movimiento de masa (Huayco) :0.083

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de peligro medio.

### **B. Valor final de la vulnerabilidad : 0.155**

De acuerdo a la matriz de riesgos este se encuentra en un nivel de vulnerabilidad alta.

### **C. Valor final del riesgo**

- Sismo :

De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto .

- Inundación:

De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto.

- Movimiento de masa (Huayco) :

De acuerdo a la matriz de riesgo obtenemos un riesgo alto.

*Tabla 48. Resumen de los niveles de riesgo en la zona IV*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PELIGRO</b>	<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>RIESGO</b>
Sismo	Alto	Alto	Alto
Inundación	Medio	Alto	Alto
Movimiento de masa (Huayco)	Medio	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO V: DISCUSIÓN**

### **5.1 PELIGROSIDAD**

Al seleccionar según los últimos eventos sucedidos en Tacna, se evaluaron los peligros que más podrían afectar a la ciudad entre ellos tenemos los sismos, debido a que Tacna está ubicada en una zona de alto riesgo sísmico como consecuencia del fenómeno de subducción de la placa de Nazca y Sudamericana, a través de los años han tenido notables consecuencias entre sus habitantes, así mismo desde el año de 1868 que obtuvo una intensidad de XI en escala de Mercalli, no se ha experimentado sismos comparables , este periodo de más de 100 años es considerado como el silencio sísmico o brecha sísmica, cuya recurrencia o probabilidad de retorno podría ser similar al del año 1868, no obstante en la actualidad el peligro sísmico es mayor por la sencilla razón que en la ciudad se cuenta con mayor población y obras civiles de gran importancia.

Para realizar la evaluación del peligro del sismo nos basamos en los hechos ocurridos a los largo de nuestra historia, así mismo al seleccionar los diferentes parámetros, se tuvo en cuenta la información dada por el IGP ( Instituto Geofísico del Perú) , así como INDECI ( Instituto Nacional de Defensa Civil ) y SIGRID (Sistema de Información para la gestión del Riesgo de Desastres) para obtener los datos sobre la magnitud, intensidad y aceleración natural del suelo, que puede tener un sismo en la ciudad de Tacna, por otro lado para obtener la susceptibilidad nos basamos en el tipo de suelo, el relieve y el perfil del suelo teniendo en cuenta que parte de la información obtenida es de la norma E030, así como el relieve y el tipo de zona en la que nos encontramos, del mismo modo parte de la información es dada por expedientes y estudio de suelos de Municipalidades.

Así mismo se analizó el peligro de inundación ante la ocurrencia del fenómeno del niño se determinó que elementos estarían expuestos a este peligro, ya que la temporada de lluvias en nuestro país se desarrolla durante los meses de setiembre a mayo , siendo las más intensas durante los meses de verano, la información se obtuvo por instituciones científicas y técnicas como SENAMHI, INGEMMET, INEI, INDECI, posteriormente se identificó y caracterizó el fenómeno de acuerdo a las zonas en las cuales se trabajó teniendo frecuencia durante los eventos del niño. Asimismo se identificó los niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de inundaciones considerando los diferentes escenarios.

Ante la presencia de lluvias y probabilidad de ingreso de huaycos del mismo modo se analizó el peligro de movimiento de masas en Tacna ya que se localiza en su mayor parte en depósitos aluviales del Río Caplina, es así que en los últimos años, Tacna ha crecido considerablemente, existiendo poblaciones en antiguos terrenos de cultivo y laderas de cerro, de características diferentes al centro de la ciudad, se tomó en cuenta la pendiente, textura del suelo, erosión y velocidad de desplazamiento teniendo en cuenta los antecedentes de la zona y para la susceptibilidad se tuvo en consideración el relieve, tipo de suelo, cobertura vegetal y uso actual de suelos.

## **5.2 VULNERABILIDAD**

Para evaluar la vulnerabilidad tuvimos que tener en cuenta los elementos expuestos ya sean reservorios, planta de tratamiento y sistemas que indirectamente se vean afectados, posteriormente se analizaron sus características físicas, como ubicación, uso, materiales, años de antigüedad así mismo sus características sociales ya sea la población, su resiliencia y su fragilidad.

Una vez hallado los elementos expuestos y sus características se tuvo en cuenta lo visto en campo y la información obtenida por las respectivas entidades y en último lugar se halló la vulnerabilidad.

## **5.3 RIESGO**

Al obtener los niveles de peligrosidad de los peligros antes mencionados (Sismo, inundación y movimiento de masa) a la que está expuesta los sistemas de agua potable de la ciudad de Tacna y al obtener el análisis de vulnerabilidad (física y social), se procede a un análisis conjunta para determinar el nivel del riesgo (R), es decir evaluar la probabilidad de pérdidas y los daños esperados en dicha infraestructura ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural.

Para determinar el nivel del riesgo corresponde a un evaluación de parámetros de datos teóricos, empíricos y antecedentes con respecto a los peligros que se originan en el sistema de abastecimiento de la ciudad para determinar la fuerza e intensidad con el cual se presente, así como los análisis de los factores de las vulnerabilidad.

Para identificar las zonas de riesgo potencialmente significativa, se determinó con un criterio descriptivo, usando de una matriz de doble entrada para lo cual se requiere previamente determinado los niveles de ocurrencia de la peligrosidad y el análisis de

vulnerabilidad. Con la obtención de ambos resultados, se interrelaciona dichos valores, por un extremo (vertical) el nivel de la peligrosidad; y por otro extremo (horizontal) el nivel de vulnerabilidad en donde la intersección de los valores podrá determinar el nivel de riesgo esperado por peligro.

## **5.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN**

### **5.4.1 De orden estructural:**

- Es recomendable realizar estudios para un adecuado desarrollo urbano, para que exista un adecuado crecimiento el cual debe ser ordenado, equilibrado y equitativo del poblado con los sistemas de abastecimiento.
- Se deberán realizar estudios y trabajos para mejorar el encauzamiento de los ríos en las Zonas I y IV para evitar desbordes, el mismo que debe contar sistemas de confinamiento como muros de contención.
- Los administradores de los sistemas de agua potable deberán realizar anualmente una evaluación de los sistemas estructurales correspondientes para contar con planes de manteamiento.

### **5.4.2 De orden no estructural:**

- Actualización de los estudios y datos estadísticos de los fenómenos naturales que se presentan en la ciudad de Tacna.
- Determinar los factores urbanísticos para uniformizar los criterios en los procesos constructivos cerca de las zonas de abastecimiento.
- Los Gobiernos Locales, deberán erradicar los animales domésticos que son criados alrededor de los sistemas de abastecimiento para evitar contaminaciones.

