

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**“RIESGO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE
DEL CENTRO HISTÓRICO DE CAJABAMBA”**

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

AUTOR:

Bach. Lucila Vargas Niquín

ASESOR:

Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez

CAJAMARCA – PERÚ

2023

AGRADECIMIENTO

La presente investigación es la suma de aportes y colaboraciones de diferentes personas a quienes expreso mi más grande y sincero agradecimiento:

- A Dios, por brindarme la fortaleza, sabiduría y salud.
- A mi asesor Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, por su guía en la elaboración de esta investigación.
- Al jurado de esta tesis: Mg. Ing. Hugo Miranda Tejada, Ing. Marcos Mendoza Linares, Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo, por su colaboración en esta investigación.

Un agradecimiento especial a mi familia:

- A mi papá Celso, por sus enseñanzas y valores que inculcó en mí.
- A mi mamá Antonia, por ser mi soporte en cada dificultad y por su amor incólume.
- A mis tíos Alejandro y María, por su apoyo incondicional.
- A mis primos Lilian y Víctor, por su bondad y apoyo.
- A Alberto, por ser mi soporte en cada proyecto.

A todos ustedes, gracias infinitas.

Lucila.

DEDICATORIA

Dedico mi investigación con mucho amor, cariño y respeto:

A Dios

Por haberme brindado la sabiduría para llegar hasta aquí y continuar en este camino.

A mi mamá Antonia y a mi papá Celso

Por su apoyo, comprensión y amor. Por ser mi ejemplo en valores y decencia.

A mi hijito Xavi

Por ser mi fuente de inspiración.

A mis hermanos Ever y Wilmer

Por ser mi fortaleza.

A Alejandro, María, Víctor y Lilian

Por su apoyo incondicional.

A mis amigos

Ángel Ares, Emanuel, Moisés, Juan Carlos y Analí, por su amistad sincera.

A Alberto

Por ser mi apoyo y soporte en cada proyecto.

Lucila.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del Problema	5
1.3 Hipótesis.	5
1.4 Justificación de la investigación.....	5
1.4.1 Justificación Científica	5
1.4.2 Justificación Técnica – Práctica.	5
1.4.3 Justificación Institucional y Personal.....	6
1.5 Alcance y Delimitación de la investigación	6
1.5.1 Alcance.....	6
1.5.2 Delimitación de la investigación	6
1.6 Limitaciones.....	6
1.7 Objetivos.....	7
1.7.1 Objetivo General.....	7
1.7.2 Objetivos Específicos.....	7
1.8 Organización del proyecto de Tesis.....	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	1
2.1 Antecedentes Teóricos	2
2.1.1 Internacionales.....	2
2.1.2 Nacionales.....	5
2.1.3 Locales.....	6

2.2 Bases Teóricas	8
2.2.1 Sismo.....	8
2.2.2 Sismicidad en el Perú	8
2.2.3 Adobe.....	10
2.2.4 Vulnerabilidad Sísmica	10
2.2.5 Método de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica: ATC 21 - FEMA 154. ...	16
2.2.6 Amenaza o Peligro sísmico	37
2.2.7 Riesgo sísmico.....	46
2.2.8 Consideraciones para la construcción con tierra reforzada/ Intervención técnica en obras patrimoniales de tierra: NTP E 0.80.	49
2.2.9 Definición de Términos Básicos.....	50
2.3 Definición de Variables	51
2.3.1 Operacionalización de Variables.....	51
2.3.2 Matriz de consistencia	52
CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOS.....	53
3.1 Ubicación de la zona de estudio	54
3.2 Tipo de Investigación.....	56
3.2.1 Según el propósito de la investigación.....	56
3.2.2 Según el enfoque de la investigación	57
3.2.3 Según el ámbito de investigación	57
3.2.4 Según el periodo de la investigación	57
3.2.5 Según el alcance de la investigación	57
3.3 Población de estudio.....	57
3.4 Muestra... ..	58
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.	58
3.5.1 Técnicas	59
3.5.2 Instrumentos	59
3.6 Procedimientos	60
3.6.1 Vulnerabilidad Sísmica, Método ATC 21 - FEMA 154	60
3.6.2 Parámetros de la Evaluación	64
3.6.3 Puntaje “S”	69

