



Universidad Nacional

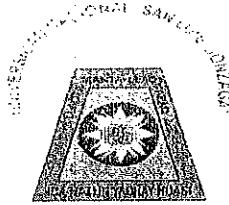
**SAN LUIS GONZAGA**



## [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

[http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
UNIDAD DE INVESTIGACION

**EVALUACION DE ORIGINALIDAD - 2022**

N° 141 – 91040220 / 2022

## CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento **PROYECTO PLAN DE TESIS** cuyo título es:

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
VIVIENDAS UTILIZANDO LA MATRIZ DE SAATY Y  
PROPONER MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA MEJORAR LA  
SEGURIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN EN EL CENTRO  
POBLADO LOS JUÁREZ – ICA**


presentado por:

**POMA HAYACC, RUTBERTH**

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es **7% de similitud** por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

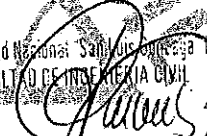
Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 28 Setiembre-2022

  
DAVID MOTTA HUAYANCA  
Técnico Operador Tecnológico



Universidad Nacional San Luis Gonzaga  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

  
DR. ING. MARTÍN HAMILTON WILSON HUAMANCHUMO  
Director de la Unidad de Investigación de la I.C.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Civil



Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas  
utilizando la matriz de Saaty y proponer medidas de mitigación para  
mejorar la seguridad de vida de la población en el centro poblado

Los Juárez – Ica

Línea de investigación:

Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

POMA HAYACC RUTBERTH

Ica – Perú

2022

## **Dedicatoria**

La presente, se lo dedico a:

A Dios, por darme la vida, salud, por guiar mi camino por la senda del bien.

A mis padres, por haberme forjado como tal, por el apoyo brindado; muchos de mis logros se los debo a ellos, incluido este; por la motivación constante para alcanzar mis metas y cumplir mis anhelos.

A la memoria de mi abuela, Susana León Roca, un angelito que desde el cielo me cuida y protege de la misma forma como lo hacía en vida.

## **Agradecimientos**

A mi familia, a mis amigos, a los docentes y personal en general de la facultad de ingeniería civil de la universidad “San Luis Gonzaga”, a mi asesor Dr. José Claudio Guevara Bendejú y a todas las personas que me alentaron durante el arduo proceso de cumplir con la meta de realizarme como ingeniero civil.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

I	INTRODUCCIÓN .....	11
1.1.	Aspectos generales .....	11
1.1.1.	Aspectos científicos de la investigación .....	11
1.1.2.	Antecedentes .....	15
1.2.	Formulación del problema .....	18
1.2.1.	Problema general .....	18
1.2.2.	Problemas específicos .....	18
1.2.3.	Justificación de la Investigación .....	18
1.3.	Aspectos específicos .....	21
1.3.1.	Hipótesis de investigación .....	21
1.3.2.	Objetivos de la investigación .....	22
1.3.3.	Descripción del contenido de cada capítulo .....	22
II	ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	24
2.1.	Contexto de la investigación .....	24
2.1.1.	Ubicación y tiempo .....	24
2.2.	Tipo, nivel y diseño de investigación .....	25
2.2.1.	Tipo de investigación .....	25
2.2.2.	Nivel de investigación .....	26
2.2.3.	Diseño de investigación .....	26
2.3.	Población y muestra materia de investigación .....	26
2.3.1.	Población de estudio .....	26
2.3.2.	Muestra de estudio .....	26
2.4.	Materiales, instrumentos y técnica de recolección de datos .....	26
2.5.	Procedimiento de la investigación .....	27
2.5.1.	Desarrollo de metodología practica .....	27

2.5.2.	Recolección de datos y Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica .....	28
2.5.3.	Proposición de medidas de mitigación de la vulnerabilidad sísmica .....	29
2.5.4.	Análisis estadístico, discusión y resultados .....	29
2.6.	Variables de investigación .....	29
2.6.1.	Identificación de las variables .....	29
2.6.2.	Operacionalización de variables .....	30
2.6.3.	Matriz de consistencia .....	32
III	RESULTADOS .....	35
3.1.	Recolección de datos en campo .....	35
3.1.1.	Desarrollo de metodología para recolección de datos .....	35
3.1.2.	Datos y gráficos .....	35
3.2.	Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del centro poblado los Juárez .....	41
3.3.	Propuesta de medidas para mitigar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en el centro poblado Los Juárez .....	43
3.4.	Vulnerabilidad determinada con la aplicación de las medidas de mitigación propuestas.....	44
3.5.	Contrastación de la hipótesis general .....	46
3.5.1.	Planteamiento de las hipótesis .....	46
3.5.2.	Nivel de significancia ( $\alpha$ ) para proyecto de investigación .....	46
3.5.3.	Elección de prueba estadística .....	47
3.5.4.	Aplicación del método de t de student .....	47
IV	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	50
4.1.	Metodología empleada para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica .....	50
4.2.	Parámetros analizados para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica .....	50
4.3.	Medidas de mitigación propuestas .....	51
4.4.	Referente a los niveles de vulnerabilidad obtenidos .....	51

V	CONCLUSIONES .....	53
VI	RECOMENDACIONES .....	54
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
VIII	ANEXOS .....	56
8.1.	Panel fotográfico .....	56
8.2.	Ficha de recolección de datos .....	59
8.3.	Planos .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Fenómenos sísmicos ocurridos en Perú Durante el 2011.....	12
<b>Tabla 2</b> Fenómenos sísmicos ocurridos en la región Ica durante los dos últimos siglos .....	19
<b>Tabla 3</b> Escala de Saaty .....	27
<b>Tabla 4</b> Operacionalización de las variables .....	30
<b>Tabla 5</b> Matriz de consistencia .....	32
<b>Tabla 6</b> Datos recolectados para el parámetro tipo de suelo .....	36
<b>Tabla 7</b> Datos recolectados para el parámetro tipo de construcción .....	37
<b>Tabla 8</b> Datos recolectados para el parámetro tipo de material predominante .....	39
<b>Tabla 9</b> Ponderación de parámetros .....	41
<b>Tabla 10</b> Índices de vulnerabilidad de viviendas del Centro Poblado Los Juárez .....	41
<b>Tabla 11</b> Niveles de vulnerabilidad y sus rangos de agrupación para los índices obtenidos ...	42
<b>Tabla 12</b> Índices de vulnerabilidad proyectada del Centro Poblado Los Juárez .....	44
<b>Tabla 13</b> Pruebas estadísticas de acuerdo al tipo de investigación .....	47
<b>Tabla 14</b> Calculo de la media y la desviación de los datos de la muestra .....	48
<b>Tabla 15</b> Calculo de la desviación y desviación estándar .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Metodologías para la evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes. .....	14
Fig. 2. Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones. ....	15
Fig. 3. Ubicación política y geográfica del Centro Poblado Los Juárez. Elaboración propia.....	25
Fig. 4. Datos de campo de las viviendas para el parámetro tipo de suelo. Elaboración propia. .	37
Fig. 5. Datos de campo de las viviendas para el parámetro tipo de construcción. Elaboración propia. ....	38
Fig. 6. Datos de campo de las viviendas para el parámetro tipo de material predominante. Elaboración propia. ....	40
Fig. 7. Vulnerabilidad sísmica del Centro Poblado Los Juárez; fuente: elaboración propia.....	43
Fig. 8. Vulnerabilidad sísmica proyectada de las viviendas del Centro Poblado Laos Juárez; fuente elaboración propia.....	45
Fig. 9. Tabla t-student para determinar el “ta”.....	48
Fig. 10. Comparación del nivel de vulnerabilidad sísmica de viviendas del Centro poblado los Juárez y vulnerabilidad sísmica de viviendas del distrito Ica; fuente elaboración propia.....	52

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica, así mismo se identificó el grado de influencia del tipo de suelo, tipo de construcción y material predominante de la construcción en las viviendas de la población en el Centro Poblado Los Juárez. Este proceso se realizó en campo mediante ficha de levantamiento de información, con parámetros y descriptores para cada uno, con ponderación cuantitativa para determinar el nivel de la vulnerabilidad sísmica, obteniendo como resultado los siguientes niveles de vulnerabilidad en las viviendas de la muestra de estudio; 37% de viviendas del centro poblado Los Juárez tienen nivel de vulnerabilidad bajo, 17% nivel medio, 18% nivel alto y 18% muy alto. Las medidas de mitigación propuestas ante estos resultados se obtuvieron los siguientes niveles de vulnerabilidad; 46% de viviendas de estudio tienen nivel de vulnerabilidad bajo, 45% nivel medio y 9% nivel alto, destacando que, las medidas de mitigación propuesta reducen el nivel de vulnerabilidad de las viviendas, donde los resultados no muestran viviendas con nivel de vulnerabilidad muy alto. En conclusión, determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty y las medidas de mitigación propuestas mejoran la seguridad de vida de la población, dado que las viviendas de bajo nivel de vulnerabilidad disminuyen el riesgo de desastre en caso de ocurrencia de un fenómeno sísmico.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad, Matriz, Sismos, Mitigación.

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to determine the seismic vulnerability of the houses using the Saaty matrix and to propose mitigation measures to improve the life safety of the population in the Juárez - Ica populated center, likewise the degree of influence of the type of land, type of construction and predominant construction material in the dwellings of the population in the Centro Poblado Los Juárez. This process was carried out in the field by means of an information gathering sheet, with parameters and descriptors for each one, with quantitative weighting to determine the level of seismic vulnerability, obtaining as a result the following levels of vulnerability in the homes of the study sample; 37% of homes in the Los Juárez populated center have a low level of vulnerability, 17% a medium level, 18% a high level, and 18% a very high level. The mitigation measures proposed in view of these results obtained the following levels of vulnerability; 46% of the study homes have a low level of vulnerability, 45% a medium level and 9% a high level, highlighting that the proposed mitigation measures reduce the level of vulnerability of the homes, where the results do not show homes with a very high level of vulnerability. In conclusion, determining the seismic vulnerability of the houses using the Saaty matrix and the proposed mitigation measures improve the life safety of the population, since the houses with a low level of vulnerability reduce the risk of disaster in the event of the occurrence of a seismic phenomenon

**Keywords:** Vulnerability, Matrix, Earthquakes, Mitigation.

## I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Aspectos generales

En la actualidad, la explosión demográfica alcanza niveles altos, donde la infraestructura y los sistemas de servicio público ya no se dan abasto para satisfacer las necesidades de toda la población; en donde los fenómenos de origen natural son cada vez más intensos y recurrentes, dejando muchos estragos y pérdidas en las poblaciones y en el marco de las instituciones como el CENEPRED, INDECI y los planes nacionales como el PLANAGERD y el Plan Bicentenario: Perú 2021.

#### 1.1.1. Aspectos científicos de la investigación

El fenómeno sísmico es un fenómeno de origen natural, el cual es producto del proceso de constante y progresiva liberación de energía mecánica debido a las deformaciones y desplazamientos por la geodinámica interna de la corteza terrestre, además de la resistencia de los materiales rocosos, las zonas de interacción de las placas tectónicas. Parte de esta energía se libera en forma de ondas y la otra en forma de calor por la fricción producida en el punto de liberación de energía.

Así mismo M. Huashua Huarcaya y A. Sánchez Contreras [1] afirman que, los sismos son fenómenos naturales que tienen mayor capacidad de destrucción, pues son los causantes de pérdidas materiales y de vidas humanas. A nivel mundial no existe un lugar con una probabilidad nula de ocurrencia de un fenómeno sísmico, sin embargo, existen zonas con una probabilidad de ocurrencia menor que otras. En este contexto es preciso resaltar que este fenómeno es uno de los que más daño y pérdidas ocasionan al Perú, por lo que dicha problemática se encuentra dentro de los objetivos nacionales de *“El Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021 es un plan de largo plazo”*, siendo uno de los objetivos más resaltantes el acceso y mejoramiento de la vivienda de la población nacional.