## CONCLUSIONES

- Es necesario tener en cuenta lo fatal que resulta pasar días o semanas sin un recurso como el agua, debido a las fallas en los SAAP, es por eso que deben estar protegidas contra estos fenómenos naturales ya sean sismos, inundaciones y deslizamientos, para de ese modo minimizar los daños que podrían ocasionarse.
- De acuerdo a nuestra ubicación estamos en una zona donde la velocidad del suelo y la intensidad sísmica causa desplazamiento lateral tanto en terrenos planos como inclinados ocasionando daños en las plantas de tratamiento.
- Se identificó los peligros que se presentan en las cuatro zonas de estudio basado en los estudios y antecedente siendo estos el sismo, inundación y movimiento de masas.
- En los SAAP , en caso del peligro del sismo en los muros de los reservorios pueden sufrir fisuras y rajaduras, además es necesario tener un mantenimiento adecuado de los techos de este componente, un claro ejemplo es el R4 puesto que tiene una antigüedad de más de 80 años
- En los SAAP, en las plantas de tratamiento en caso de sismo los equipos pueden sufrir daños, ya que se tienen reactivos, además en el ambiente de clorinación se debe tener sumo cuidado en caso de que exista un posible fuga.
- En cuanto al peligro del sismo se obtuvo que la peligrosos en las cuatro zonas fue:

<b>Zonas de estudio</b>	<b>Peligrosidad</b>
Zona I	Alto
Zona II	Muy Alto
Zona III	Muy Alto
Zona IV	Alto

- En cuanto al peligro de la inundación se obtuvo que la peligrosos en las cuatro zonas fue:

<b>Zonas de estudio</b>	<b>Peligrosidad</b>
Zona I	Medio
Zona II	Medio
Zona III	Medio
Zona IV	Medio

- En cuanto al peligro de moviendo de masa se obtuvo que la peligrosos en las cuatro zonas fue:

<b>Zonas de estudio</b>	<b>Peligrosidad</b>
Zona I	Medio
Zona II	Alto
Zona III	Medio
Zona IV	Medio

- Se trabajó solo con el análisis de las vulnerabilidades físicas y sociales, basándonos en que esta evalúa la infraestructura de los sistemas y a las personas que se afectan.
- El análisis de la vulnerabilidad se obtuvo un nivel alto
- En cuanto a la estimación del riesgo para la vulnerabilidad ante el sismo se obtuvo que:

<b>Zonas de estudio</b>	<b>Peligrosidad</b>
Zona I	Alto
Zona II	Alto
Zona III	Muy Alto
Zona IV	Alto

- En cuanto a la estimación del riesgo para la vulnerabilidad de la inundación se obtuvo que

<b>Zonas de estudio</b>	<b>Peligrosidad</b>
Zona I	Alto
Zona II	Medio
Zona III	Alto
Zona IV	Alto

- En cuanto a la estimación del riesgo para el peligro de movimiento de masas de obtuvo que

<b>Zonas de estudio</b>	<b>Peligrosidad</b>
Zona I	Alto
Zona II	Alto
Zona III	Alto
Zona IV	Alto

- La Zona II y IV d estudio (Captación y Cono Sur) presentan niveles de riesgo más alto frente a los tres peligros más recurrentes en la ciudad de Tacna



## RECOMENDACIONES

- A la Municipalidad Provincial de Tacna, es de vital importancia tener en cuenta que iniciado el proceso de deslizamiento en una pendiente inestable, es difícil y costoso controlarlo, es necesario efectuar un buen estudio geológico, hidráulico y geotécnico del terreno donde se encuentran ubicado los SAAP.
  
- A la Entidad Prestadora de Servicios, es necesario realizar una inspección cuidadosa de los sistemas de desagües domiciliarios, puesto que las fallas incrementan las filtraciones de agua y la velocidad de los movimientos de masa (huayco). Así mismo, implementar un plan de mantenimiento de los SAAP frente a estos peligros teniendo en cuenta que la población se encuentra muy cerca de la zona.  
De igual manera, contar con un plan de contingencia por parte de las autoridades y poblaciones en general que permita atender a la población durante una emergencia.
  
- Al gobierno regional u otra entidad, tener en conocimiento que el nivel del riesgo en zonas con suelos inestables son las más vulnerables ante el peligro, es por eso que es necesario realizar charlas de concientización a los diferentes distritos minimizando el riesgo.
  
- Al Sistema Nacional de Gestión del riesgo del Desastre, es de suma importancia que los fenómenos y hechos ocurridos en la ciudad de Tacna, estén actualizados para las futuras investigaciones.
  
- Mantener al tanto al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, puesto que la invasión de nuevos sectores en zonas vulnerables ponen en riesgo a la población.
  
- Se recomienda que, para la construcción de viviendas, la población debe tener en cuenta que debe ser asesorada por un profesional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Guía práctica para la reducción de desastres en sistemas de agua y alcantarillado causados por terremotos, tsunamis, inundaciones y deslizamientos*, 2017. Julio Kuroiwa Horiuchi, CAPECO.
- *Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo del Desastre (CENEPRED), 2015. Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 2da versión.*
- *GRY – Gobierno Regional de Yungay. 2017. Informe de evaluación de riesgos por lluvias intensas en el sector C Sur del Distrito de Quillo, Provincia de Yungay, Departamento de Ancash.*
- *Resolución N° 050 – 2018 - CENEPRED/J. Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de Abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, 2018.*
- *GRC – Gobierno Regional Del Callao, Informe De Evaluación De Riesgos por Sismos, Derrumbes Incendios Urbanos del AA.HH 12 de diciembre – ventanilla, 2016.*
- *Ministerio del Ambiente, 2016. Estudio para la Identificación de condiciones de Riesgo de Desastres y Vulnerables al cambio climático en la región Tacna.*
- *Instituto Nacional de Defensa Civil – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (INDECI – PNUD) ,2011. Ciudades Sostenibles, Mapa de peligros de la Ciudad de Tacna.*
- *Empresa prestadora de servicios (EPS), 2013. Plan maestro optimizado EPS – Tacna y tratamiento de agua y alcantarillado.*
- *Perú, Gestión de Riesgo de Desastres en Empresas de Agua y Saneamiento, 2012.*

- *Resolución N° 087 – 2016 – CENEPRED/J. GUIA INFORME PRELIMINAR DE RIESGOS.*
- *Blanca R. Arias, Diana M, Bejarano y Carlos A. Zafra. 2014. Mapa de Riesgos para la calidad del agua en Sistemas de Abastecimientos municipales, Colombia.*
- *Cesar Manzur Salomón, 2002. Gestión del Riesgo en los Sistemas de Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento, Universidad Nacional de Ingeniería, UNI.*
- *Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Cusco, Herramienta para Integrar la Reducción del Riesgo de Desastres en proyectos de Agua y Saneamiento rural, 2011.*
- *Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), Gobierno de Estado de Chiapas, Plan de seguridad del Sistema de Abastecimiento de Agua para la cabecera Municipal de Tzimol, Chiapas, México.*
- *Prevención de Desastres, Sostenibilidad de los Servicios de Agua potable y Saneamiento frente a Desastres Naturales.*
- *Análisis de Vulnerabilidad de Sistemas de Abastecimiento de agua, 2000.*
- *Instituto Nacional de Defensa Civil – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (INDECI – PNUD – PER 02/51), 2007. Programa de Prevención y medidas de Mitigación ante Desastres de la ciudad de Tacna.*
- *Programa de Reducción de Desastres para el Desarrollo Sostenible en las Ciudades de Piura( Perú) y Machala Ecuador – segunda fase plan de gestión del Riesgo de Desastres de Ciudad de Piura, 2011.*
- *Instituto Nacional de Defensa Civil, (INDECI), 2017. Dirección de Políticas, planes y Evaluación, boletín estadístico virtual de la gestión reactiva.*
- *WILFREDO ANTONIO CANO ZAMORA, 2006. Análisis de Vulnerabilidad del Sistema de Agua potable de Santa Catarina Pínula, Guatemala.*