3.6.4 Determinación del Riesgo Sísmico	71
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	74
4.1. Resultados de la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica	75
4.2. Resultados de la evaluación del Peligro Sísmico.....	76
4.3. Resultados de la evaluación del Riesgo Sísmico.....	77
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1. Conclusiones	80
5.2. Recomendaciones.	80
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	81
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Mapa Sísmico del Perú	9
Figura 2. 2. Relación de daños e intensidades sísmicas comparativas para construcciones con uso de diferentes tipos de materiales	13
Figura 2. 3. Daños y fallas recurrentes en viviendas de adobe ante la ocurrencia de sismos.....	14
Figura 2. 4. Falla típica por tracción.....	15
Figura 2. 5. Tipo de falla por corte.....	15
Figura 2. 6. Falla por flexión.....	16
Figura 2. 7. Sección de datos generales de la edificación	22
Figura 2. 8. Variación en planta y altura.....	25
Figura 2. 9. Ubicación del esquema en planta y elevación de la edificación en la ficha de recolección	26
Figura 2. 10. Ubicación del registro fotográfico de la edificación en la ficha de recolección.....	27
Figura 2. 11. Sección de selección del tipo de suelo de la edificación.....	29
Figura 2. 12. Sección de identificación del sistema y puntuación estructural básica.	31
Figura 2. 13. Sección de selección de los modificadores de puntaje estructural. ...	32
Figura 2. 14. Irregularidades verticales	33
Figura 2. 15. Ejemplo de Irregularidades en planta.....	33
Figura 2. 16. Probabilidad estimada de falla según el puntaje obtenido	37
Figura 2. 17. Clasificación de los principales peligros.....	38
Figura 2. 18. Peligros de origen natural a tratar.....	39
Figura 3. 1. Ubicación de la ciudad de Cajabamba.....	54
Figura 3. 2. Ubicación del Centro Histórico de Cajabamba.....	55
Figura 3. 3. Ubicación de las edificaciones a evaluar en el Centro Histórico de Cajabamba	56
Figura 3. 4. Presencia de balcones en las edificaciones evaluadas.	63
Figura 3. 5. Presencia de cornisas en la Iglesia San Nicolás de Tolentino	64
Figura 3. 6. Presencia de cornisas y aleros en la Municipalidad de Cajabamba. ...	64
Figura 3. 7. Zonas sísmicas del Perú.....	65
Figura 4. 1. Porcentaje de niveles de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica ...	75

Figura 4. 2. Porcentaje de niveles de la evaluación del peligro sísmico	77
Figura 4. 3. Porcentaje de niveles de evaluación del Riego sísmico.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Puntajes básicos de riesgo estructural según los diferentes niveles de sismicidad.....	18
Tabla 2. 2. Formato suministrado por el ATC 21 – FEMA 154.....	19
Tabla 2. 3. Cuadro de Regiones sísmicas.....	21
Tabla 2. 4. Determinación de los códigos sísmicos por años.....	24
Tabla 2. 5. Tipos de suelo.....	28
Tabla 2. 6. Guía de identificación de los modificadores "Pre-code" y "Benchmark post" en las edificaciones.....	34
Tabla 2. 7. Estrato, descripción y valor de las zonas de peligro.....	42
Tabla 2. 8. Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica.....	43
Tabla 2. 9. Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.....	44
Tabla 2. 10. Valores de los parámetros del peligro sísmico.....	44
Tabla 2. 11. Rango de valores para el cálculo del peligro sísmico.....	45
Tabla 2. 12. Combinaciones de los parámetros para la evaluación del peligro sísmico.....	45
Tabla 2. 13. Calificación del Peligro Sísmico.....	46
Tabla 2. 14. Matriz de Peligro y Vulnerabilidad.....	48
Tabla 2. 15. Operacionalización de Variables.....	51
Tabla 2. 16. Matriz de consistencia.....	52
Tabla 3. 1. Código sísmico de las viviendas evaluadas.....	61
Tabla 3. 2. Año de construcción de las viviendas evaluadas.....	62
Tabla 3. 3. Variación en planta y altura de las viviendas evaluadas.....	62
Tabla 3. 4. Irregularidad en altura de las viviendas evaluadas.....	66
Tabla 3. 5. Irregularidad en planta de las viviendas evaluadas.....	67
Tabla 3. 6. Tipología del sistema estructural de las viviendas evaluadas.....	68
Tabla 3. 7. Tipo de suelo de las viviendas evaluadas.....	69
Tabla 3. 8. Puntaje final S.....	69
Tabla 3. 9. Interpretación del puntaje obtenido.....	70
Tabla 3. 10. Determinación de la vulnerabilidad.....	71
Tabla 3. 11. Determinación del peligro sísmico.....	72
Tabla 3. 12. Cálculo del riesgo sísmico.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 01.....	83
Anexo 2. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 02.....	84
Anexo 3. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 03.....	85
Anexo 4. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 04.....	86
Anexo 5. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 05.....	87
Anexo 6. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 06.....	88
Anexo 7. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 07.....	89
Anexo 8. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 08.....	90
Anexo 9. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 09.....	91
Anexo 10. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 10.....	92

RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis comprendió la determinación del nivel de riesgo sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba, para dicho fin se realizó la recolección de la información requerida en las plantillas dadas por la Metodología del ATC 21 –FEMA154, la cual se obtuvo las siguientes fuentes: mapas de peligrosidad sísmica, mapa de la zonificación de la ciudad de Cajabamba; el estudio de suelos y estudio topográfico se obtuvo del Proyecto del paseo peatonal Jr. Grau de Cajabamba, la información adicional necesaria se tomó de la consulta a los propietarios de las edificaciones evaluadas y de la inspección visual in situ. En gabinete, se realizó la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica haciendo uso de la metodología dada por el ATC 21 – FEMA 154. El peligro sísmico se calculó mediante método probabilístico. Una vez obtenidos ambos resultados se procedió a calcular el Riesgo Sísmico. Se determinó que el 30% de viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica alta y el 70% tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica media. Respecto al peligro sísmico, el 30% de viviendas presentan un nivel de peligro sísmico alto y el 70% de viviendas presentan un nivel de peligro sísmico medio. Finalmente se determinó que el Riesgo Sísmico en el 30% de viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba tiene una calificación de nivel de riesgo sísmico alto y el 70% presenta un nivel de riesgo sísmico medio.

Palabras clave: Riesgo Sísmico, Peligro Sísmico, Vulnerabilidad Sísmica, Inspección Visual Rápida, ATC 21 –FEMA154.

ABSTRACT

The main objective of this thesis included the level of seismic risk determination of the Historic Center of Cajabamba adobe houses, for this purpose, the collection of required information in the templates given by the ATC 21 -FEMA154 was conducted, in which the following sources were obtained: seismic riskiness maps, Cajabamba city zoning map; the land study and topographic study was obtained from the Grau of Cajamarca street pedestrian crossing project, the necessary additional information was taken from the owners of the evaluated buildings' consultation and the in situ visual inspection. In the office, the evaluation of the Seismic Vulnerability was conducted using the methodology given by ATC 21 – FEMA 154. The seismic hazard was calculated using the probabilistic method. Once both results were obtained, the Seismic Risk was calculated. It was determined that 30% of homes have a high seismic vulnerability level and 70% have a medium seismic vulnerability level. Regarding the seismic hazard, 30% of homes have a high seismic risk level and 70% of homes have a medium seismic risk level. Finally, it was determined that the Seismic Risk in 30% of adobe homes of the Historic Center of Cajabamba have a high seismic risk level rating and 70% present a medium seismic risk level.

Key words: Seismic Risk, Seismic Hazard, Seismic Vulnerability, Rapid Visual Inspection, ATC 21 – FEMA 154

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Los sismos o terremotos son procesos mediante los cuales, de manera repentina, se libera una gran cantidad de energía acumulada en el interior de la tierra o por movimientos de las placas tectónicas, la cual se expresa a manera de ondas. La zona que posee una actividad sísmica alta se denomina Cinturón o Anillo de Fuego del Pacífico, que abarca a 14 países del continente americano, incluyendo el Perú.

A nivel nacional, de acuerdo con el Instituto Nacional de estadística e informática INEI (2017) se conoce que, el adobe y tapial representan el 27,9% del total de viviendas construidas, convirtiéndose en el segundo material más utilizado en las paredes exteriores de las viviendas particulares.

Debido a la ocurrencia de sismos de intensidad fuerte y moderada, Preciado et al. (2020) sugiere evaluar y formular la reducción del riesgo de desastres en edificios de mampostería no reforzada URM¹ existentes e históricos (es decir, construcciones y monumentos de patrimonio cultural), ya que no es posible predecir la ocurrencia de un evento sísmico futuro y tratándose de las áreas más pobladas de las ciudades, se hace indispensable el estudio de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de este tipo de edificaciones, a fin de desarrollar e implementar acciones para reducir el nivel de riesgo sísmico.

Las edificaciones existentes en el Centro Histórico de Cajabamba han sido, en su mayoría, autoconstruidas, sin supervisión técnica ni especializada; cuyo material de construcción es el adobe. Estas edificaciones datan desde hace 150 años o más, algunas han sufrido modificaciones internas y otras mantienen su estado inicial. Todos estos factores combinados con la amenaza sísmica y la vulnerabilidad estructural hacen meritorio el estudio de este tipo de edificaciones.

A la actualidad, no se han realizado estudios respecto a la vulnerabilidad, riesgo o peligro sísmico en el Centro Histórico de Cajabamba que consideren las actualizaciones de la normativa peruana vigente (E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada). Por lo tanto, en este trabajo de investigación se determina el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba, utilizando la metodología dictada por el ATC 21 – FEMA 154 (Consejo de Tecnología

¹ URM: Mampostería no reforzada

Aplicada - Agencia Federal para Manejo de Emergencias), que evalúa las condiciones actuales de las edificaciones estudiadas.

1.2 Formulación del Problema

Del contexto expuesto, en la presente investigación se determina:

¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de adobe del centro histórico de Cajabamba?

1.3 Hipótesis

A. Hipótesis General

Las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba tienen un nivel de riesgo sísmico alto.

B. Hipótesis Específicas

- ✓ El nivel de peligro sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba, es alto.
- ✓ El nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba, es alta.