De igual manera el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [2] hace mención que el Perú, por su ubicación geográfica y geológica se encuentra en lo que se conoce como “el cinturón del fuego del Pacífico”, por lo que está expuesto a la ocurrencia de fenómenos de origen natural como los fenómenos sismos. En este contexto el Instituto Nacional de Defensa Civil [3], publicó información estadística relacionada con emergencias, desastres, ayuda humanitaria y otros temas inherentes a la Gestión del Riesgo de Desastres, en donde dio a conocer que, en el año 2011, en el Perú tuvieron lugar la ocurrencia 40 fenómenos de origen sísmico, de los cuales 17 se suscitaron dentro de la región Ica, tal como se muestra en la **Tabla 1**, esta cantidad representa el 42.5 % de los sismos ocurridos en el 2011, enfatizando que fue la región con mayor ocurrencia de fenómenos naturales de este tipo, en comparación con otras regiones del Perú. Esta información evidencia que la región Ica tiene alta

probabilidad de ocurrencia de fenómenos sísmicos, además es importante mencionar que la región de Ica está considerada dentro de una zona sísmica de nivel 4 (la más alta existente según la norma E.030 del RNE, vigente). Los antecedentes históricos de la ciudad de Ica demuestran que los sismos son un fenómeno recurrente, que ha producido daños en gran parte de esta, siendo el último sismo importante el sucedido en el año 2007.

**Tabla 1**

Fenómenos sísmicos ocurridos en Perú Durante el 2011

REGION \ FENOMENO	TOTAL	AMAZONAS	APURIMAC	AREQUIPA	CUSCO	HUANCAVELICA	HUÁNUCO	ICA	JUNIN	LIMA	LORETO	PASCO	SAN MARTIN	UCAYALI
SISMOS	40	7	2	1	3	2	1	17	1	1	1	1	1	2

Nota: Adecuado del reporte estadístico realizado por el INDECI [3, p. 17]

De acuerdo a datos estadísticos, las viviendas construidas de manera informal representan el 70% - 80% de las viviendas construidas en el Perú, en el marco de esta realidad, muchas viviendas han sido edificadas sin los criterios técnicos básicos, así mismo no cuentan con la participación de profesionales capacitados durante el proceso constructivo, además en muchos proyectos de construcción de viviendas familiares se emplean materiales de mala calidad y deficientes procesos constructivos, muchas de estas viviendas autoconstruidas por los propietarios y algunas con la participación un maestro de obra, sin asesoramiento técnico y/o profesional, en consecuencia son vulnerables ante la ocurrencia de fenómenos sísmicos y tienden a sufrir daños estructurales, causando innumerables pérdidas económicas y pérdidas de vidas humanas.

Este contexto, la gestión de riesgo de desastres, demanda la adopción de metodologías para determinar los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad, riesgo y la zonificación de riesgos en los ámbitos geográficos expuestos. En consecuencia, estos niveles de vulnerabilidad sísmica identificados dan lugar a la generación de planes, medidas de mitigación de los riesgos identificados, lo cual reduce los estragos que los fenómenos de origen natural podrían producir. En 2016, P. A. Arteaga Mora [4] menciona que la vulnerabilidad sísmica es el grado de daño que sufre una estructura ocasionado por un sismo de determinadas características, así mismo es una propiedad intrínseca de cada estructura y, por tanto, independiente de la peligrosidad del

lugar, esto quiere decir que una estructura puede ser vulnerable pero no estar en riesgo, si no se encuentra en un lugar con una cierta peligrosidad sísmica. También cabe mencionar que es la susceptibilidad de la población, estructura física y/o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores; Exposición, Fragilidad y Resiliencia.

El análisis de la vulnerabilidad sísmica es una etapa de la evaluación de riesgos, en la que se analiza las características técnicas generales de exposición, fragilidad y resiliencia en función del nivel de peligrosidad determinada. A la vez la vulnerabilidad es un tema multidisciplinario que involucra a profesionales de diferentes especialidades y conocimiento, así también a instituciones públicas y privadas.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica se emplean diferentes métodos agrupados en dos categorías generales, las de vulnerabilidad calculada o métodos analíticos y la de vulnerabilidad observada o métodos cualitativos tal y como se puede apreciar en la **Figura 1**. En el método analítico se emplean métodos de modelación estructural para simular el comportamiento sísmico de una estructura bajo cargas dinámicas, la aplicación de estos métodos ha sido muy discutida, debido a que requieren una alta complejidad en la utilización del modelo y la evaluación del comportamiento de las edificaciones frente a la posible ocurrencia de acción sobre la estructura. Por otro lado el método cualitativo el análisis se fundamenta en la observación, a través del levantamiento en campo de índices de vulnerabilidad que permiten hacer la evaluación de forma rápida y sencilla, estos métodos son usados para obtener un estimativo de la vulnerabilidad de las edificaciones, lo que permite conocer el comportamiento de una zona urbana ante la ocurrencia de algunos sucesos de fenómenos naturales, proporcionando con ello una herramienta muy importante para los planes de prevención y mitigación de desastres.

En ese Contexto los métodos Cualitativos son más apropiados para la evaluación de la vulnerabilidad de edificios a gran escala, desde una zona urbana hasta una región, debido a la relativa facilidad de estos para analizar o estar evaluando un gran número de estructuras a menor costo posible, tal como lo atribuye (A. Arteaga) en su investigación “Estudio de Vulnerabilidad Sísmica, Rehabilitación y Evaluación del índice de daño de una Edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca-Ecuador”, donde enfatiza el método cualitativo como más eficiente para realizar investigaciones del este tipo, razón por la que se adoptó como método para realizar la presente investigación.



**Fig 1.** Metodologías para la evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes. [2]

El proceso de Análisis Jerárquico, AHP, *Analytic Hierarchy Process* por sus siglas en inglés desarrollado por Thomas L. Saaty de “*La Matriz Saaty*”, está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, este proceso requiere de evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. De igual forma G. B. Toskano Hurtado [5], menciona que el punto central AHP es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores que tienen relación con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto a los criterios seleccionados, cuyo resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión. Las técnicas de decisión multicriterio son el conjunto de herramientas y procedimientos utilizados en la resolución de problemas de decisión, que permite incorporar criterios, cuantitativos y cualitativos, generalmente en conflicto, que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se genera es una cuadrada, es decir el mismo número de filas y columnas.

De igual manera G. B. Toskano Hurtado [5] lista algunas de las ventajas del AHP frente a otros métodos de decisión multicriterio y son;

Presenta un sustento matemático, permite el desglose y análisis de un problema por partes, permite medir criterios cuantitativos y cualitativos por medio de una escala común, inclusión de la participación de equipos multidisciplinarios y la generación de un consenso, permite verificar el índice de consistencia (IC) para hacer las correcciones, si fuere el caso, permite la generación de una síntesis lo que da la posibilidad de realizar el análisis de sensibilidad y tiene la característica de ser de uso fácil y permite que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

La determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas familiares en el Centro Poblado Los Juárez, a través de la aplicación de la Matriz Saaty, se empleó por sus ventajas; flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión, así mismo para formular la libreta de campo en la que se recopilaran los datos directos, se formularan medidas de mitigación sísmica para las viviendas de manera independiente, lo cual consecuentemente mejorara la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez, a fin de hacer frente a la problemática de la vulnerabilidad sísmica, tomando como referencia el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014).

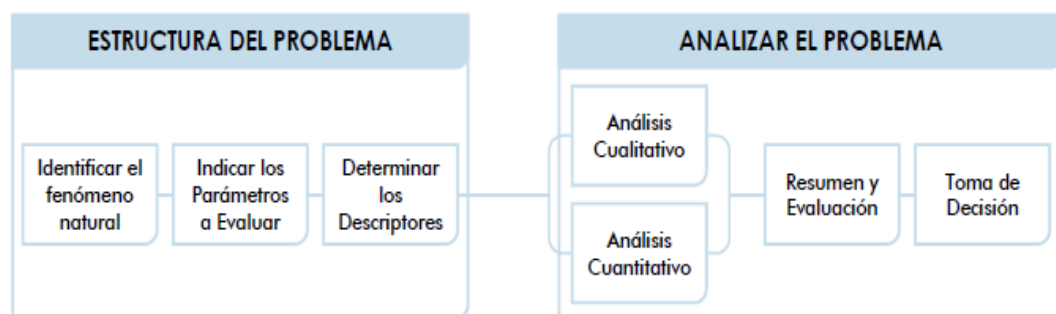


Fig. 2. Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones. [3]

Los resultados de la determinación de los niveles de vulnerabilidad obtenidos se procesan y se presentan en un plano de vulnerabilidad sísmica generado con la herramienta *visor de mapas* del Sistema de Información para la Gestión de Riesgo de Desastres SIGRID, el cual fue desarrollado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, con el fin de elaborar estudios de línea base y diagnóstico del territorio, para la formulación de proyectos de inversión en gestión de riesgos de desastres y la implementación de medidas de prevención y reducción de riesgos, frente a los fenómenos naturales recurrentes en nuestro país y los inducidos por la acción humana.

## 1.1.2. Antecedentes

### 1.1.2.1. Antecedentes a nivel internacional

En 2016, P. A. Arteaga Mora [1] tuvo como objetivo el análisis y evaluación de las deficiencias constructivas que contribuyen a la incrementar el nivel de vulnerabilidad sísmica de la parroquia bellavista ubicada en la ciudad de Cuenca – Ecuador, la cual además pertenece al patrimonio histórico de la ciudad de Cuenca, dicha edificación data de aproximadamente el año 1900 y en su edificación se emplearon materiales como de adobe, ladrillo cocido, cal, piedra y madera. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica, lo realizó a través del índice de vulnerabilidad, para los

cuales determino como alternativa conveniente una metodología cualitativa denominados *FEMA 154*, para la determinación de la vulnerabilidad sísmica, y el método de *Cardona y Hurtado*, para la determinación del índice de vulnerabilidad. El resultado obtenido arrojó que la edificación analizada tuvo un nivel de “*alta vulnerabilidad*”. Posteriormente propuso una alternativa de reforzamiento y rehabilitación estructural. En esta investigación se concluyó que la determinación de la vulnerabilidad sísmica y el índice de vulnerabilidad son aspectos fundamentales para contar con un respaldo preciso ante la expectativa de la seguridad de una estructura ante el escenario de un evento sísmico y para ofrecer respuestas en cuanto a la rehabilitación y mantenimiento de la edificación.

### **1.1.2.2. Antecedentes a nivel nacional**

En 2017, M. Huashua Huarcaya y A. Sánchez Contreras [2] determinaron la vulnerabilidad sísmica de una muestra de 48 viviendas autoconstruidas en 02 Urbanizaciones de nominadas Bella Vista Alta y Bellavista Baja, de la ciudad de Abancay – Perú, seleccionadas aleatoriamente por sus características geomorfológicas. Para cumplir con dicho objetivo optaron, como alternativa conveniente, por un método cualitativo denominado índice de vulnerabilidad o de *Benedetti-Petrini*. De igual forma realizaron una investigación de tipo descriptivo en la que se obtuvo la información de campo a través de fichas de encuesta, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración y calidad de la construcción. A partir de esta información elaboraron una gran base de datos con el índice de vulnerabilidad de cada edificio. Como resultado de la investigación realizada obtuvieron que el 2% de las viviendas evaluadas se encuentran con un índice de vulnerabilidad baja entre 0 a 20%, el 46% con vulnerabilidad media entre 20% a 40% y el 52% con vulnerabilidad alta entre 40% a 100%. Como recomendaciones finales propusieron algunas recomendaciones a fin de mejorar las condiciones de vulnerabilidad encontradas. A la vez se recomendaron el desarrollo de investigaciones posteriores aplicando el método cuantitativo para determinación de la vulnerabilidad sísmica de otras edificaciones esenciales existentes en la zona de estudio.

En 2017, H. E. Palacios Garay y C. M. Tandypan Hernandez [3] tuvieron como objetivo principal identificar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada del centro poblado El Milagro, ubicado en el distrito Huanchaco, provincia Trujillo, región La Libertad – Perú, enfocado desde el punto de vista geotécnico – sísmico, aunque el resultado de la investigación abarcó hasta la determinación del riesgo sísmico de las viviendas del centro poblado El Milagro. Para lo cual optaron por determinar la vulnerabilidad sísmica por un método cualitativo diseñado a criterio técnico de los autores, con este fin encuestaron un total de 30 viviendas familiares a través de una ficha de recolección de datos, igualmente diseñada a criterio técnico de los autores de la investigación. También se realizaron 7 estudios de mecánica

de suelos en lugares estratégicos, los resultados de este estudio, fueron empleados para la estimación del peligro sísmico. Con ambos resultados, vulnerabilidad sísmica y peligro sísmico, evaluaron el nivel de riesgo de cada vivienda. Como resultado del estudio se obtuvo que un 60% de viviendas tienen un riesgo sísmico alto; un 33% de viviendas un riesgo sísmico medio y un 7% viviendas tiene un peligro sísmico bajo.