- *Edgar Chura Arocutipa, 2012. Evaluación y Propuesta de un plan de gestión de riesgo de origen sísmico en el distrito de Ciudad Nueva – Tacna.*

# **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

Planteamiento del problema	Hipótesis	Objetivos	Variables	Indicadores
<p><b>P.G.:</b> ¿Es posible evaluar el riesgo de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna permitiendo establecer medidas de prevención frente a desastres naturales ?</p> <p><b>P.E.1:</b> ¿De qué manera se puede identificar los peligros naturales en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna?</p> <p><b>P.E.2:</b> ¿De qué manera se puede identificar la vulnerabilidad en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna?</p> <p><b>P.E.3:</b> ¿Es posible determinar el nivel del riesgo para establecer las medidas de control en los sistemas de agua potable en la ciudad de Tacna?</p>	<p><b>H.G.:</b> Con la evaluación del riesgo de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna se establece medidas de prevención frente a desastres naturales.</p> <p><b>H.E.1:</b> Al identificar los peligros naturales en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable se tiene una adecuada evaluación del riesgo.</p> <p><b>H.E.2:</b> Al identificar la vulnerabilidad en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna, disminuye las debilidades de operación.</p> <p><b>H.E.3 :</b> Al determinar el nivel del riesgo de los sistemas de agua potable en la ciudad de Tacna se establece medidas de control adecuados.</p>	<p><b>O.G.:</b> Evaluar el riesgo de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna para establecer medidas de prevención frente a desastres naturales.</p> <p><b>O.E.1:</b> Identificar y ponderar los peligros naturales en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.</p> <p><b>O.E.2:</b> Identificar y ponderar la vulnerabilidad en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.</p> <p><b>O.E.3:</b> Determinar el nivel del riesgo para establecer las medidas de control en los sistemas de agua potable en la ciudad de Tacna.</p>	<p><b>V.I. :</b> Evaluación del riesgo</p> <p><b>V.D.:</b> Infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recurrencia de los fenómenos naturales</li> <li>- Antigüedad</li> <li>- Población</li> <li>- Estudios geotécnicos.</li> <li>- Desastres naturales en zona</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Clima</li> <li>- Calidad</li> <li>-Zonas más vulnerables.</li> <li>- Mantenimiento</li> </ul>

## **PLAN DE ACCIONES DE EMERGENCIA**

La ciudad de Tacna y sus distritos, cuya población supera los 320,000 habitantes, a la fecha (Dic. 2018) se abastecen con aguas superficiales del canal Caplina 100 lt/seg. y del canal Uchusuma 400 lt/seg. y aguas subterráneas de los pozos del sector Sobraya 30 lt/seg. y Viñani 170 lt/seg., totalizando 700 lt/seg., siendo la demanda de acuerdo a los Estudios de Plan Maestro de la entidad de 980 lt/seg., el déficit es de aproximadamente de 280 lt/seg.

### **EFFECTOS EN CASO DE MOVIMIENTO DE MASA ( HUAYCO) :**

- Desabastecimiento de agua potable a la población ocasionando cortes de agua parciales y/o totales por obstrucción de las bocatomas de Challata y Chuschuco, originando.
- Incremento del mantenimiento de los reservorios es decir lavado del SAAP de la entidad, además de utilización de insumos químicos.
- Aumento de reclamos por falta de agua y calidad.

### **ACCIONES A REALIZAR**

- Encausamiento y/o limpieza del cauce del río aguas arriba de las bocatomas de Challata y Chuschuco.
- Reforzar los puestos de vigilancia de las bocatomas de Chuschuco y Challata – Calientes, con personal, mantener un equipo de comunicación, herramientas, combustible y otros en caso sea necesario.
- Reforzamiento y mantenimiento permanente durante el periodo de lluvias de las compuertas de captación, de las rejillas de captación y de las compuertas de lavado de desarenadores de Chuschuco y Challata - Calientes.
- Establecer en la población de alto riesgo un sistema de vigilancia y alerta (puede ser campana, trompeta, megáfono o silbato).
- En épocas de avenida, tener costales llenos de arena junto a las viviendas para evitar inundaciones.

## **EFFECTOS EN CASO DE SISMO :**

- En el reservorio 3 ubicado en el Parque Perú se agrietaría las paredes del reservorio.
- En el reservorio 4 , ubicado en la Planta Alto Lima se fisuraría las paredes del reservorio debido a su antigüedad.
- En la Planta de tratamiento de Calana ocurriría daños en la infraestructura, afectando la producción de agua potable.
- El sistema de bombeo en los pozos Sobraya serían paralizados.

## **ACCIONES A REALIZAR**

- En caso de sismo se deberá tocar la sirena de la Cía. de Bomberos, repique de campanas, bocinas, timbres, etc., ponerse a salvaguardo en zonas de seguridad internas, mantener el orden y la calma, evacuar hacia las zonas de seguridad externas.
- Será necesario cerrar las válvulas de salida de todos los reservorios, de ese modo paralizando los equipos de bombeo en los pozos y las estaciones de bombeo, tener al personal capacitado en caso no pueda efectuarse el cierre.
- Es de vital importancia la comunicación constante con todos los SAAP.
- Es útil disponer de reservorios portátiles es decir bolsas de agua en centros importantes de refugio.



## GALERÍA DE FOTOS



*Fotografía 1 : Infraestructura de la planta de Tratamiento de Calana.*



*Fotografía 2 : Defensa en las avenida Celestino Vargas.*



*Fotografía 3 : Obstrucción de la avenida Celestino Vargas, debido al huayco.*



*Fotografía 4 : Obstrucción de la avenida Celestino Vargas km 40.*



*Fotografía 5 : Obstrucción de la avenida Celestino Vargas km 40.*



*Fotografía 6 : Destrucción de la baranda del puente Peligro.*



*Fotografía 7 : Puente peligro*



*Fotografía 8 : Reservorio 4 ubicado en la planta de tratamiento de Alto Lima*



*Fotografía 9 : Inundación en el distrito de Ciudad Nueva debido al huayco.*



*Fotografía 10 : Reservorio 9*

## Calculo para la vulnerabilidad

### PARAMETROS DE LOS FACTORES DE FRAGILIDAD Y RESILIENCIA

#### ESTADO DE CONSERVACION

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

CRITERIOS	muy malo	malo	regular	bueno	muy bueno
muy malo	<b>1.00</b>	1	0.20	0.50	7.00
malo	1.00	<b>1.00</b>	0.33	0.50	2.00
regular	5.00	3.00	<b>1.00</b>	5.00	0.14
bueno	2.00	2.00	0.20	<b>1.00</b>	2.00
muy bueno	0.14	0.50	0.14	0.50	<b>1.00</b>
TOTAL	9.14	7.50	1.88	7.50	12.14

#### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	muy malo	malo	regular	bueno	muy bueno	Vector de priorización	%
muy malo	0.53	0.63	0.47	0.39	8.00	0.473	47.3%
malo	0.18	0.21	0.35	0.33	6.00	0.264	26.4%
regular	0.13	0.07	0.12	0.20	5.00	0.145	14.5%
bueno	0.09	0.04	0.04	0.07	4.00	0.081	8.1%
muy bueno	0.07	0.04	0.02	0.02	<b>1.00</b>	0.037	3.7%

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
1.00	3.00	4.00	6.00	8.00	0.47	2.63	5.56
0.33	1.00	3.00	5.00	6.00	0.26	1.48	5.62
0.25	0.33	1.00	3.00	5.00	0.15	0.78	5.37
0.17	0.20	0.33	1.00	4.00	0.08	0.41	5.09
0.13	0.20	0.17	0.25	1.00	0.04	0.19	5.19
							5.36

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.091
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.082

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	ESTADO DE CONSERVACION	PESO PONDERADO =	
DESCRIPTORES	1	muy malo	0.473
	2	malo	0.264
	3	regular	0.145
	4	bueno	0.081
	5	muy bueno	0.037

## ANTIGÜEDAD DE LA INFRAESTRUCTURA

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz.

CRITERIOS	> 40 años	15- 40 años	10 - 15 años	3 - 10 años	0 - 3 años
> 40 años	<b>1.00</b>	2	4.00	5.00	8.00
15- 40 años	0.50	<b>1.00</b>	3.00	6.00	7.00
10 - 15 años	0.25	0.33	<b>1.00</b>	4.00	6.00
3 - 10 años	0.20	0.17	0.25	<b>1.00</b>	3.00
0 - 3 años	0.13	0.14	0.17	0.33	<b>1.00</b>
TOTAL	2.08	3.64	8.42	16.33	25

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	> 40 años	15- 40 años	10 - 15 años	3 - 10 años	0 - 3 años	Vector de priorizacion	%
> 40 años	0.48	0.55	0.48	0.31	0.32	0.426	42.6%
15- 40 años	0.24	0.27	0.36	0.37	0.28	0.304	30.4%
10 - 15 años	0.12	0.09	0.12	0.24	0.24	0.163	16.3%
3 - 10 años	0.10	0.05	0.03	0.06	0.12	0.071	7.1%
0 - 3 años	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.036	3.6%

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
1.00	2.00	4.00	5.00	8.00	0.43	2.33	5.46



0.50	1.00	3.00	6.00	7.00	0.30	1.68	5.53
0.25	0.33	1.00	4.00	6.00	0.16	0.87	5.33
0.20	0.17	0.25	1.00	3.00	0.07	0.36	5.03
0.13	0.14	0.17	0.33	1.00	0.04	0.18	5.10
							5.29

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.073
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.065

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	ANTIGÜEDAD DE LA INFRAESTRUCTURA	PESO PONDERADO =	
DESCRIPTORES	1	> 50 años	0.430
	2	40 < x <50 años	0.304
	3	30 < x <40 años	0.163
	4	20 < x <30 años	0.071
	5	Menor a 20 años	0.036

### **CONFIGURACION ESTRUCTURAL**

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz.

CRITERIOS	A	B	C	D	E
A	<b>1.00</b>	3	5.00	6.00	8.00
B	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
C	0.20	0.33	<b>1.00</b>	4.00	6.00
D	0.17	0.20	0.25	<b>1.00</b>	2.00
E	0.13	0.14	0.17	0.50	<b>1.00</b>
TOTAL	1.83	4.68	9.42	16.50	24.00

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	A	B	C	D	E	Vector de priorizacion	%
A	0.55	0.64	0.53	0.36	0.33	0.483	48.3%
B	0.18	0.21	0.32	0.30	0.29	0.262	26.2%
C	0.11	0.07	0.11	0.24	0.25	0.156	15.6%
D	0.09	0.04	0.03	0.06	0.08	0.061	6.1%
E	0.07	0.03	0.02	0.03	0.04	0.038	3.8%

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

	Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
<b>1.00</b>	3	5.00	6.00	8.00	0.483	2.72	5.62	
0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	0.262	1.46	5.57	
0.20	0.33	<b>1.00</b>	4.00	6.00	0.156	0.81	5.20	
0.17	0.20	0.25	<b>1.00</b>	2.00	0.061	0.31	5.06	
0.13	0.14	0.17	0.50	<b>1.00</b>	0.038	0.19	5.09	

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.077
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.069

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	CONFIGURACION ESTRUCTURAL	PESO PONDERADO =
DESCRIPTORES	1 R. elevado soportado con pórtico < a 4 columnas	0.483
	2 R. elevado soportado con pórtico de C°A	0.262
	3 R. elevado soportado con fuste de C°A	0.158
	4 Apoyado	0.061
	5 Enterrado	0.038

A: R. elevado soportado con pórtico < a 4 columnas

B: R. elevado soportado con pórtico de C°A

C: R. elevado soportado con fuste de C°A

D: Apoyado

E: Enterrado

### **ESTADO DEL SUELO**

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

CRITERIOS	muy malo	malo	regular	bueno	muy bueno
muy malo	1.00	1	0.20	0.50	7.00
malo	1.00	1.00	0.33	0.50	2.00
regular	5.00	3.00	1.00	5.00	0.14
bueno	2.00	2.00	0.20	1.00	2.00
muy bueno	0.14	0.50	0.14	0.50	1.00
TOTAL	9.14	7.50	1.88	7.50	12.14

#### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	muy malo	malo	regular	bueno	muy bueno	Vector de priorizacion	%
muy malo	0.53	0.63	0.47	0.39	8.00	0.473	47.3%
malo	0.18	0.21	0.35	0.33	6.00	0.264	26.4%
regular	0.13	0.07	0.12	0.20	5.00	0.145	14.5%
bueno	0.09	0.04	0.04	0.07	4.00	0.081	8.1%
muy bueno	0.07	0.04	0.02	0.02	<b>1.00</b>	0.037	3.7%

#### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
1.00	3.00	4.00	6.00	8.00	0.47	2.63	5.56

0.33	1.00	3.00	5.00	6.00	0.26	1.48	5.62
0.25	0.33	1.00	3.00	5.00	0.15	0.78	5.37
0.17	0.20	0.33	1.00	4.00	0.08	0.41	5.09
0.13	0.20	0.17	0.25	1.00	0.04	0.19	5.19
							5.36

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.091
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.082

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	ESTADO DEL SUELO	PESO PONDERADO =	
DESCRIPTORES	1	muy malo	0.473
	2	malo	0.264
	3	regular	0.145
	4	bueno	0.081
	5	muy bueno	0.037

## MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

CRITERIOS	muy malo	malo	regular	bueno	muy bueno
muy malo	1.00	3	4.00	6.00	8.00
malo	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
regular	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
bueno	0.17	0.20	0.33	1.00	4.00
muy bueno	0.13	0.20	0.17	0.25	1.00
TOTAL	1.88	4.73	8.50	15.25	24.00

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	muy malo	malo	regular	bueno	muy bueno	Vector de priorizacion	%
muy malo	0.53	0.63	0.47	0.39	0.33	0.473	47.3%
malo	0.18	0.21	0.35	0.33	0.25	0.264	26.4%
regular	0.13	0.07	0.12	0.20	0.21	0.145	14.5%
bueno	0.09	0.04	0.04	0.07	0.17	0.081	8.1%
muy bueno	0.07	0.04	0.02	0.02	0.04	0.037	3.7%

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
1.00	3	4.00	6.00	8.00	0.473	2.63	5.56
0.33	1.00	3.00	5.00	6.00	0.264	1.48	5.62
0.25	0.33	1.00	3.00	5.00	0.145	0.78	5.37
0.17	0.20	0.33	1.00	4.00	0.081	0.41	5.09
0.13	0.20	0.17	0.25	1.00	0.037	0.19	5.19
							5.36

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.091
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.082

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	SOSTENIMIENTO DEL SISTEMA	PESO PONDERADO =	
DESCRIPTORES	1	muy malo	0.473
	2	malo	0.264
	3	regular	0.145
	4	bueno	0.081
	5	muy bueno	0.037

## **NIVEL DE ORGANIZACION**

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

CRITERIOS	muy deficiente	deficiente	regular	bueno	muy bueno
muy deficiente	1.00	2	4.00	6.00	8.00
deficiente	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
regular	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
bueno	0.17	0.20	0.33	1.00	4.00
muy bueno	0.13	0.20	0.17	0.25	1.00
TOTAL	2.04	3.73	8.50	15.25	24.00

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	muy deficiente	deficiente	regular	bueno	muy bueno	Vector de priorizacion	%
muy deficiente	0.49	0.54	0.47	0.39	0.33	0.445	44.5%
deficiente	0.24	0.27	0.35	0.33	0.25	0.289	28.9%
regular	0.12	0.09	0.12	0.20	0.21	0.147	14.7%
bueno	0.08	0.05	0.04	0.07	0.17	0.081	8.1%
muy bueno	0.06	0.05	0.02	0.02	0.04	0.038	3.8%

### **Cálculo de relación de consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.



Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
1.00	2	4.00	6.00	8.00	0.445	2.41	5.41
0.50	1.00	3.00	5.00	6.00	0.289	1.59	5.50
0.25	0.33	1.00	3.00	5.00	0.147	0.79	5.38
0.17	0.20	0.33	1.00	4.00	0.081	0.42	5.12
0.13	0.20	0.17	0.25	1.00	0.038	0.20	5.11
							5.30

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.076
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.068

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	NIVEL DE PLANIFICACION	PESO PONDERADO =	
DESCRIPTORES	1	muy deficiente	0.445
	2	deficiente	0.289
	3	regular	0.147
	4	bueno	0.081
	5	muy bueno	0.038

## PREPARACION EN CONTENIDO RIESGOS DE DESASTRES

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

CRITERIOS	nunca	cada 5 años	cada 3 años	cada 2 años	1 vez por año
nunca	1.00	2	4.00	6.00	8.00
cada 5 años	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
cada 3 años	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
cada 2 años	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
1 vez por año	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
TOTAL	2.04	3.92	7.53	14.33	23.00

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	nunca	cada 5 años	cada 3 años	cada 2 años	1 vez por año	Vector de priorizacion	%
nunca	0.49	0.51	0.53	0.42	0.35	0.460	46.4%
cada 5 años	0.24	0.26	0.27	0.28	0.26	0.261	26.1%
cada 3 años	0.12	0.13	0.13	0.21	0.22	0.162	16.2%
cada 2 años	0.08	0.06	0.04	0.07	0.13	0.078	7.80%
1 vez por año	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.039	3.90%

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
1.00	2	4.00	6.00	8.00	0.460	2.41	5.25
0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	0.261	1.36	5.22
0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	0.162	0.84	5.18
0.17	0.25	0.33	1.00	3.00	0.078	0.39	5.03
0.13	0.17	0.20	0.33	1.00	0.039	0.20	5.04

5.14

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.036
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.032

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	PREPARACION EN CONTENIDO DE RIESGO DE DESASTRES	PESO PONDERADO =	
DESCRIPTORES	1	nunca	0.460
	2	cada 5 años	0.261
	3	cada 3 años	0.162
	4	cada 2 años	0.078
	5	1 vez por año	0.039

## **CONSCIENCIA ACERCA DE LA OCURRENCIA ANTERIOR DE DESASTRES**

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

CRITERIOS	siempre ocurre	1 - 3 años	4 - 9 años	mayor a 10 años	nunca ha pasado
Siempre ocurre	1.00	2	4.00	6.00	8.00
1 – 3 años	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
4 – 9 años	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Mayor a 10 años	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00
Nunca ha pasado	0.13	0.17	0.20	0.50	1.00
TOTAL	2.04	3.92	7.53	14.50	22.00

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	siempre ocurre	1 - 3 años	4 - 9 años	mayor a 10 años	nunca ha pasado	Vector de priorización	%
Siempre ocurre	0.49	0.51	0.53	0.41	0.36	0.462	46.2%
1 – 3 años	0.24	0.26	0.27	0.28	0.27	0.263	26.3%
4 – 9 años	0.12	0.13	0.13	0.21	0.23	0.163	16.2%
Mayor a 10 años	0.08	0.06	0.04	0.07	0.09	0.070	7.0%
Nunca ha pasado	0.06	0.04	0.03	0.03	0.05	0.042	4.20%

### **Cálculo de relación de consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
0.49	0.51	0.53	0.41	0.36	0.462	2.40	5.19
0.24	0.26	0.27	0.28	0.27	0.263	1.35	5.15
0.12	0.13	0.13	0.21	0.23	0.163	0.83	5.08
0.08	0.06	0.04	0.07	0.09	0.070	0.35	5.02
0.06	0.04	0.03	0.03	0.05	0.042	0.21	5.02
							5.09

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.023
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.021

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguaron y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

DESCRIPTORES	PARÁMETRO	CONSCIENCIA ACERCA DE LA ORURRENCIA ANTERIOR DE DESASTRES	PESO PONDERADO =
	1	Muy mala	0.462
2	Mala	0.263	
3	Regular	0.163	
4	Bueno	0.070	
5	Muy bueno	0.042	

## POSTURA ANTE EL RIESGO

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

CRITERIOS	A	B	C	D	E
A	1.00	2	4.00	6.00	7.00
B	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
C	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
D	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00
E	0.14	0.17	0.20	0.50	1.00
TOTAL	2.06	3.92	7.53	14.50	21.00