1.4 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica de acuerdo a:

1.4.1 Justificación Científica

Con el desarrollo de esta investigación se busca realizar aportes respecto al desempeño de las viviendas de adobe frente a un evento sísmico, evaluando la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico, cuyos resultados podrán sistematizarse en una metodología de evaluación.

1.4.2 Justificación Técnica – Práctica.

Esta investigación tiene una justificación técnica y práctica, porque existe la necesidad de conocer el riesgo sísmico que tienen las viviendas de adobe el Centro Histórico de Cajabamba, además porque no existe como antecedente un estudio que se haya realizado en este lugar, así mismo; con los resultados obtenidos se podrá

formular propuestas de solución para poder diseñar, construir y planificar la intervención o modificación del sistema estructural que lo conforma.

1.4.3 Justificación Institucional y Personal

La presente investigación se justifica a nivel institucional, porque cumple una de las funciones sustanciales de la Universidad Nacional de Cajamarca al tratarse de un estudio de proyección social. Además, es importante a nivel personal porque me permite desarrollar y profundizar mis conocimientos en el área de estructuras y con ello la obtención del Título Profesional.

1.5 Alcance y Delimitación de la investigación

1.5.1 Alcance

La investigación evaluó los niveles de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las edificaciones del Centro Histórico de Cajabamba, que en su mayoría son de dos pisos, construidas con adobe, madera y techo de teja, instalaciones eléctricas y sanitarias, haciendo uso del método ATC 21 (FEMA 154) ² y de la norma técnica E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada.

1.5.2 Delimitación de la investigación

1.5.2.1 Espacial.

La investigación se desarrolló en Centro Histórico de Cajabamba (Zona Monumental= ZM), ubicado en la Provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.

1.5.2.2 Temporal.

La investigación tiene esta delimitación, debido a que el riesgo sísmico que pueden sufrir estas viviendas es todas las épocas del año, dado que los sismos son difíciles de predecir y pueden darse en cualquier tiempo y época.

1.6 Limitaciones

Una de las limitantes que se tiene en esta investigación es el no poder realizar la inspección interna de algunas de las edificaciones, ello considerando que no es muy

² Método ATC (FEMA 154) Procedimiento de Investigación Visual Rápida RVS (“Rapid Visual Screening Procedure”)

sencillo ubicar a los dueños (que viven en otros lugares) y suelen alquilar estas edificaciones a terceros o, en su defecto, la negativa de los propietarios a brindar información de sus viviendas o brindar permisos para la inspección de las mismas.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

- ✓ Determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba.

1.7.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba.
- ✓ Determinar el nivel de peligro sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba.

1.8 Organización del proyecto de Tesis

Se divide en cinco capítulos, tal como se detalla:

Capítulo I: Comprende la introducción, planteamiento del problema, formación hipótesis, justificaciones, alcances y objetivos.

Capítulo II: Contiene las bases teóricas o antecedentes y las definiciones de la terminología básica. Se explica la metodología ATC 21 - FEMA 154 para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica, asimismo se explica el cálculo del peligro y del riesgo sísmico por el método probabilístico.

Capítulo III: se detalla la ubicación geográfica del Centro Histórico de Cajabamba, además se explica el procedimiento y describe de los métodos y técnicas que se utilizan, así mismo, se continua con el tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

Capítulo IV: se presenta el análisis y discusión de los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados, resaltando las

coincidencias o diferencias con los resultados obtenidos en las bases o antecedentes teóricos.

Capítulo V: se presentan las conclusiones correspondientes a los objetivos planteados. Se presentan también las recomendaciones a considerar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricos

2.1.1 Internacionales

Preciado et al. (2020), en su artículo científico, evaluó la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones autoconstruidas de adobe, ubicadas en el Municipio de Tlajomulco, México. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica lo desarrolló haciendo uso de enfoques simplificados como el método del índice de vulnerabilidad, a fin de lograr determinar diversos escenarios respecto al desempeño sísmico que tendrían las edificaciones y sus respectivas propuestas para reducir el riesgo sísmico de las mismas. Para lograr el objetivo planteado, se hizo uso de una muestra representativa de 180 edificaciones con variaciones en el material usado para su construcción, altura, tipo de cubierta, estado de conservación y nivel de diseño sísmico. Los resultados encontrados en la muestra se utilizaron como base para representar los resultados del daño sísmico del espacio geográfico completo en estudio que consta de 15,000 edificios existentes aproximadamente.

Las conclusiones de los resultados obtenidos fueron:

- ✓ Ante un sismo de intensidad VI, un total de 2583 viviendas tienen vulnerabilidad alta y muy alta.
- ✓ Para un evento sísmico de intensidad VII, el nivel de daño estimado es el derrumbe de 983 casas de adobe muy vulnerables.
- ✓ Para un sismo de intensidad VIII, se estima un daño la pérdida de 2583 mal confinadas.
- ✓ El peor de los escenarios se obtiene por la ocurrencia de un sismo de intensidad IX o superior, que provocaría el colapso del entorno total, incluso las casas de mampostería confinada con diseño sísmico.