En 2017, O. F. Pomahuacre Moya [4] tuvo como objetivo principal diagnosticar de qué manera la configuración estructural influye en la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el Distrito de Aucallama, provincia Huaral, región Lima, tomando en cuenta las características del suelo y talud del terreno basada en las características estructurales de las viviendas estudiadas. Donde se evaluó el nivel de vulnerabilidad sísmica cualitativo usando la técnica de verificación in situ a través de una ficha de reporte, para una muestra de 4 viviendas autoconstruidas, elegidas arbitrariamente por el investigador y además ubicadas en 4 centros poblados diferentes. En esta investigación que la configuración estructural influye en 40 % en la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la muestra.

En 2014, C. A. Mesta Cornetero [5] buscó evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de categoría C, según el RNE, con el objetivo de reconocer las zonas de alta, media y baja vulnerabilidad. Para lo cual estudio una muestra de 3,026 viviendas comunes de la Pimentel, distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Para cumplir con este objetivo determino como método más conveniente, el método de índice de vulnerabilidad sísmica conocida como método de Benedetti y Petrini, el cual fue necesario que se adapte a la realidad de la zona de estudio, este método contempla el análisis de la vulnerabilidad sísmica a través del análisis de 11 parámetros a la vez que para la recolección de daos se realizan encuestas a la muestra del estudio. Como resultado de dicha evaluación a través de los métodos expuestos se concluyó que el 45.7% de las edificaciones presenta vulnerabilidad alta, el 33.5% vulnerabilidad media, y el 20.8% vulnerabilidad baja.

En 2015, R. E. Flores Ortega [5] realizó el estudio de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas ubicadas en el distrito de Samegua de la región Moquegua, evaluando como principales factores la densidad de muros, la calidad de mano de obra durante el proceso constructivo, la sismicidad y el tipo de suelo de la zona de estudio. Para la recolección de datos se optó por las fichas de encuesta, elaboradas en la Pontificia Universidad Católica del Perú, a una muestra representativa de 25 viviendas, las cuales se procesaron posteriormente en unas fichas de reporte las cuales arrojaron como resultado los niveles de vulnerabilidad, peligro y de riesgo sísmico para cada vivienda de manera independiente. Como resultado de la investigación se determinó que más del 80 % de las viviendas autoconstruidas en el distrito de Samegua tiene un nivel de riesgo sísmico alto, concluyendo por conjetura que, frente a la ocurrencia de un sismo de gran magnitud la mayoría de viviendas autoconstruidas en la región costera peruana sufrirán daños estructurales importantes.

### **1.1.2.3. Antecedentes a nivel local**

Luego de realizar la respectiva búsqueda de antecedentes locales que se relacionen con el presente tema de investigación, no se ha encontrado trabajo de investigación que se haya en los últimos cinco años; por lo tanto, la presente investigación tiene un tema novedoso en la localidad iqueña.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación permite mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿De qué manera conocer el tipo de suelo contribuye a determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación permite mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica?

¿De qué manera conocer el tipo de construcción permite determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación permite mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica?

¿De qué manera conocer el material predominante en la construcción permite determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación permite mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica?

### **1.2.3. Justificación de la Investigación**

La seguridad de vía de la población peruana aqueja una preocupación debido vulnerabilidad sísmica de sus viviendas frente a la ocurrencia de fenómenos naturales de origen sísmico, la falta de instrumentos adecuados que permitan la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas familiares, esto se ve agudizado por la ocurrencia de fenómenos sísmicos de origen natural de grandes magnitudes, debido a la ubicación del territorio Peruano en el cinturón del pacífico considerado de alta probabilidad de ocurrencia de fenómenos sísmicos, esta circunstancia genera niveles de riesgo en la población que habita los geográficos expuestos, bajo esta realidad social el gobierno peruano a través del “Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021 es un plan de largo plazo” establece como uno de sus objetivos el acceso y mejoramiento de las viviendas de la población peruana. Por ello es importante contribuir con dicho objetivo a través de la adopción y generación de instrumentos y procesos para determinar los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad, riesgo y la zonificación de riesgos en los ámbitos geográficos

expuestos. La determinación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas da lugar a la propuesta de medidas de mitigación contribuyen en la mejora de la seguridad de vida de la población. La seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez, aqueja una preocupación debido a los frecuentes fenómenos sísmicos a los que se encuentran expuestos, esto se agrava con la falta de metodologías para determinar la vulnerabilidad sísmica adecuados a la realidad social. Igualmente se destaca que las construcciones de las viviendas son precarias y no apropiadas ante los procesos no planificados de crecimiento demográfico lo cual agudiza el bajo nivel de la seguridad de vida de la población. En este contexto el Centro Poblado Los Juárez, refleja el problema social, esto conlleva a que las viviendas del cetro poblado los Juárez tengan mayor fragilidad y exposición frente a la ocurrencia de fenómenos sísmicos. A continuación, se muestra la **Tabla 2**. donde reporta los sismos más representativos de mayor magnitud ocurridos en la región de Ica durante el siglo XX y XXI.

**Tabla 2**

Fenómenos sísmicos ocurridos en la región Ica durante los dos últimos siglos

<b>Siglo XX</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Nombre</b>	<b>Epicentro</b>	<b>Zonas afectadas</b>
10 de diciembre, 1950	6.5 Mb	Ica de 1950	Cerca de Ica, departamento de Ica.	Dpto. de Ica
12 de mayo, 1664	8.0 Mw	Ica y Pisco de 1664		Actual departamento de Ica.
12 de noviembre, 1996	7.7 Mw	Nasca de 1996	Al Suroeste de la Región Central-Sur, límites de los dptos. de Ica y Arequipa.	
15 de enero, 1960	6.0 Mb	Lima y sur del Perú de 1960		Dptos. de Lima, Ica y Huancavelica.
21 de abril, 1954	6.0 Mb	Cañete-Chincha de 1954	Entre Cañete y Chincha	Dptos. de Lima e Ica
24 de agosto, 1942	8.2 Mw	Nasca de 1942	Entre los límites de los dptos. de Ica y Arequipa	Dptos. de Arequipa e Ica.

30 de marzo, 1813	7.0 Ms	Ica de 1813	Cerca de Ica.	Actual departamento de Ica.
<b>Siglo XXI</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Nombre</b>	<b>Epicentro</b>	<b>Zonas afectadas</b>
20 de octubre, 2006	6,7 Mw	Cañete-Chincha del 2006	Oeste de Chincha, departamento de Ica	
15 de agosto, 2007	8,0 Mw	Pisco e Ica del 2007	Océano Pacífico, a 40 km al Oeste de Chincha Alta, departamento de Ica.	Provincia de Pisco, Chincha, Ica y Cañete
9 de febrero, 2009	6,1 Mw		Frontera de los dptos. de Arequipa e Ica	Sur del Perú
23 de marzo, 2010	6,0 Mw		40 km al sureste de Nazca, a 40 km de profundidad	Centro y sur costero del Perú
28 de octubre, 2011	6,8 Mw	-	117 km al suroeste de Ica	Centro y sur del Perú
30 de enero, 2012	6,3 Mw	-	47 km al suroeste de Ica	Centro y sur del Perú
15 de marzo, 2014	6,2 Mw	-	45 kilómetros al sur de Pisco, en la región Ica	Centro-sur del Perú.

Nota: Tomado del Compendio Estadístico del INDECI [3, p. 423].

Por tanto, mediante este proyecto se busca determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, asimismo mejorar la seguridad de Vida de la población en el Centro poblado Los Juárez. Por medio de la generación de una metodología acorde y la proposición de medidas de mitigación de la vulnerabilidad de viviendas en el centro poblado los Juárez. Así mismo contribuir con el objetivo permitir el acceso y mejoramiento de las viviendas de la población peruana que promueve el gobierno peruano a través del “Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021 es un plan de largo plazo”.

Por lo expuesto en todo el contexto, se considera justificar la importancia de la investigación por los siguientes aspectos.

### *Por Conveniencia*

La presente investigación es conveniente ya que busca determinar el grado de vulnerabilidad de las edificaciones, a través de metodologías novedosas, generando conocimiento científico para posteriores investigaciones y proyectos.

### *Relevancia social*

Es de relevancia pública ya que se busca que las familias del Centro Poblado Los Juárez mejoren su calidad de vida mitigando los desastres o pérdidas que pudiera ocasionar la posible ocurrencia de un fenómeno sísmico.

### *Implicaciones prácticas*

La presente investigación busca mitigar los daños ocasionados por fenómenos sísmicos proponiendo medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población.

### *Valor teórico*

Existe valor teórico, ya que se deja un antecedente científico para posteriores investigaciones que puedan coadyuvar y seguir mejorando la calidad de vida de los pobladores del Centro Poblado Los Juárez y otros.

## **1.3. Aspectos específicos**

### **1.3.1. Hipótesis de investigación**

#### **1.3.1.1. Hipótesis general**

La determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty mejorará la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.

#### **1.3.1.2. Hipótesis específicas**

El grado de influencia del tipo de suelo en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty mejorará la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.

El grado de influencia del tipo de construcción en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty mejorará la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.

El grado de influencia del material predominante de la construcción, en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty mejorará la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.

### **1.3.2. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.2.1. Objetivo General**

Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.

#### **1.3.2.2. Objetivos Específicos**

Identificar el grado de influencia del tipo de suelo para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica.

Identificar el grado de influencia del tipo de construcción para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez – Ica.

Identificar el grado de influencia del material predominante de la construcción para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez – Ica.

### **1.3.3. Descripción del contenido de cada capítulo.**

En el Primer capítulo INTRODUCCION, se muestran aspectos científicos vinculados a la investigación, todos los antecedentes tomados en cuenta para este proyecto de investigación (internacional, Nacional y Local) en los antecedentes locales no se encontró alguno similar por lo que, el presente tiene un tema novedoso. Así mismo se presentan las Bases teóricas y el marco conceptual del proyecto de investigación. Se inicia abordando aspectos científicos vinculados a la investigación; en los que se describe la realidad problemática, citando y comentando investigaciones recientemente realizadas (antecedentes), justificando la necesidad de realizar la investigación y señalan las hipótesis y los objetivos o el propósito de la investigación.

En el segundo capítulo ESTRATEGIA METODOLOGICA se hace la descripción detallada de cómo fue realizada la investigación y los instrumentos, herramientas y materiales utilizados en la misma. Incluye el detalle de procedimientos: explicación general sobre aspectos como contexto de la investigación (lugar, tiempo), diseño utilizado (no experimental), participantes, universo y muestra, instrumentos de medición, procedimiento de la investigación, y se muestra

que la investigación es de tipo descriptivo analítico y semi cuantitativo, en un tiempo de evaluación transversal.

En el tercer capítulo PRESENTACION DE RESULTADOS, se presentan en forma concisa los datos obtenidos, incluyendo tablas, gráficos e imágenes que se obtuvieron en todo el proceso de la investigación para las diferentes etapas de la investigación. También se presenta la contrastación de hipótesis a través de la *t de student* y la justificación del uso de este método, demostrando la validez de la hipótesis general propuesta. A la vez se muestra que el 37% de viviendas del centro poblado Los Juárez tienen un nivel de vulnerabilidad bajo, el 17% nivel medio, el 18% un nivel alto y muy alta de 18%

En el cuarto capítulo DISCUSIÓN DE RESULTADOS se analizan, comparan e interpretan los resultados con las bases teóricas, resultados y metodología de las investigaciones que se tomaron como antecedentes para la presente investigación, haciendo hincapié y de forma detallada en aquellos aspectos nuevos e importantes del estudio como son los datos y otras informaciones ya incluidas en los apartados de introducción y resultados.