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	A	B	C	D	E	Vector de priorizacion	%
A	0.49	0.51	0.53	0.41	0.33	0.455	45.5%
B	0.24	0.26	0.27	0.28	0.29	0.265	26.5%
C	0.12	0.13	0.13	0.21	0.24	0.165	16.5%
D	0.08	0.06	0.04	0.07	0.10	0.071	7.1%
E	0.07	0.04	0.03	0.03	0.05	0.044	4.40%

### Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
1.00	2	4.00	6.00	7.00	0.455	2.38	5.23
0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	0.265	1.37	5.17
0.25	0.50	1.00	3.00	5.00	0.165	0.84	5.10
0.17	0.25	0.33	1.00	2.00	0.071	0.36	5.04
0.14	0.17	0.20	0.50	1.00	0.044	0.22	5.02
							5.11

Índice de consistencia	$IC=(n_{max}-n)/(n-1)$	0.029
Índice aleatorio (*)	$IA=(1.98*(n-2))/n$	1.115
Relación de consistencia	$RC=IC/IA$	0.026

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	POSTURA ANTE EL RIESGO	PESO PONDERADO =
DESCRIPTORES	1 Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad.	0.455
	2 Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad.	0.265
	3 Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo.	0.165
	4 Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.	0.071
	5 Postura prudente de la entera localidad, implementando muchas medidas para precaver el riesgo.	0.044

**A:** Postura pesimista, resignada y con desinterés de la mayor parte de la localidad.

**B:** Postura pobremente prudente de la mayor parte de la localidad.

**C:** Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo privándose de medidas para precaver el riesgo.

D: Postura parcialmente prudente de la mayor parte de la localidad, aceptando el riesgo e implementando insuficientes medidas para precaver el riesgo.

E: Postura prudente de la entera localidad, implementando muchas medidas para precaver el riesgo.

### **PLANES DE PROPAGACION**

Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz

CRITERIOS	A	B	C	D	E
A	1.00	2	4.00	6.00	7.00
B	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
C	0.25	0.50	1.00	3.00	4.00
D	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00
E	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00
TOTAL	2.06	3.95	7.58	14.50	19.00

### Matriz de normalización

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

CRITERIOS	A	B	C	D	E	Vector de priorizacion	%
A	0.49	0.51	0.53	0.41	0.37	0.460	46%
B	0.24	0.25	0.26	0.28	0.26	0.260	26%
C	0.12	0.13	0.13	0.21	0.21	0.159	15.9%
D	0.08	0.06	0.04	0.07	0.11	0.072	7.2%
E	0.07	0.05	0.03	0.03	0.05	0.048	4.80%



## Cálculo de relación de consistencia (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Matriz					Vector de priorización (PONDERACION)	MATRIZ x PONDERACION	$\lambda_{max}$
1.00	2	4.00	6.00	7.00	0.460	2.39	5.19
0.50	1.00	2.00	4.00	5.00	0.260	1.34	5.15
0.25	0.50	1.00	3.00	4.00	0.159	0.81	5.10
0.17	0.25	0.33	1.00	2.00	0.072	0.36	5.01
0.14	0.20	0.25	0.50	1.00	0.048	0.24	5.04
							5.10

Índice de consistencia	$IC = (n_{max} - n) / (n - 1)$	0.025
Índice aleatorio (*)	$IA = (1.98 * (n - 2)) / n$	1.115
Relación de consistencia	$RC = IC / IA$	0.022

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz, en este caso son 5 parámetros por lo que se utiliza el IA: 0.115.

PARÁMETRO	PLANES DE PROPAGACION	PESO PONDERADO =
DESCRIPTORES	1 Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.	0.460
	2 Insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.	0.260
	3 Propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.	0.159
	4 Propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.	0.072
	5 Propagación masiva y frecuente en muchos medios de comunicación acerca de contenido de gestión de riesgo, encontrándose a conocimiento y colaboración total de la localidad y sus respectivas autoridades.	0.048

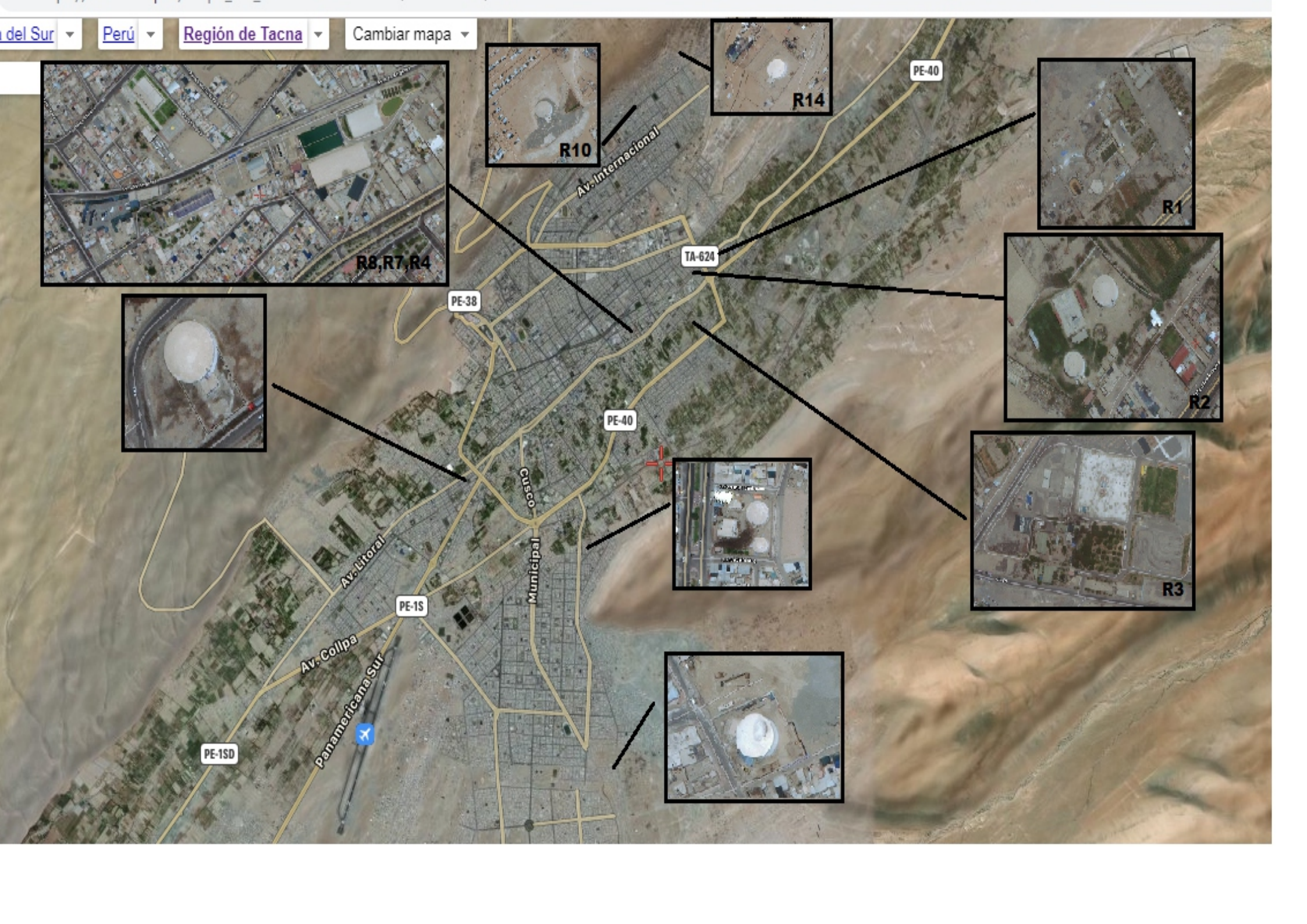
**A:** Inexistencia de propagación en muchos medios de comunicación acerca de contenido sobre gestión de riesgos para la localidad.