Cárdenas (2021), en su tesis doctoral, estudió la caracterización estructural y la vulnerabilidad de edificaciones de adobe ante diferentes escenarios sísmicos, para lograr dicho objetivo hizo uso de una muestra de 45 edificaciones consideradas patrimonio cultural del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca – Ecuador. Para el desarrollo de los cálculos hizo uso de pruebas respecto a diferentes tipos de esfuerzo, considerado el adobe común, adobe estabilizado y bloques de tierra comprimida. Realizo un total de 270 ensayos de compresión, tracción y flexión. Obtenidos los

cálculos, amplió el panorama de estudio construyendo una base de 2670 datos de ensayo en cinco países (Colombia, Ecuador, España, México y Perú). Recolectó la información de 14 edificaciones de 1 planta y 31 edificaciones de 2 plantas. Los resultados hicieron notoria la gran diferencia de valores obtenidos según el material, la capacidad a compresión de los bloques de adobe estabilizados y/o comprimidos tienen capacidades mayores a las del adobe tradicional.

Se determinó que:

- ✓ Aplicando el enfoque empírico determinó que para un sismo con aceleración en roca $Z = 0,05$ g, el 2% tienen vulnerabilidad baja, el 69% vulnerabilidad media y el 29% vulnerabilidad alta y para $Z = 0,25$ g, el 16% tiene vulnerabilidad media y el 84 % vulnerabilidad alta.
- ✓ Aplicado el método capacidad – demanda, se determinó el daño, dando como resultado que todos los mecanismos son altamente propensos al colapso, si se someten a intensidades altas de sismo.

Cando et al. (2018), en el desarrollo de su artículo científico, determinaron la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones ubicadas en el Barrio Selva Alegre, en el sector del Valle de Los Chillos – Ecuador, ante posibles eventos sísmicos mediante la metodología del ATC – FEMA, además consideraron los estudios e investigaciones que realizaron la Secretaría de Gestión de Riesgos. Para lograr su objetivo, dividieron el área de estudio en 6 zonas considerando la distribución de las manzanas que conforman el espacio geográfico de estudio. La muestra en esta investigación fue de 103 viviendas, de las cuales 88 están construidas a base de hormigón armado (C1), 01 edificación de madera (W1), 01 edificación de elementos metálicos (S3) y 13 construcciones de mampostería y adobe (URM), correspondientes a mampostería no reforzada. La mayoría de construcciones estudiadas fueron de forma regular, tanto en elevación como en planta, además el 84% son de máximo dos pisos de altura. Asimismo, los autores identificaron que el problema más frecuente es la falta de separación entre una edificación y otra, lo que puede producir golpeteo y choques en un sismo, ello debido a que en su mayoría estas edificaciones han sido construidas sin supervisión profesional y sin considerar ningún código sísmico.

El resultado obtenido de esta investigación es que, del total de 103 edificaciones estudiadas, 97 tienen un buen desempeño sísmico, por lo que no es necesario realizar una evaluación aplicada y en 6 edificaciones si es necesario.

Alvarado y Mita (2014) la investigación realizada por ambos autores, tuvo como objeto principal determinar la vulnerabilidad sísmica de 221 viviendas ubicadas en el barrio 24 de mayo de la provincia de Riobamba en el país de Ecuador. Para lograr el objetivo propuesto, hicieron uso de dos metodologías. La primera metodología que desarrollaron en la investigación es el método italiano, que clasifica las estructuras como: vulnerable, medianamente vulnerable o segura, esto se logra determinar mediante 11 parámetros que consideran datos como: excentricidad de vigas y columnas, calidad de materiales de construcción, mantenimiento de la construcción a lo largo de su vida útil, entorno de la ubicación de la estructura, modificaciones o cambios en el diseño inicial de la edificación como ampliaciones u otros. El segundo método usado para la obtención de datos fue el de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgo, que se determina mediante la visualización de los elementos que conforman la edificación, dando como resultados edificaciones con índices de vulnerabilidad alta, media o baja. De acuerdo a las conclusiones de la investigación, la mayoría de las edificaciones que estudiaron presentan problemas en su diseño estructural, debido a que estas edificaciones se construyeron años atrás, con normativa que ya no se encuentra vigente.

Loor-Loor et al. (2021), la investigación desarrollada por los autores, tuvo como objetivo principal determinar la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona rural de Santa Marianita, en la ciudad de Manta – Ecuador, dicho lugar se ubica en la zona costera, de alta sismicidad. Para determinar el índice de la vulnerabilidad sísmica, los autores hicieron uso del método FEMA, el método Analítico, Inductivo y Cuantitativo. En el desarrollo de la metodología, hicieron uso de plantillas, la observación y entrevista, además del uso de la estadística descriptiva. La población estaba conformada por un total de 677 viviendas y la muestra probabilística estuvo constituida por 84 viviendas. Los resultados obtenidos en esta investigación fueron:

- ✓ las edificaciones en estudio tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica alta.
- ✓ El 69% de las viviendas evaluadas no cumplen con las especificaciones técnicas de la normativa, debido a que presentan un valor de “S” inferior a 2.