Para en quinto capítulo CONCLUSIONES se hacen referencia a los resultados concretos que se obtuvieron en el desarrollo de la investigación y que fueron presentados ampliamente en el desarrollo de la presente investigación. Se tuvo cuidado de que estuviera acorde con los objetivos e hipótesis planteados en la investigación, lo cual no implica que se presenten otras informaciones importantes obtenidas durante el estudio, haciendo un hincapié en la metodología empleada, el proceso y los resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez.

En el sexto capítulo RECOMENDACIONES se hace énfasis en sugerencias de las posibilidades de aplicación práctica de la, metodología empleada, el proceso y los resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez, también la profundización del estudio y realización de otras investigaciones, producto de nuevas interrogantes que han surgido durante el estudio.

En el séptimo capítulo REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS, se lista todas las fuentes consultadas para la realización de la presente investigación y redacción del informe final de tesis. Las fuentes citadas son tesis realizadas con un periodo de 5 años de anterioridad a la fecha de investigación, revistas científicas, artículos de investigación y manuales de guía.

En el octavo capítulo ANEXOS, se adjuntan los documentos que complementan el cuerpo del informe y que se relacionan, directamente con la investigación tales como fotografías y los planos generados en el Sistema de Información para la Gestión de Riesgo de Desastres SIGRID.

## II ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1. Contexto de la investigación

#### 2.1.1. Ubicación y tiempo

El trabajo se realizó en el Centro poblado Los Juárez, ubicado geopolíticamente en el distrito Ica, Provincia Ica, departamento Ica; geográficamente se ubica en las coordenadas geográficas UTM - WGS – 84 son; Este 419252.57 m y Norte 8444430.99 m aproximadamente a 405 m.s.n.m.

El centro poblado los Juárez tiene un área aproximada de 15 hectáreas y perímetro aproximado de 2 km, ubicado entre el centro poblado Comatrana y la Av. La Victoria, además con una población aproximada de 300 habitantes. Se puede acceder en vehículo, por 15 minutos desde la plaza de armas de la ciudad d Ica.

El perímetro del Centro Poblado Los Juárez está mayormente rodeado de terrenos agrícolas, tiene una pendiente baja casi plana, además se aprecia un tipo de suelo de arena consolidada, típica de la región iqueña, con mezclas de terreno agrícola y con tendencia a un suelo franco. Los cultivos que destacan en la zona son árboles frutales de mango, pacaes, también el huarango típico de la región iqueña y otras especies nativas.

La recolección de datos se desarrolló durante los meses de setiembre 2019 a febrero 2020 donde se presenta un clima fresco y muy agradable, donde se puede percibir el ascenso de la temperatura, aunque puede llegar a sentirse aún el frío del invierno y pueden aparecer lluvias esporádicas e impredecibles.

A continuación, en la **figura 3** se muestra la ubicación del Centro Poblado Los Juárez, desde la ubicación Nacional hasta su ubicación dentro de la ciudad de Ica.

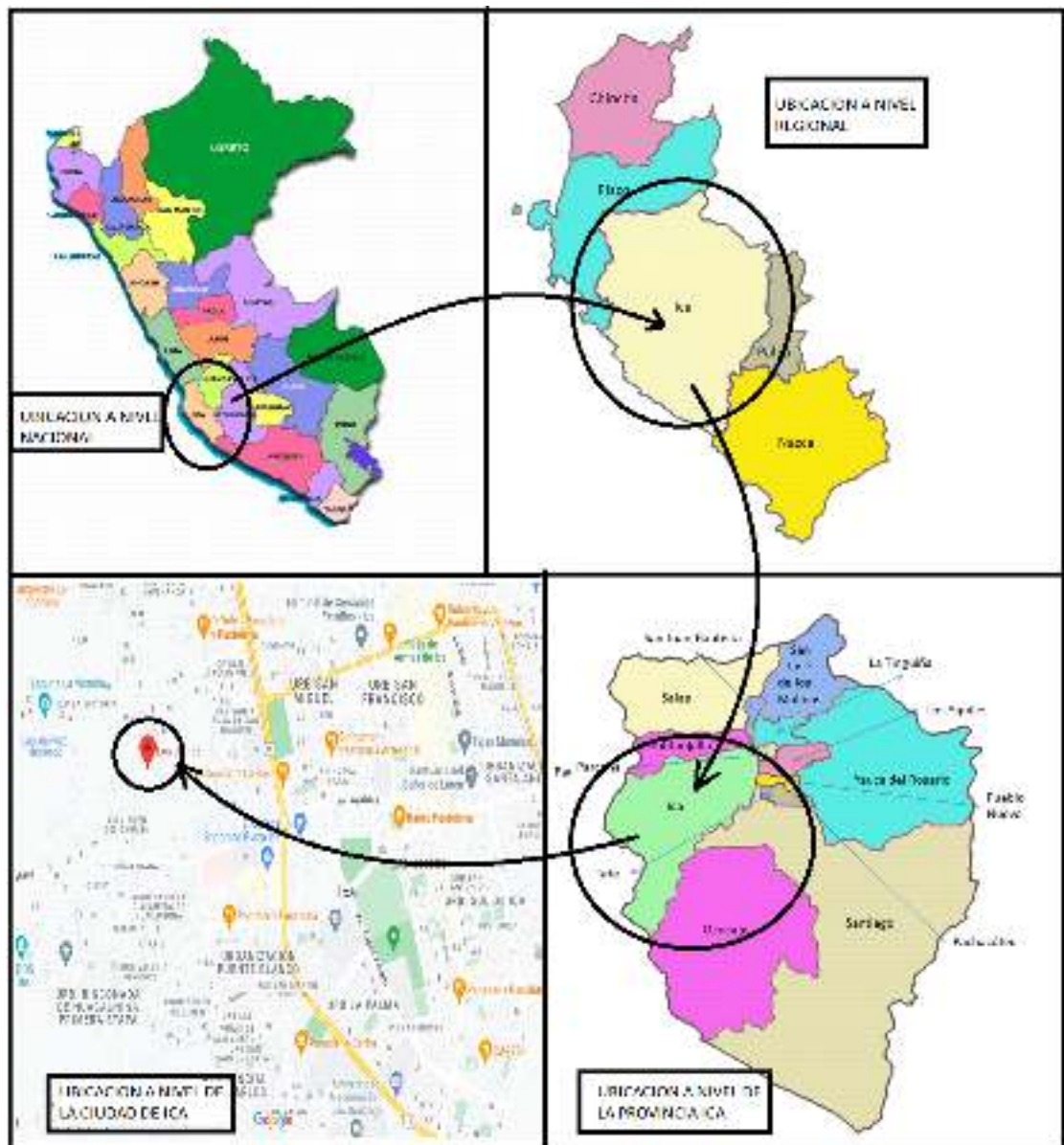


Fig. 3. Ubicación política y geográfica del Centro Poblado Los Juárez. Elaboración propia.

## 2.2. Tipo, nivel y diseño de investigación

### 2.2.1. Tipo de investigación

La investigación aplicada fue de tipo descriptiva, ya que tiene la capacidad de distinguir las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes estudio, debido a que se estudia la realidad urbana como un fenómeno y sus demás componentes.

### 2.2.2. Nivel de investigación

Se hizo una descripción y análisis del problema de vulnerabilidad sísmica en viviendas del centro poblado Los Juárez

### 2.2.3. Diseño de investigación

Diseño no experimental, ya que estas no establecen, ni pueden probar relaciones causales directas entre dos variables o entre dos elementos.

A la vez tiene un diseño trasversal en el tiempo.

## 2.3. Población y muestra materia de investigación

### 2.3.1. Población de estudio

Las viviendas del centro poblado Los Juárez

### 2.3.2. Muestra de estudio

Las 11 viviendas del Centro Poblado Los Juárez

## 2.4. Materiales, instrumentos y técnica de recolección de datos

Los materiales principalmente empleados para la recolección y procesamiento de datos fueron: Ficha de campo, Computadora, Cámara fotográfica, Materiales de escritorio e impresión y otros.

Previo al proceso de recolección de datos del presente trabajo de investigación, se elaboró fichas de recolección de datos, tomando como referencia el *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014)*, antecedentes y otras fuentes bibliográficas tomadas para la presente investigación. La ficha de recolección de datos, tal como se muestra en la **Imagen 1**. Anverso y de ficha de recolección, del anexo, el cual cuenta con los parámetros evaluados con sus respectivos vectores de priorización o ponderados.

El proceso de recolección de datos, con la ficha de recolección de datos, se realizó a través de encuestas y entrevistas, por un periodo aproximado de 30 minutos por cada poblador y propietario de las 11 viviendas que son parte de la muestra de la presente investigación. A la vez se empleó la observación, tomas fotográficas y toma de apuntes de aspectos relevantes para la investigación.

## 2.3 Procedimiento de la investigación

### 2.5.1. Desarrollo de metodología practica

Se desarrolló una metodología practica tomando como referencia el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014), a través de la aplicación del proceso de Análisis Jerárquico, Analytic Hierarchy Process por sus siglas en inglés AHP desarrollado por Thomas L. Saaty de “La Matriz Saaty”, se empleó por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión, cuyo resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión. Los parámetros evaluados fueron, el tipo de suelo donde se encuentran las viviendas que son parte de la presente investigación, para la presente investigación se tomaron en cuenta los suelos más representativos como son el suelo arenoso, franco arenoso y arenoso franco; otro parámetro evaluado fue el tipo de construcción, referido a la dirección técnica que se pudo haber tenido durante el proceso constructivo; y el ultimo parámetro evaluado fue el tipo de material predominante que se empleó en la construcción de las viviendas de la muestra representativa de la presente investigación, viviendas de estera, madera, adobe y ladrillos o bloque de concreto. Como resultado del proceso realizado se obtuvo la ficha para recolección de datos en campo, con los parámetros evaluados con sus respectivos vectores de priorización o ponderados.

Para la comparación de pares o jerarquización con prioridades se emplea la *Escala de Saaty* la cual se muestra en la **Tabla 3**. La escala numérica se emplea de acuerdo al criterio técnico del investigador, siguiendo la escala verbal y la explicación.

**Tabla 3**  
Escala de Saaty

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con 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 otro el primero se considera absolutamente o mucho más importante o preferido que el segundo
5	Mas importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo

3	Ligeramente más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro hay diferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante que ...	Al comparar un elemento con 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 otro el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante 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.	

**Nota:** Escala numérica para la comparación de pares [2, p. 207]

### 2.5.2. Recolección de datos y Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica

El proceso de recolección de datos se realizó en los meses de noviembre y diciembre del año 2019, mediante encuestas directamente con los propietarios de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez, el cual tuvo una duración promedio de 30 minutos aproximadamente; la recolección de datos se hizo mediante la Ficha elaborada en el proceso anterior.

Una vez obtenido los datos de campo se llevaron al procesamiento en gabinete y obtención de los resultados, el procesamiento de datos se realizó mediante hojas de cálculo de programa Excel, generando las tablas y gráficos de acuerdo a los ponderados establecidos en el proceso anterior.

La determinación de la vulnerabilidad sísmica se realizó de manera independiente, es decir para cada vivienda, obteniéndose un nivel de vulnerabilidad para cada una.

Los niveles de vulnerabilidad para la presente investigación fueron, nivel bajo, nivel medio, nivel alto y nivel muy alto.

### **2.5.3. Proposición de medidas de mitigación de la vulnerabilidad sísmica**

La reducción de la vulnerabilidad sísmica de la vivienda del Centro poblado Los Juárez se realizó a través de la proposición de medidas de mitigación de vulnerabilidad, para lo cual se procedió de la siguiente manera.

Con los resultados obtenidos se realizaron medidas de mitigación de la vulnerabilidad de acuerdo a los parámetros analizados y con un criterio técnico se propusieron medidas de mitigación de la vulnerabilidad calculada, buscando mejorar la seguridad de vida de la población del Centro Poblado los Juárez. Las medidas de mitigación fueron propuestas independientemente para cada vivienda, ya que los niveles de vulnerabilidad se analizan de manera independiente, para posteriormente volver a analizar la vulnerabilidad dando cuenta que se disminuyó en la medida de lo posible los niveles de vulnerabilidad, lo cual genera una mejora en la seguridad de vida de la población del Centro Poblado Los Juárez.