**B:** insuficiente propagación en muchos medios de comunicación acerca de temas de sobre gestión de riesgo, encontrándose ignorancia sobre el tema en la mayoría de la localidad.

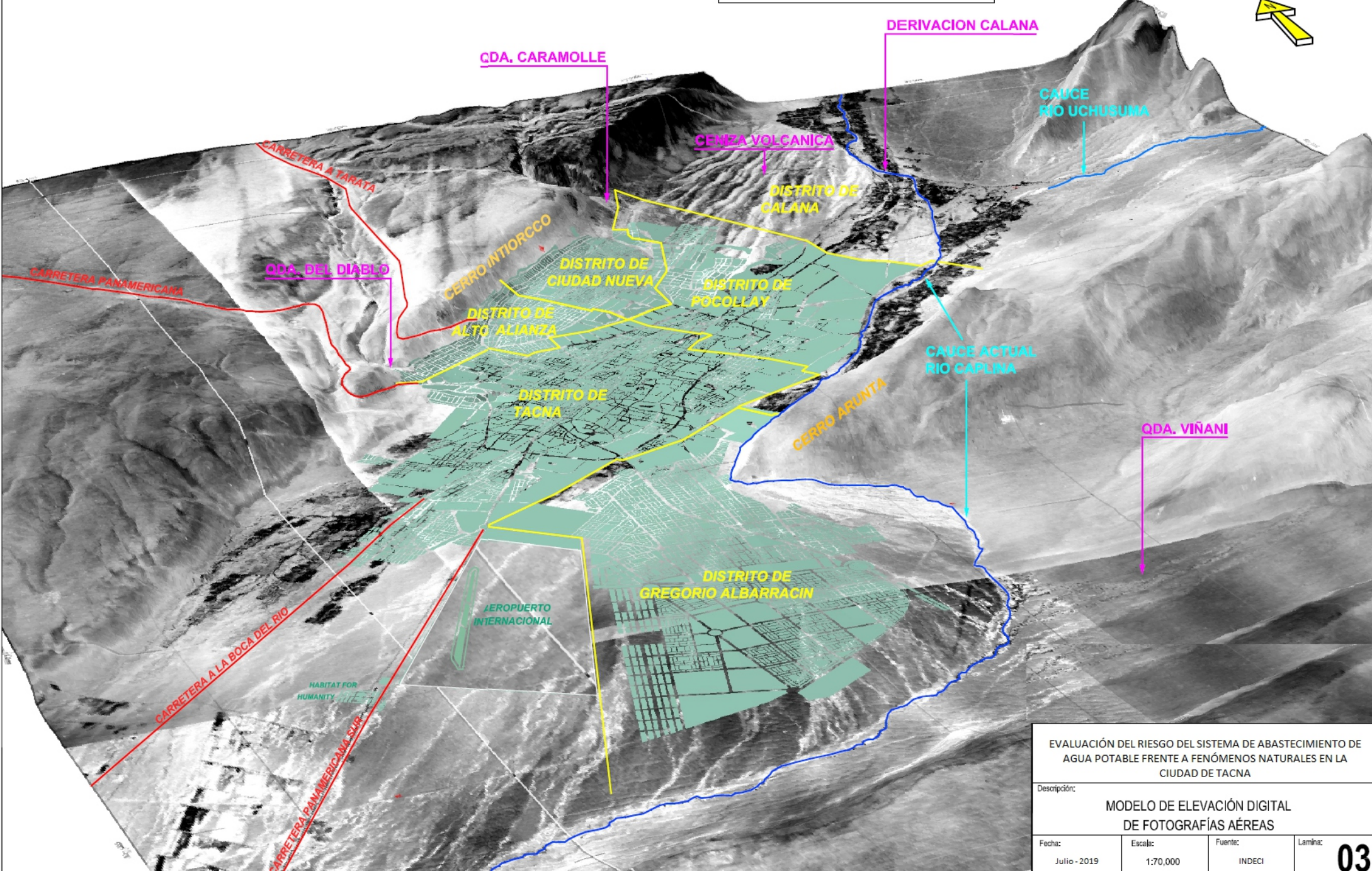
**C:** propagación intensa y con insuficiente frecuencia en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgo, encontrándose sobre el tema en un gran sector de la localidad.

**D:** propagación intensa y frecuente en muchos medios de comunicación sobre contenido de gestión de riesgos encontrándose a conocimiento total de la localidad.

**E:** propagación masiva y frecuente en muchos medios de comunicación acerca de contenido de gestión de riesgo, encontrándose a conocimiento y colaboración total de la localidad y sus respectivas autoridades.