2.1.2 Nacionales

Castro, M. (2019) En la tesis de grado, tuvo como objeto principal evaluar el comportamiento sísmico de las edificaciones de la Universidad de Piura, aplicando la metodología FEMA 154. En el desarrollo del contenido de esta investigación se desarrolla y explica el método de forma didáctica, iniciando con la descripción, la historia y actualizaciones existentes, su uso y su aplicación. En esta investigación el autor afirma que, en nuestro país (Perú) no existe un método formal de evaluación visual rápida y sencilla y de fácil aplicación como el método FEMA 154 (2002), que permita evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones ante la posibilidad de ocurrencia de un evento sísmico, ello considerando que un porcentaje importante de edificaciones de nuestro país son autoconstruidas por lo que su comportamiento sísmico podría ser deficiente frente a movimientos sísmicos.

La conclusión de esta investigación es que: el edificio de Ingeniería Civil, el Edificio de Química, el Edificio de Hidráulica, el Edificio 80 y el Edificio de Ingeniería Mecánico-Eléctrica son potencialmente vulnerables ante la ocurrencia de un evento sísmico, acorde con el método usado.

Velarde (2014), en su tesis de grado, el autor tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima, estudiando la estabilidad estructural de las viviendas existentes típicas en Canta, de la cual se conoce que pertenece a una zona rural con peligro sísmico alto. La investigación lo desarrolló mediante la evaluación visual en campo, recolectando información necesaria para determinar la tipología arquitectónica y características estructurales, además de registrar los daños sufridos por estas edificaciones a lo largo de diversos eventos sísmicos acontecidos que afectaron la zona. Por consiguiente, realizó una evaluación numérica determinando los elementos que son más propensos a sufrir daños ante algún sismo severo, además, planteó diversas alternativas de solución para reforzar las estructuras vulnerables.

Concluye que:

- ✓ Las viviendas son vulnerables debido a que los muros del segundo nivel soportan mayores aceleraciones y no están preparados para recibir esfuerzos y desplazamientos en un sismo severo.

- ✓ Ante un sismo severo, los segundos pisos sufrirían falla por volteo debido a que con un mínimo agrietamiento los muros se encuentran en vibración independiente y no están unidos entre ellos, por lo que, presentan grandes posibilidades colapsar.

Marín (2012), en su tesis de maestría, dedicó sus estudios a evaluar el riesgo sísmico y los escenarios de daño para el centro histórico de la ciudad de Huánuco aplicando una metodología de aproximación, para tal fin hizo uso del sistema de información geográfica. El sistema que utilizó incluye los mapas de peligrosidad sísmica básica, mapas geológico y geotécnico, zonificación de la ciudad y la altimetría. El autor hizo uso de esta información para determinar la vulnerabilidad, daño y pérdidas que sufrirían las edificaciones sometidas a diferentes fuerzas de acción sísmica, considerando dos tipos de sistemas estructurales como: adobe y albañilería. La muestra utilizada fue de 3266 edificaciones, las cuales fueron evaluadas una a una, además de realizar estudios geofísicos. En la evaluación del daño estructural construyó funciones de vulnerabilidad calibradas para los diferentes tipos estructurales existentes en la zona de estudio.

De las conclusiones obtenidas por el autor se tienen:

- ✓ La mayoría las edificaciones evaluadas presentan vulnerabilidad sísmica de media a baja.
- ✓ El peligro sísmico centro histórico de Huánuco depende del periodo de exposición sísmica y el tiempo de retorno (para un período de exposición sísmica de 100 años y una probabilidad de excedencia del 10% ($T_r = 950$ años) para la ciudad de Huánuco es una aceleración máxima esperada de 0.33g)
- ✓ El centro histórico de Huánuco es una zona de peligro sísmico alto, ello debido a que allí se encuentran dispersas las viviendas de adobe, las cuales presentan un nivel de riesgo sísmico alto.

2.1.3 Locales

Soto (2018) la autora de esta investigación se enfocó en determinar la vulnerabilidad sísmica de un módulo de la infraestructura educativa Andrés Avelino Cáceres ubicado en Los Baños del Inca del departamento de Cajamarca. El desarrollo de la

investigación comprende la comparación de tres metodologías de evaluación correspondientes al cálculo de la vulnerabilidad sísmica, realizo los cálculos primero haciendo uso método FEMA 154, posteriormente realizo la evaluación haciendo uso del método Hirosawa y por último, aplicando el método de Demanda – Resistencia. El primer método de evaluación aplicado fue el método FEMA 154, que consiste en realizar una Evaluación Visual Rápida, para la obtención de datos que recopiló en la ficha y luego brindó la puntuación a la edificación evaluada. El método Hirosawa consiste en la evaluación dos parámetros específicos, el Índice de Vulnerabilidad Estructural (Is) y el Índice de Juicio Estructural (Iso). El tercero fue el método Demanda - Resistencia el cual consiste en comparar la resistencia de la estructura con la demanda sísmica de la misma.