### **2.5.4. Análisis estadístico, discusión y resultados**

El proceso de análisis estadístico contempla la contrastación de la Hipótesis General de la investigación a través del método *t de student*, a través de la cual se verifica la aceptación de la hipótesis general, como resultado de la contrastación de la hipótesis se comprueba que Hipótesis General inicialmente planteada es aceptada para la investigación.

Por último, se dan a conocer resultados obtenidos se realizaron las discusiones, con los antecedentes tomados en cuenta para la elaboración del presente trabajo de investigación.

## **2.6. Variables de investigación**

### **2.6.1. Identificación de las variables**

#### **2.6.1.1. Variable Dependiente**

Seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez – Ica.

#### **2.6.1.2. Variable independiente**

Vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

## 2.6.2. Operacionalización de variables

**Tabla 4**  
Operacionalización de las variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo	Naturaleza	Escala	Indicadores	Instrumentos
Vulnerabilidad sísmica de las viviendas	Grado de susceptibilidad de una o un grupo de edificaciones, a sufrir daños parciales o totales, por la ocurrencia de movimientos sísmicos de una intensidad y magnitud dadas.	-Nivel de resiliencia de la población. (Manual del CENEPRED)	Variable independiente	Cuantitativa discreta	Ordinal	-Clasificación del tipo de suelo.  -Clasificación del tipo de construcción  -Tipo de material que predomina en la construcción.	-Matriz ponderada del proceso de análisis jerárquico. (Ficha de encuesta)  -Observación en campo.  -Trabajo de gabinete.

<p>Seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez – Ica</p>	<p>Situación de tranquilidad y de libre ejercicio de los derechos necesario para tener una buena calidad de vida, satisfaciendo las necesidades de la población del Centro Poblado Los Juárez - Ica</p>	<p>-Calidad de vida de los pobladores.  -Bienestar público.</p>	<p>Variable dependiente</p>	<p>Cualitativa</p>	<p>Nominal</p>	<p>-----</p>	<p>-----</p>
--	---	---	-----------------------------	--------------------	----------------	--------------	--------------

### 2.6.3. Matriz de consistencia

**Tabla 5**  
Matriz de consistencia

Tema	Planteamiento del problema	Objetivos del estudio	Hipótesis de investigación	Variables	Indicadores
<p>TITULO: Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en</p>	<p>1.Problema General ¿De qué manera determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación permite mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica?</p> <p>2.Problemas Específicos 2.1. ¿De qué manera conocer el tipo de suelo contribuye a determinar la vulnerabilidad sísmica</p>	<p>Objetivo General Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.</p> <p>Objetivos Específicos Identificar el grado de influencia del tipo de suelo para determinar la</p>	<p>Hipótesis general</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty mejora la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.</li> </ul> <p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El grado de influencia del tipo de suelo en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas</li> </ul>	<p>Variable Dependiente Seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez – Ica.</p>	<p>-Clasificación del tipo de suelo.</p> <p>-Clasificación del tipo de construcción</p> <p>-Tipo de material que predomina en la construcción.</p>

<p>el centro poblado Los Juárez – Ica</p>	<p>de las viviendas y proponer medidas de mitigación permite mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica?</p> <p>2.2. ¿De qué manera conocer el tipo de construcción permite determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación permite mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica?</p> <p>2.3. ¿De qué manera conocer el material predominante en la construcción permite determinar la vulnerabilidad sísmica de</p>	<p>vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica.</p> <p>Identificar el grado de influencia del tipo de construcción para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez – Ica.</p> <p>Identificar el grado de influencia del material predominante de la construcción para</p>	<p>utilizando la matriz de Saaty mejora la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El grado de influencia del tipo de construcción en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty mejora la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.</li> <li>• El grado de influencia del material predominante de la construcción, en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty mejorará la</li> </ul>	<p>Variable independiente</p> <p>Vulnerabilidad sísmica de las viviendas.</p>	
---	---	--	--	---	--

	<p>las viviendas y proponer medidas de mitigación permite mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez - Ica?</p>	<p>determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación para mejorar la seguridad de vida de la población en el Centro Poblado Los Juárez – Ica.</p>	<p>seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica.</p>		
--	---	--	---	--	--

### III RESULTADOS

#### 3.1. Recolección de datos en campo

##### 3.1.1. Desarrollo de metodología para recolección de datos

Se desarrolló una metodología practica tomando como referencia el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014), a través de la aplicación del proceso de Análisis Jerárquico, Analytic Hierarchy Process por sus siglas en inglés AHP desarrollado por Thomas L. Saaty de “La Matriz Saaty”. Los parámetros evaluados fueron, el tipo de suelo de las viviendas que son parte de la presente investigación, se tomaron en cuenta los suelos más representativos como son el suelo arenoso, franco arenoso y arenoso franco; otro parámetro evaluado fue el tipo de construcción, referido a la dirección técnica que se pudo haber tenido durante el proceso constructivo; y el ultimo parámetro evaluado fue el tipo de material predominante que se empleó en la construcción de las viviendas de la muestra representativa de la presente investigación, viviendas de estera, madera, adobe y ladrillos o bloque de concreto.

##### 3.1.2. Datos y gráficos

El proceso de recolección de datos se realizó durante los meses de noviembre y diciembre del año 2019, mediante entrevistas y encuestas directamente con los propietarios de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez, el cual tuvo una duración promedio de 30 minutos aproximadamente; la recolección de datos se hizo mediante la Ficha elaborada en el proceso anterior.

Una vez obtenido los datos de campo se llevaron al procesamiento en gabinete y obtención de los resultados, el procesamiento de datos se realizó mediante hojas de cálculo de programa Excel, generando las tablas y gráficos de acuerdo a los ponderados evaluados.

Los datos que se presentan a continuación son el resultado de la obtención de datos realizada con la ficha de campo, se presentan por cada parámetro establecido para la investigación.

##### 3.1.2.1. *Factor tipo de suelo*

En este proceso realizo el método de la observación in situ, los análisis de los parámetros se realizaron de manera independiente para cada vivienda de la muestra del estudio.

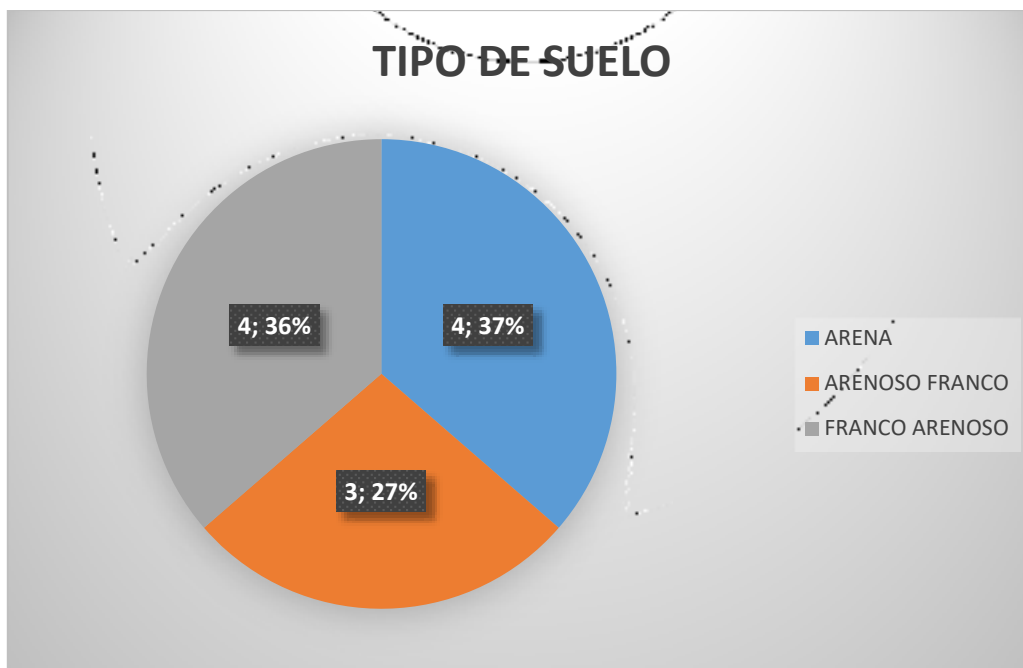
Los datos que se presentan a continuación en la **Tabla 6**, los cuales son el resultado de la obtención de datos realizada con la ficha de campo, se presentan por cada parámetro establecido para la investigación.

**Tabla 6**

Datos recolectados para el parámetro tipo de suelo

Vivienda	Arena	Arenoso franco	Franco arenoso
1		X	
2		X	
3		X	
4			X
5			X
6	X		
7	X		
8	X		
9			X
10	X		
11			X
TOTAL	4	3	4

Para mayor comprensión, los datos obtenidos mediante el trabajo de campo procesaron en gabinete, dicho proceso de datos se realizó a través de hoja de cálculo del programa *Excel office*, en el que se obtuvo el grafico circular que se parecía a continuación.



**Fig. 4.** Datos de campo de las viviendas para el parámetro tipo de suelo. Elaboración propia.

En la **figura 4**, se aprecia para el factor tipo de suelo, existen 4 viviendas que representan el 36 % de viviendas evaluadas que se encuentran en un tipo de suelo franco arenoso, a la vez se aprecia que 4 viviendas que representan el 37 % de las viviendas evaluadas se encuentran en un suelo tipo arena y por último existen 3 viviendas, que representan el 27%, que se encuentran en un suelo tipo franco arenoso. Se puede inferir de la figura 10 que la mayor parte de las viviendas de encuentran en un tipo de suelo arenoso y de la misma forma en un tipo de suelo franco arenoso, por otra parte, hay un menos número de viviendas que se encuentran en un tipo de suelo arenoso franco.

### 3.1.2.2. *Factor tipo de construcción*

En este proceso realizo el método de la encuesta a los propietarios, la obtención de los daos para los parámetros analizados se realizaron de manera independiente para cada vivienda de la muestra del estudio.

**Tabla 7**  
Datos recolectados para el parámetro tipo de construcción

Vivienda	Autoconstrucción	Maestro de obra	Participación de técnico profesional
1	X		
2		X	
3	X		

4		X	
5		X	
6	X		
7	X		
8		X	
9			X
10			X
11		X	
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>

Para mayor comprensión, los datos obtenidos mediante el trabajo de campo procesaron en gabinete, dicho proceso de datos se realizó a través de hoja de cálculo del programa *Excel office*, en el que se obtuvo el grafico circular que se parecía a continuación.

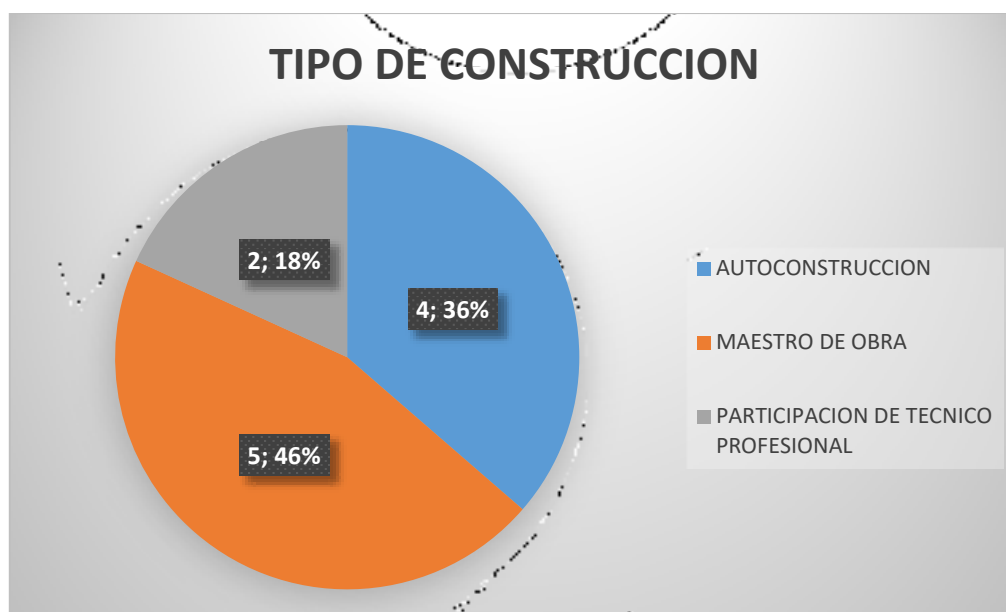


Fig. 5. Datos de campo de las viviendas para el parámetro tipo de construcción. Elaboración propia.