D E M : FOTOGRAFIA AEREA - OCTUBRE 1950  
 TRANSPOSICION DE FOTOS N°: 21514, 21515, 21541, 21542  
 ESCALA : H:1, V:2

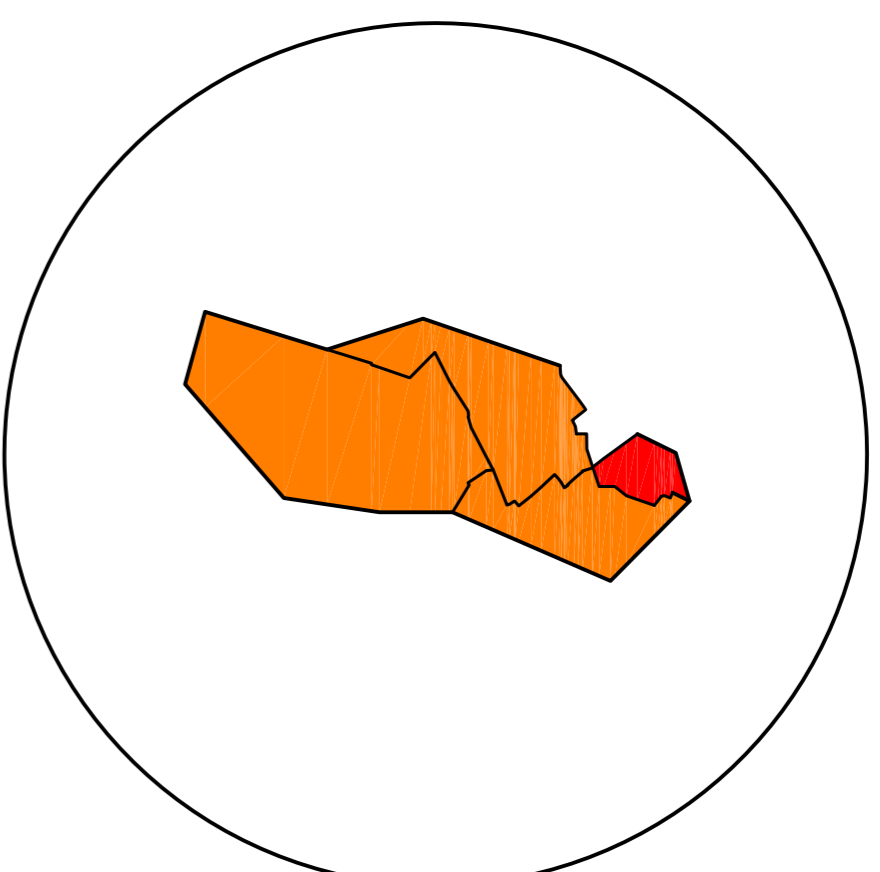


EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE FRENTE A FENÓMENOS NATURALES EN LA CIUDAD DE TACNA

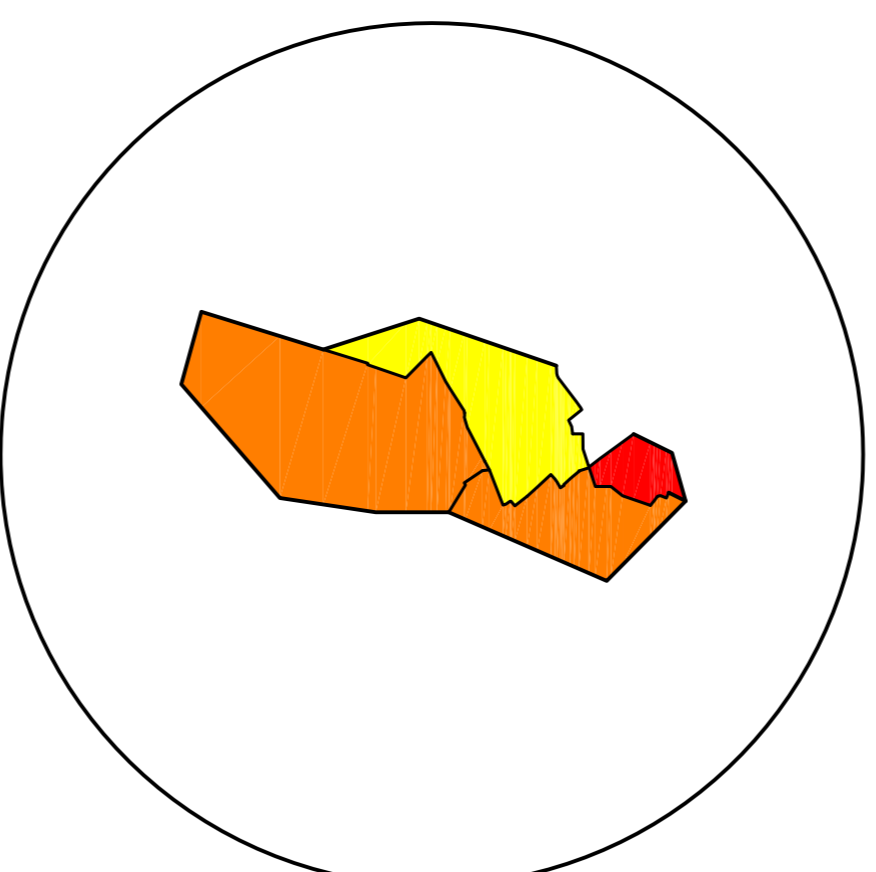
Descripción:  
**MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS**

Fecha: Julio - 2019	Escala: 1:70,000	Fuente: INDECI	Lamina: <b>03</b>
------------------------	---------------------	-------------------	----------------------

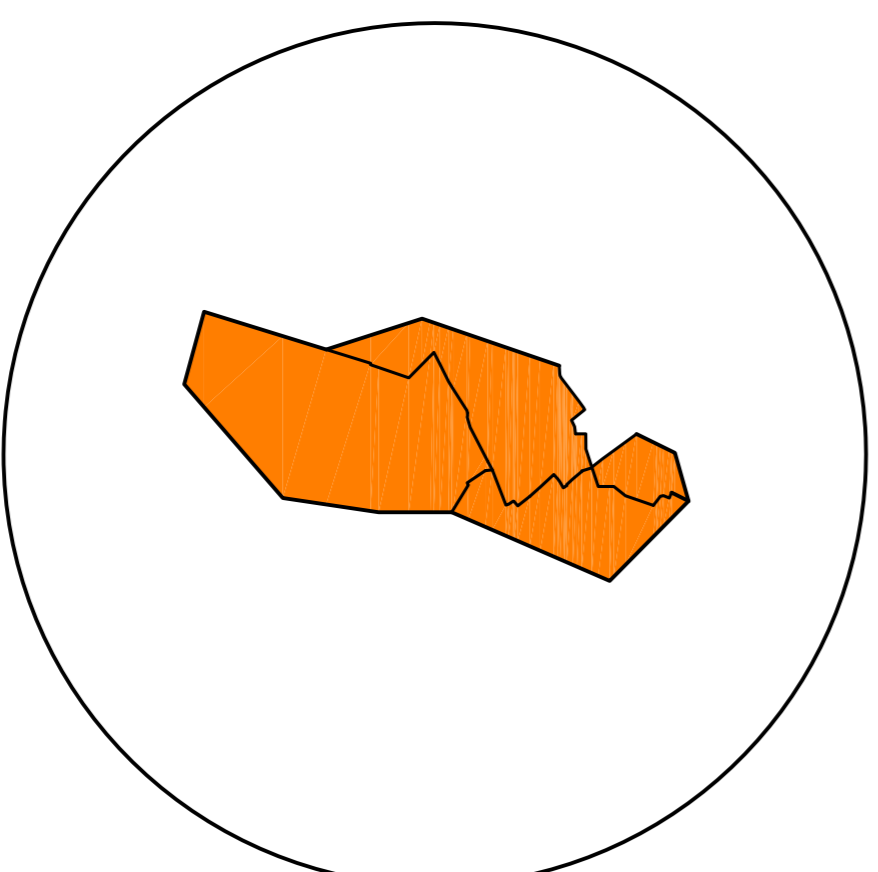
RIESGO PARA LA VULNERABILIDAD ANTE UN SISMO



RIESGO PARA LA VULNERABILIDAD ANTE UNA INUNDACION



RIESGO PARA LA VULNERABILIDAD ANTE UN MOVIMIENTO EN MASA (HUAYCO)



**LEYENDA**

CODIGO	UNIDAD
<span style="color: red;">■</span>	RIESGO MUY ALTO
<span style="color: orange;">■</span>	RIESGO ALTO
<span style="color: yellow;">■</span>	RIESGO MEDIO
<span style="color: green;">■</span>	RIESGO BAJO