En su investigación obtuvo las siguientes conclusiones:

- ✓ Por el método FEMA 154 la edificación obtuvo un puntaje de 4 por lo que no requiere un estudio detallado.
- ✓ Por el método Hirosawa se obtuvo que el Índice de Vulnerabilidad Estructural (Is) = 0.41 por lo que se considera una estructura no vulnerable al sismo
- ✓ Por el método Demanda –Resistencia determinó que el refuerzo de los elementos estructurales es menor a la demandada por lo que se considera una estructura vulnerable ante un sismo.

Gómez (2018), en la tesis de pregrado buscó determinar la vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de adobe en el centro histórico de Cajamarca - Perú, el autor realizó esta investigación considerando las edificaciones coloniales existentes que están construidas con adobe y piedra las cuales, han sido consideradas patrimonio cultural. Su objetivo general fue determinar la vulnerabilidad sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de adobe Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced. La investigación fue del tipo inductiva con un diseño no experimental.

El autor llegó a concluir que:

- ✓ Las instituciones públicas Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced presentan una vulnerabilidad sísmica alta.
- ✓ El estado de conservación es regular, debido a la antigüedad, calidad del material y los factores antrópicos

- ✓ De la resistencia máxima a la compresión obtuvo un valor de 5.645 Kg/cm², el cual está muy por debajo del admisible que debería de ser de 10.2 Kg/ cm².

Rubio (2016) en la tesis de pregrado tuvo la finalidad de determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del sector San Isidro de la ciudad Jaén en el Departamento de Cajamarca – Perú. La recolección de los datos lo realizó mediante una encuesta proporcionada por INDECI, denominada ficha de verificación. La muestra utilizada en esta investigación fue de 50 viviendas, durante los meses de junio, julio y agosto del 2016. Las viviendas estudiadas son autoconstruidas, esto se reflejó en la inadecuada ubicación y tamaño de vanos y la baja densidad de los muros, además de la ausencia de refuerzos en los muros. La topografía de la zona tiene pendientes mayores al 20%.

La conclusión obtenida de esta investigación es que el 26% de las viviendas posee un nivel de vulnerabilidad alto y el 74% un nivel de vulnerabilidad muy alto.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sismo

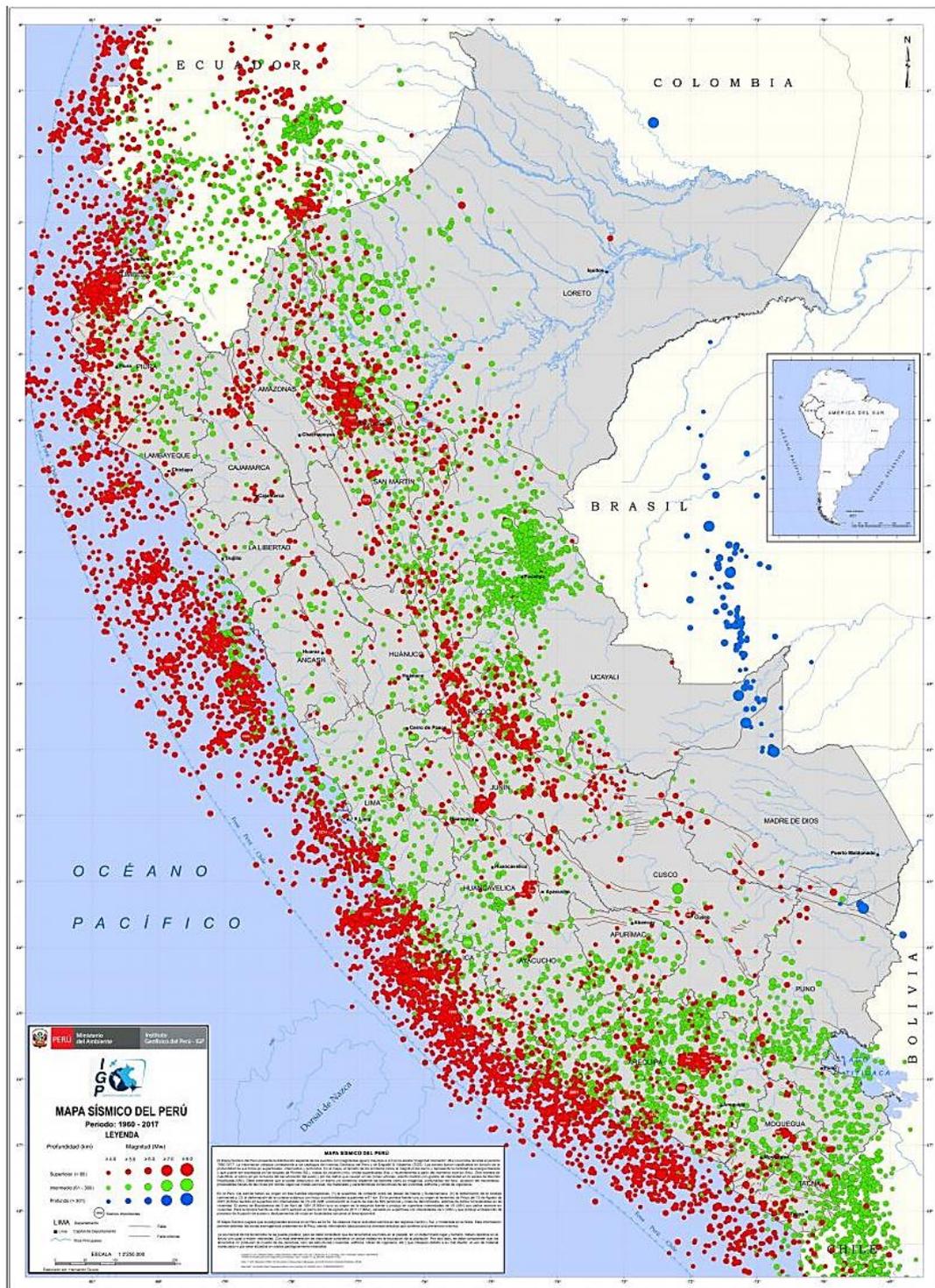
Un evento sísmico, conocido como movimiento telúrico, terremoto o simplemente sismo, es el movimiento o sacudida brusca, repentina y pasajera de la corteza terrestre cuya importancia radica en la medida que tenga en la escala de Richter. Los sismos se producen en su mayoría por la presencia de fallas geológicas en la corteza terrestre, otros se producen por el roce de las placas tectónicas que se mueven en diferentes direcciones, actividad volcánica, impacto de cuerpos celestes de masa considerable, e incluso por la actividad antrópica al detonar material nuclear subterráneo. El lugar donde inicia o se genera el movimiento sísmico, se conoce como foco o hipocentro. (Cova & Rincón. 2010).