Como resultado en la **figura 5** se puede apreciar que el tipo de construcción que existen en el Centro Poblado “Los Juárez”, que el mayor resultado de este parámetros son las viviendas construidas por un maestro de obra con los valores de 5 viviendas que representa el 46% del total de viviendas evaluada, por otro lado el indicador de autoconstrucción reporta la existen 4 viviendas que representan el 36% del total de viviendas evaluada y por ultimo las viviendas

construidas con la participación de algún tipo de asesoramiento de técnico profesional representa el menor valor de los indicadores evaluados, con una representación de 2 viviendas las cuales constituyen el 18% del total de viviendas evaluada. Estos valores reflejan la deficiencia que tiene la población para construir sus viviendas mediante un asesoramiento de técnico, lo cual conlleva a que las viviendas tengan un alto índice de vulnerabilidad.

### 3.1.2.3. Factor tipo de material de construcción

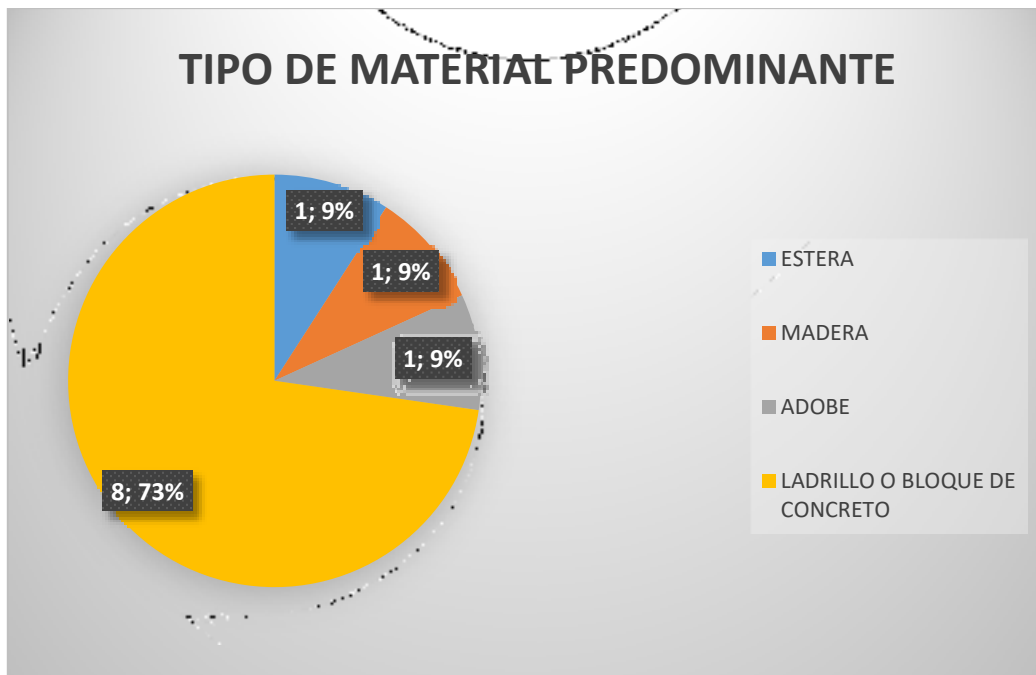
En este proceso se realizó el método de inspección ocular, recogiendo los datos en la ficha de campo, tomas fotográficas y toma de apuntes relevantes de las viviendas evaluadas, los parámetros analizados se realizaron de manera independiente para cada vivienda de la muestra del estudio.

**Tabla 8**

Datos recolectados para el parámetro tipo de material predominante

Vivienda	Estera	Madera	Adobe	Ladrillo o bloque de concreto
1			X	
2				X
3				X
4				X
5				X
6		X		
7	X			
8				X
9				X
10				X
11				X
TOTAL	1	1	1	8

Con los datos obtenidos mediante el trabajo de campo se llevó a cabo el respectivo procesamiento en gabinete, proceso realizado con el programa *Excel office*, en los que se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.



**Fig. 6.** Datos de campo de las viviendas para el parámetro tipo de material predominante. Elaboración propia.

En la **figura 6** se aprecia para el factor tipo material predominante, existen 8 viviendas que representan el 73 % de viviendas evaluadas que se construyeron con ladrillos o bloques de concreto, a la vez se aprecia que 1 vivienda que representan el 9% de las viviendas evaluadas se construyeron con estera, a la vez se aprecia que 1 vivienda que representan el 9% de las viviendas evaluadas se construyeron con madera y por último se aprecia que hay 1 vivienda que representan el 9% de las viviendas evaluadas que se construyeron con adobe. Se infiere de la figura 12 que la mayor parte de las viviendas evaluadas son de ladrillo o bloques de concreto y por otra parte existen algunas viviendas que son de material rustico como maderas, esteras o adobes, aunque e un porcentaje menor.

### 3.2. Determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del centro poblado los Juárez.

En el objetivo principal del presente proyecto de investigación, se plantea la determinación de la vulnerabilidad sísmica del centro poblado Los Juárez, para lo cual se realizó el procesamiento de datos en gabinete a través de una hoja de cálculo del programa *Excel office*.

En la **Tabla 9**, se aprecia el porcentaje de influencia que tiene cada parámetro en la determinación del nivel de vulnerabilidad de las viviendas que se analizaron, para el presente estudio, se resalta que este proceso se realizó en base a los objetivos específicos planteados.

**Tabla 9**  
Ponderación de parámetros

Parámetros	Ponderados	Porcentaje (%)
Tipo de material	0.143	14.286
Tipo de suelo	0.286	28.571
Tipo de construcción	0.571	57.143

Nota: Elaboración propia

La determinación del nivel de vulnerabilidad de cada vivienda, se realizó a través del índice de vulnerabilidad de cada vivienda, los índices de vulnerabilidad de cada vivienda se obtuvieron de la suma del producto del índice de campo por cada parámetro y el índice de jerarquización de los parámetros a evaluarse, estos se muestran en la **Tabla 10**.

**Tabla 10**  
Índices de vulnerabilidad de viviendas del Centro Poblado Los Juárez

vivienda	t. suelo	t. de construcción	t. material	índice de vulnerabilidad	nivel de vulnerabilidad
1	0.230	0.633	0.122	0.445	Alta
2	0.230	0.260	0.057	0.222	Media
3	0.230	0.633	0.057	0.436	Alta
4	0.122	0.260	0.057	0.192	Baja
5	0.122	0.260	0.057	0.192	Baja
6	0.648	0.633	0.263	0.584	Muy alta
7	0.648	0.633	0.558	0.627	Muy alto

8	0.648	0.260	0.057	0.342	Media
9	0.122	0.106	0.057	0.104	Baja
10	0.648	0.106	0.057	0.254	Media
11	0.122	0.260	0.057	0.192	Baja

Este índice se ubicó en los rangos que se muestran en la tabla inferior, esta clasificación dio el agrupamiento de viviendas en los diferentes niveles de vulnerabilidad sísmica, estos niveles se muestran en la **Tabla 11**.

**Tabla 11**

Niveles de vulnerabilidad y sus rangos de agrupación para los índices obtenidos

Nivel	Descripción	Rango	Color de identificación
Vulnerabilidad muy alta	Vivienda de estera, autoconstruida en un suelo conglomerado.	$0,508 \leq V \leq 0,662$	
Vulnerabilidad alta	Vivienda de madera, construida con un maestro de obra en un tipo de suelo arcillo limoso	$0,353 \leq V < 0,508$	
Vulnerabilidad media	Vivienda de adobe, construida con participación de profesional técnico en un suelo limoso	$0,199 \leq V < 0,353$	
Vulnerabilidad baja	Vivienda de ladrillo o bloque de concreto, con diseño y construcción bajo supervisión de un profesional y en un tipo de suelo arenoso.	$0,044 \leq V < 0,199$	

Se presentan los resultados de la vulnerabilidad de cada vivienda que representa la muestra de este proyecto de investigación, donde se puede apreciar que bajo los parámetros que se establecieron para realizar el estudio de las once viviendas que se tiene como la muestra representativa siete presenta una vulnerabilidad media y cuatro una vulnerabilidad alta, con estos resultados se da a conocer en porcentajes la los niveles de vulnerabilidad y los porcentajes de viviendas que son parte de ellos.



Fig. 7. Vulnerabilidad sísmica del Centro Poblado Los Juárez; fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la **Figura 7**, la vulnerabilidad de las viviendas en el centro poblado Los Juárez determinada bajo los parámetros, herramientas y procesos de la presente investigación dio como resultado que el mayor porcentaje de viviendas muestreadas tiene un nivel bajo, representando el 37% , seguido del 27% de las viviendas que tienen un nivel de vulnerabilidad media, así mismo el 18% de las viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad alta, al igual que el nivel de vulnerabilidad muy alta representada con 18% de las viviendas. Estos resultados obtenidos de los niveles de vulnerabilidad reflejan que, el menor porcentaje de las viviendas se encuentran en nivel de vulnerabilidad alta y muy alto, a pesar de ser un porcentaje bajo en comparación con los demás niveles, no deja de ser alarmante, ya que la seguridad de vida de las personas que habitan en las viviendas con nivel de vulnerabilidad alta y muy alta se ve afectada de manera negativa. Ante ello surge la necesidad de proponer medidas de mitigación, con el fin de disminuir el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez, las que a continuación se muestran.

### **3.3. Propuesta de medidas para mitigar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en el centro poblado Los Juárez**

En los objetivos principales de la presente investigación se plantea la proposición de las medidas de mitigación de la vulnerabilidad de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez, estas medidas están acorde a los parámetros evaluados y a los niveles de vulnerabilidad sísmica

obtenido por cada vivienda evaluada, luego del proceso de datos obtenidos en campo; dichas medidas se darán a conocer a continuación:

Organizar, capacitar y motivar a la población en acciones de prevención y comportamiento en caso ocurra un sismo de cualquier magnitud.

Tener en cuenta el factor suelo, en donde se edificará la vivienda, crear a través de estudios en mecánica de suelos para determinar los parámetros necesarios para una construcción segura.

Generar una base de datos o realizar una microzonificación de suelos, que se tenga acceso a los diferentes interesados.

Mejorar las edificaciones más vulnerables por el tipo de material que predomina (estera y madera) y optar por otros materiales que cumplan con los parámetros constructivos de las normas (RNE) existentes y vigentes.

Optar por los servicios de un profesional técnico capacitado para el diseño y supervisión del proceso constructivo en la construcción de nuevas viviendas y el reforzamiento de las existentes.

Reforzar las edificaciones que hayan sido afectadas por sismos anteriores que las han dejado vulnerables, este reforzamiento debe estar bajo los parámetros de la normativa (RNE) existente y vigente.

Emplear materiales de buena calidad que cumplan con los parámetros de las normas vigentes al momento de ser empleadas.

#### **3.4. Vulnerabilidad determinada con la aplicación de las medidas de mitigación propuestas.**

Para verificar que las medidas de mitigación de la vulnerabilidad propuestas para las viviendas en el centro poblado Los Juárez, cumplen con el objetivo de mitigar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez, se recalcula los índices de vulnerabilidad con los mismos instrumentos que fueron creados y aplicados en la determinación de la vulnerabilidad actual, este proceso nos da como resultado una vulnerabilidad proyectada, cuyos datos se muestran en la siguiente **Tabla 12**:

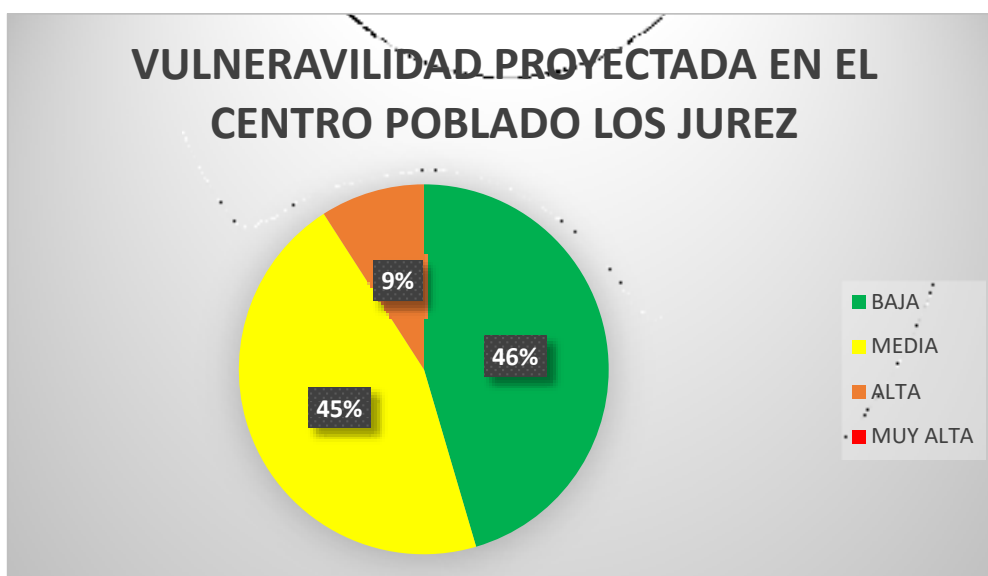
**Tabla 12**

Índices de vulnerabilidad proyectada del Centro Poblado Los Juárez

Vivienda	T. suelo	T. de construcción	T. material	Índice de vulnerabilidad	Nivel de vulnerabilidad
1	0.230	0.106	0.057	0.134	BAJA
2	0.230	0.260	0.057	0.222	MEDIA
3	0.230	0.260	0.057	0.222	MEDIA

4	0.122	0.260	0.057	0.192	BAJA
5	0.122	0.260	0.057	0.192	BAJA
6	0.648	0.260	0.263	0.371	ALTA
7	0.648	0.106	0.057	0.254	MEDIA
8	0.648	0.260	0.057	0.342	MEDIA
9	0.122	0.260	0.057	0.192	BAJA
10	0.648	0.106	0.057	0.254	MEDIA
11	0.122	0.260	0.057	0.192	BAJA

Para una mejor interpretación se procesaron los datos en gabinete a través de una hoja de cálculo. Esto generó el siguiente gráfico circular.



**Fig. 8.** Vulnerabilidad sísmica proyectada de las viviendas del Centro Poblado Los Juárez; fuente elaboración propia.

Como se aprecia la vulnerabilidad proyectada de las viviendas en el centro poblado Los Juárez determinada bajo los parámetros, herramientas y procesos de la presente investigación dio como resultado que el 46 % de las viviendas presentan nivel de vulnerabilidad baja, 45% de las viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad media y el 9 % de las viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad alta. Los valores obtenidos en el recálculo de los índices de vulnerabilidad en comparación con los resultados sin las propuestas de medidas de mitigación, reflejan en el incremento de viviendas con nivel de vulnerabilidad baja, así mismo el nivel de vulnerabilidad alto de viviendas reduce significativamente. Por otro lado, el nivel de vulnerabilidad muy alto

desaparece, lo cual se deduce que las viviendas con nivel de vulnerabilidad alto y muy alto pasan a tener niveles de vulnerabilidad baja y media, esta disminución en el grado de vulnerabilidad denota que de aplicarse las medidas de mitigación propuestas se reducirán los niveles de vulnerabilidad actuales, esto en consecuencia mejorara la seguridad de vida de la población del Centro Poblado Los Juárez. Este resultado concluye con el objetivo de determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del Centro Poblado Los Juárez.

### **3.5. Contrastación de la hipótesis general**

La contrastación o comprobación de la hipótesis general se realizó a través del método de la *t de student* siguiendo el siguiente procedimiento:

#### **3.5.1. Planteamiento de las hipótesis**

Hipótesis de la investigación:

Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación mejorara la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica

Ho: Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y proponer medidas de mitigación no mejorara la seguridad de vida de la población en el centro poblado los Juárez - Ica

H1: Los ponderados de vulnerabilidad de las viviendas del centro poblado Los Juárez encontrados son mayores que los proyectados

#### **3.5.2. Nivel de significancia ( $\alpha$ ) para proyecto de investigación.**

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

### 3.5.3. Elección de prueba estadística

Tabla 13

Pruebas estadísticas de acuerdo al tipo de investigación

Variable Aleatoria Variable Fija		PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS			PRUEBAS PARAMÉTRICAS
		NOMINAL DICOTÓMICA	NOMINAL DICOTÓMICA	ORDINAL	NUMÉRICA
Estudio Transversal Muestras Independientes	Un grupo	X Bondad de ajuste Binomial	X Bondad de ajuste	X Bondad de ajuste	T de Student (una muestra)
	Dos grupos	X Bondad de ajuste Corrección de Yates	X de Homogeneidad	U Mann-Withney	<b>T de Student (muestras independientes)</b>
	Más de dos grupos	X Bondad de ajuste	X Bondad de ajuste	H Kruskal-Wallis	ANOVA con un factor INTER sujetos
Estudio Longitudinal Muestras Relacionadas	Dos medidas	Mc Nemar	Q de Cochran	Wilcoxon	T de student (muestras relacionadas)
	Más de dos medidas	Q de Cochran	Q de Cochran	Friedman	ANOVA para medidas repetidas (INTRAsujetos)

Nota: Tomado de G. B. Toskano Hurtado [5].

De acuerdo a los datos que se tiene y al tipo de estudio se determina que la prueba adecuada para la contrastación de la hipótesis será:

*T de Student* (muestras Independientes)

### 3.5.4. Aplicación del método de *t de student*

La estadística de prueba es:

$$T = \frac{\bar{D}\sqrt{n}}{S_D}$$

Grados de libertad:

$$n = 11 - 1 = 10$$

La región de rechazo será:

$$t > t_\alpha; t_\alpha/P[T > t_\alpha] = 0.05$$

en la tabla t - student se obtiene que:

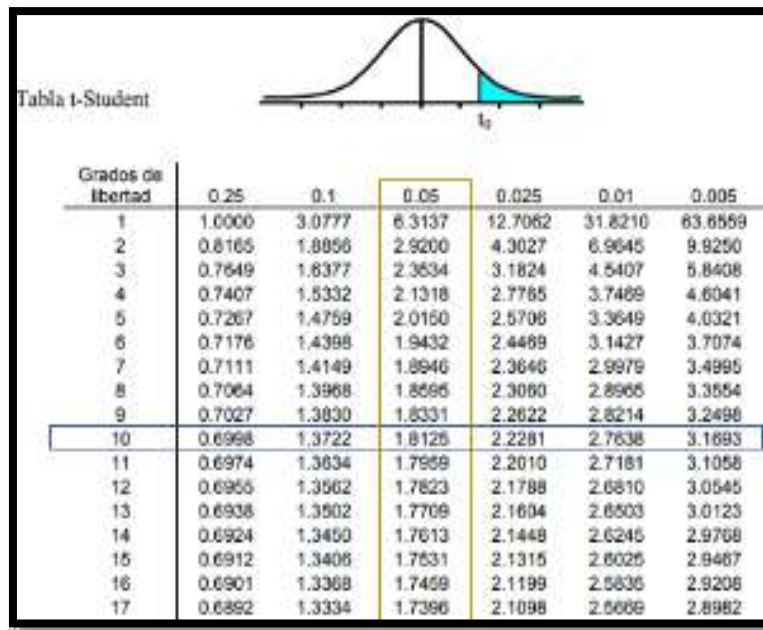


Fig. 9. Tabla t-student para determinar el “ta”. [10]

$$t_a = 1.8125$$

Se tiene que:

$$R.C: t > 1.8125$$

Calculo de la media y la desviación de nuestros datos de la muestra:

**Tabla 14**

Calculo de la media y la desviación de los datos de la muestra

Muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Índice de v. actual	44.49	22.24	43.56	19.16	19.16	58.44	62.66	34.19	10.36	25.39	19.16
Índice de v. proyectada	13.44	22.24	22.24	19.16	19.16	37.13	25.39	34.19	19.16	25.39	19.16

calculo de D, SD y t

**Tabla 15**

Calculo de la desviación y desviación estándar

Viviendas	Vulnerabilidad		Desviación estándar	
	Actual	proyectada	Di	(Di)^2
1	44.49	13.44	31.04	963.66
2	22.24	22.24	0.00	0.00
3	43.56	22.24	21.31	454.30
4	19.16	19.16	0.00	0.00
5	19.16	19.16	0.00	0.00
6	58.44	37.13	21.31	454.30
7	62.66	25.39	37.27	1389.16
8	34.19	34.19	0.00	0.00
9	10.36	19.16	-8.80	77.44
10	25.39	25.39	0.00	0.00
11	19.16	19.16	0.00	0.00
Total			102.14	3338.86

$$\bar{D} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{11} D_i = \frac{102.14}{11} = 9.29$$

$$S_D = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n D_i^2 - (\sum_{i=1}^n D_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{11(3338.86) - 102.14^2}{11 * 10}} = 15.461$$

$$t = \frac{\bar{D}\sqrt{n}}{S_D} = \frac{9.29\sqrt{11}}{15.461} = 1.9928$$

**t > R.C.****1.9928 > 1.8125**

A partir de los resultados estadísticos calculados se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ , siendo esta una hipótesis equivalente a la hipótesis general planteada en la investigación, se acepta y comprueba la hipótesis general.

## IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Metodología empleada para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

En método cualitativo empleado para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la presente investigación, permite una evaluación subjetiva de un grupo de viviendas o zona urbana, con una precisión más baja, la cual sirve como herramienta imprescindible en la generación de planes de mitigación de desastres, por otro lado P. A. Arteaga Mora [4] emplea una metodología cuantitativa para la evaluación de una estructura ubicada en la zona histórica ciudad de Cuenca, aunque la evaluación tiene una mayor precisión, los recursos empleados son iguales o mayores que cuando se emplea una metodología cualitativa, lo que denota la diferencia en el empleo de una u otra metodología.

En cuanto a la metodología cualitativa empleada para la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del Centro Poblado Los Juárez, el método AHP, es un método que satisface las expectativas de la investigación, es un instrumento que nos permite ir de lo cualitativo a lo cuantitativo por medio de la ponderación de parámetros, además de que permite priorizar los parámetros que se desea analizar y adaptarlo a los factores condicionantes del lugar donde se requiere aplicar. A diferencia de C. A. Mesta Cornetero [8] que emplea el método Índice de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini, el cual tiene parámetros con los índices de vulnerabilidad establecidos en una ficha para recolección de datos, el cual en algunos casos no se adecuan al lugar y tiempo de aplicación del método para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Esto nos permite tener en consideración que aun dentro de los métodos de análisis cualitativo existen diferencias que se deben tomar en cuenta para la ampliación de uno u otro método.

### 4.2 Parámetros analizados para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

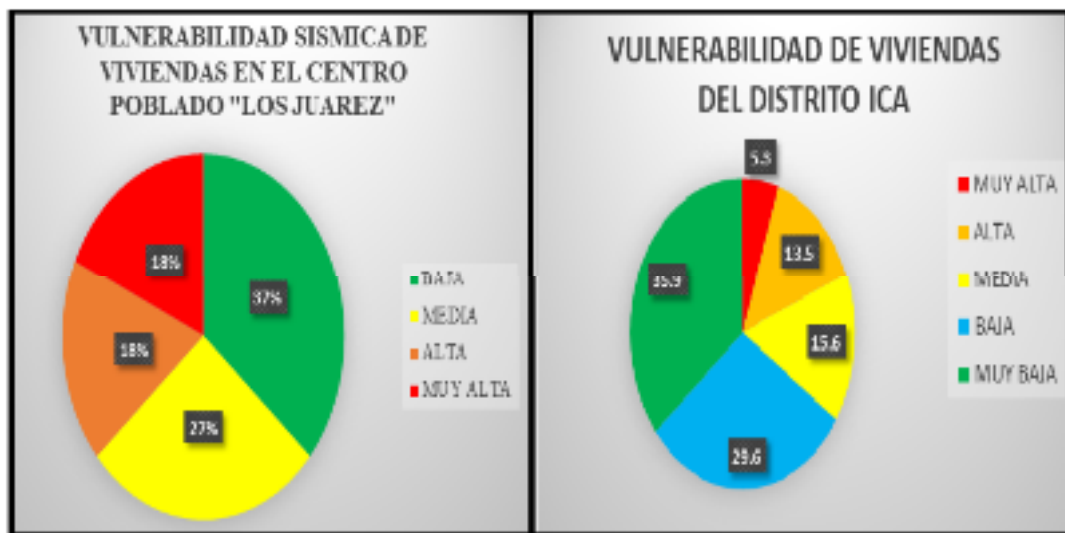
Los parámetros evaluados como son el tipo de suelo, el tipo de construcción y el tipo de material predominante en la construcción de las viviendas del Centro Poblado Los Juárez, fueron priorizados por un criterio técnico adecuado a la realidad problemática de la zona. Por otro lado R. E. Flores Ortega [9] evalúa parámetros como la configuración estructural de sus muros, la mala calidad de mano de obra y la alta sismicidad de la zona. Esto refrenda la premisa de que el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas es un tema de amplio y multidisciplinario, no obstante, de acuerdo al contexto, se puede priorizar los parámetros e indicadores que se desean evaluar.

#### **4.3 Medidas de mitigación propuestas**

Las medidas de mitigación propuestas buscan mejorar la seguridad de vida de la población de Centro Poblado Los Juárez, lo cual enfoca la presente investigación en el aporte social y no solo en generar un aporte de investigación científico, esto contribuye con el objetivo de la ciencia en la búsqueda de mejorar la vida de las personas. Lo cual no se ve reflejado en ninguno de los antecedentes que sirven de referencia para la presente investigación, los cuales solo llegan a generar conocimiento científico para posteriores investigaciones.

#### **4.4 Referente a los niveles de vulnerabilidad obtenidos**

En la **figura 10** se aprecia una comparación entre los niveles de vulnerabilidad obtenidos en el presente proyecto de investigación y los obtenidos por E. Llocella Gonzales [10] en su informe de investigación titulada "*EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN LOS DISTRITOS DE ICA, PARCONA Y LA TINGUIÑA*", como se explica en el ítem de ubicación de la presente investigación el Centro Poblado Los Juárez pertenece al distrito de Ica, razón por la cual se hace la comparación de estos resultados. De acuerdo a lo que se puede apreciar en la figura 25 que la vulnerabilidad de viviendas en el distrito de Ica en su mayoría presenta nivel de vulnerabilidad muy bajo y bajo con un porcentaje de 65.50% entre los dos mientras que el nivel de vulnerabilidad obtenido en la presente investigación el 37 % de viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad bajo. Por otra parte hay una gran diferencia también el nivel de vulnerabilidad alto ya que en el distrito de Ica solo el 5.3 % de viviendas tienen este nivel mientras que en el Centro Poblado Los Juárez el 18 % presenta el nivel de vulnerabilidad muy alto, estas diferencias expuestas no tendrían ninguna inferencia si no fuera porque el nivel de vulnerabilidad en el distrito de Ica se evaluó en el año 2005, dos años antes del sismo del 2007 que afectó en gran medida a la región Ica, dicho fenómeno evidenció que el nivel de vulnerabilidad de viviendas afectadas no se reflejan en los niveles de vulnerabilidad calculadas para el distrito de Ica. Esta diferencia da lugar a resaltar la importancia de una correcta evaluación, empleo de materiales y aplicación de metodologías idóneas para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas.



**Fig. 10.** Comparación del nivel de vulnerabilidad sísmica de viviendas del Centro poblado los Juárez y vulnerabilidad sísmica de viviendas del distrito Ica; fuente elaboración propia.

## V CONCLUSIONES

A manera de colofón se concluyen los siguientes párrafos:

Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas utilizando la matriz de Saaty conlleva a la proposición de medidas de mitigación, las cuales disminuyen el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez y en consecuencia mejoran la seguridad de vida de la población, dado que el bajo nivel de vulnerabilidad disminuye el riesgo de desastre en caso de ocurrencia de un fenómeno sísmico.

El grado de influencia del tipo de suelo representa el 28.571 % en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez.

El grado de influencia del tipo de material de construcción representa el 14.286 % en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez.

El grado de influencia del tipo de construcción representa el 57.143 % en la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez.

El proceso de análisis jerárquico AHP (matriz de Saaty), aplicado para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en el centro poblado Los Juárez, satisface de manera óptima las necesidades del proyecto de investigación, el cual contribuye al proceso de encaminar la investigación desde lo cualitativo a lo cuantitativo, lo cual nos permite medir mediante escalas numéricas los parámetros empleados en la investigación.

La vulnerabilidad de las viviendas en el centro poblado Los Juárez determinada bajo los parámetros, herramientas y procesos de la presente investigación dio como resultado que las viviendas con nivel de vulnerabilidad baja es el 37%, media de 17%, alta de 18% y muy alta de 18%.

Las medidas de mitigación propuestas para el centro poblado Los Juárez, están planteadas bajo los parámetros que intervienen la presente investigación y los niveles de vulnerabilidad resultantes, lo que dio como resultado que las viviendas con nivel de vulnerabilidad bajo son 46%, con nivel medio 45% y con nivel alto 9%.

## VI RECOMENDACIONES

Aplicar el método del proceso analítico jerárquico AHP en investigaciones cualitativas que requieran de medir sus parámetros de manera semicuantitativa.

Determinar el nivel de riesgo de las viviendas del centro poblado Los Juárez frente a un fenómeno sísmico.

Emplear parámetros adicionales que complementen la presente investigación, aplicadas en las dimensiones económica y ambiental de la vulnerabilidad.

Emplear métodos analíticos para determinar la vulnerabilidad sísmica del centro poblado Los Juárez.

Hacer un tipo de investigación longitudinal para observar la evolución de la vulnerabilidad por la aplicación de las medidas de mitigación propuestas.

Articular otras especialidades e instituciones que intervienen en el análisis de la vulnerabilidad sísmica.

## VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. A. Arteaga Mora, “*Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca – Ecuador*, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2016.
- [2] M. Huashua Huarcaya y A. Sánchez Contreras, *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las viviendas autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay – Apurímac*, Abancay: Universidad Tecnología de Los Andes, 2017.
- [3] Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, Manual para la Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales – 2da versión, Lima: Presidencia del Consejo de Ministros, 2014.
- [4] Instituto Nacional de Defensa Civil, Compendio Estadístico del Indeci en la atención de emergencias y desastres, Lima: Presidencia del Consejo de Ministros, 2011.
- [5] E. Llocella Gonzales, «Evaluación del riesgo sísmico en los distritos de Ica, Parcona y la Tinguña,» *Instituto Nacional de Defensa Civil*, vol. 1, nº 1, p. 21, 2005.
- [6] R. E. Flores Ortega, «Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del Distrito de Samegua, Región Moquegua,» *Revista Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*, vol. 3, nº 1, pp. 35-41, 2016.
- [7] C. A. Mesta Cornetero, *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones comunes en la Ciudad de Pimentel*, Pimentel: Universidad San Martín de Porres, 2014.
- [8] O. F. Pomahuacre Moya, *Diagnóstico de la vulnerabilidad sísmica y configuración estructural en viviendas autoconstruidas en el Distrito de Aucallama – Huaral – Lima*, Lima: Universidad Privada César Vallejo, 2017.
- [9] H. E. Palacios Garay y C. M. Tandaypan Hernández, *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica en las viviendas de Albañilería confinada desde el punto de vista Geotécnico-Sísmico del Centro Poblado El Milagro - Distrito de Huanchaco – Provincia de Trujillo*, Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2017.
- [10] G. B. Toskano Hurtado, *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores*, Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.

## VIII ANEXOS

### 8.1. Panel fotográfico



**Foto 1.** Se aprecia al tesista previo a los trabajos de recolección de datos



**Foto 2.** Trabajo de recopilación de datos, a través de encuesta.



**Foto 3.** Trabajo de recolección de datos y toma de apuntes.



**Foto 5.** Recopilación de datos y al fondo una vivienda rustica de estera.



**Foto 4.** Entrevista y toma de apuntes con los propietarios.



**Foto 8.** Vivienda de Material rustico (adobe) en las viviendas del CP Los Juárez



**Foto 6.** Se aprecia vivienda de madera prensada, con cobertura de material rustico.



**Foto 7.** Vivienda en estado de deterioro, construida de estera.



**Foto 8.** Vivienda de estera en estado regular.



**Foto 9.** Vivienda de albañilería con cobertura de caña y torta de barro.



**Foto 11.** Inspección técnica de viviendas en el C.P. Los Juárez



**Foto 10.** Se aprecia el interior de vivienda de material rustico.



**Foto 12.** Se observa los cimientos expuestos de vivienda.



**Foto 13.** Agrietamiento en veredas y accesos de las viviendas en el Centro Poblado Los Juárez.



**Foto 14.** Estructuras de madera con un mal proceso constructivo.



**Foto 15.** Agrietamiento de muro y se observa un mal proceso constructivo en la cobertura.

## 2.1 Ficha de recolección de datos

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE CA			PONDERADOS CON EL METODO MULTICRITERIO Y LA ESCALA DE SAATY	
<b>UBICACION:</b> MANZANA: _____ LOTE: _____ COORDENADAS UTM: ESTE: _____ NORTE: _____			<b>1. DIMENSION SOCIAL</b> <b>1.1 FACTOR FRAGILIDAD</b> 1.1.1 Tipo de Suelo PARAMETROS: PUNTO=1-100 PUNTO=1000	
<b>NABITANTES:</b> NOMBRES Y APELLIDOS: _____ EDAD: _____ NIVEL EDUCATIVO: _____			AREA: 0.250 AREA DE PUNTO: 0.300 AREA DE AREA: 0.750 1.1.2 Tipo de Construcción PARAMETROS: PUNTO=1-100 PUNTO=1000	
<b>ESTRUCTURA:</b> NUMERO DE PISOS: _____ TIPO DE CONSTRUCCION: _____			AUTO CONSTRUCCION: 2.000 CON MAESTRO DE OBRAS: 2.000 PARTICIPACION DE PERSONAL TECNICO: 2.100 <b>1.3 Material Ponderado en la construcción de la vivienda</b> PARAMETROS: PONDERADOS	
			LISTA DE MATERIAL: 2.500 MADERA: 2.200 ACERO: 2.100 BLOQUE DE CONCRETO: 2.000	

Imagen 1. Anverso y Reverso de la Ficha para recolección de datos de Campo. Elaboración propia.

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE CA			PONDERADOS CON EL METODO MULTICRITERIO Y LA ESCALA DE SAATY	
<b>UBICACION:</b> <i>De los Pinos</i> MANZANA: _____ LOTE: _____ COORDENADAS UTM: ESTE: <i>749264.04</i> NORTE: <i>801541.24.32</i>			<b>1. DIMENSION SOCIAL</b> <b>1.1 Tipo de Suelo</b> PARAMETROS: PONDERADOS AREA: 0.250 AREA DE PUNTO: <i>2.400</i> AREA DE AREA: 0.750	
<b>NABITANTES:</b> NOMBRES Y APELLIDOS: <i>Dona Elizabeth Pineda</i> EDAD: <i>38</i> NIVEL EDUCATIVO: <i>Secundaria Incompleta</i> <i>Maria Rosa Yula</i> <i>38</i> <i>Primaria Incompleta</i> <i>Maria Rosa Ceballos</i> <i>18</i> <i>Alfabeto</i> <i>Irma Rosa Araya</i> <i>40</i> <i>Secundaria Incompleta</i> <i>Marta Rosa Ceballos</i> <i>18</i> <i>Alfabeto</i> <i>Josua Rosa Ceballos</i> <i>10</i> <i>Alfabeto</i>			<b>1.1.2 Tipo de Construcción:</b> PARAMETROS: PONDERADOS AUTO CONSTRUCCION: 2.000 CON MAESTRO DE OBRAS: <i>2.000</i> PARTICIPACION DE PERSONAL TECNICO: 2.100 <b>1.1.3 Materiales Ponderados en la construcción de la vivienda</b> PARAMETROS: PONDERADOS LISTA DE MATERIAL: 2.500 MADERA: 2.200 ACERO: 2.100 BLOQUE DE CONCRETO: 2.000	
<b>ESTRUCTURA:</b> NUMERO DE PISOS: <i>1</i> TIPO DE CONSTRUCCION: <i>Apoyada</i>				

Imagen 2. Ficha de recolección de datos llenada. Elaboración propia.



## 2.1 Planos