2.2.2 Sismicidad en el Perú

El Perú se encuentra ubicado en la parte occidental de América del Sur, que se caracteriza por tratarse de una de las regiones sísmicas de mayor actividad sísmica en el mundo. La actividad sísmica de mayor consideración en el Perú se asocia al movimiento conocido como subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, este movimiento es el responsable de los movimientos sísmicos de magnitudes

considerables en cuanto a magnitud y frecuencia. Sin embargo, también se conoce otra tipología de actividad sísmica que genera movimientos sísmicos de menor magnitud y frecuencia que es ocasionada por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina. (Tavera y Buforn.1998).

Figura 2. 1. Mapa Sísmico del Perú



Referencia: IGP (Instituto Geofísico del Perú); 2017.

El Mapa Sísmico del Perú presenta la distribución espacial de los eventos con magnitudes igual o mayores a 4.0 en la escala "magnitud momento" (Mw) ocurridos durante el periodo 1960-2017. La información utilizada corresponde a los catálogos del Instituto Geofísico del Perú y de Engdahl & Villaseñor (2002).

2.2.3 Adobe

El adobe es un material de construcción que se elabora principalmente de arcilla y arena (también puede contener limo) y con frecuencia se le agrega paja u otras fibras naturales para aumentar su resistencia, algunas veces se sustituye la paja por estiércol seco de vaca; generalmente se hace a mano.

La Norma Técnica E.0.80 "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" (E.080, 2017) define al adobe como "la unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad" (p. 7).

El adobe es un material ampliamente utilizado, debido a que las comunidades locales producen el adobe, ya que se trata de un material de construcción de bajo costo y fácil acceso. Las técnicas de construcción tradicionales son sencillas y no requieren el uso de mayor conocimiento, por ello generalmente se construyen de forma independiente (autoconstrucción). En general, los profesionales calificados (ingenieros y arquitectos) no participan en este tipo de construcción, de ahí el término "Construcción No Ingenieril". (Blondet et al. 2003)

2.2.4 Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica de una estructura se define como su probabilidad de sufrir daños en caso de un movimiento sísmico, y está directamente relacionada con las características físicas y estructurales de diseño y construcción de la edificación.

Las edificaciones se componen por elementos en los que se puede evaluar la vulnerabilidad sísmica, entre los más considerables se tienen:

- Elementos estructurales
- Elementos no estructurales

Conocer el concepto de vulnerabilidad sísmica es indispensable en estudios sobre riesgo sísmico y mitigación de desastres por terremotos. El conocer cuál sería el

desempeño sísmico de las estructuras, permite definir los mecanismos y acciones de refuerzo que se requieran para la reducción de los efectos provocados por movimientos sísmicos.

2.2.4.1 Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en los elementos estructurales que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. Los elementos estructurales son los muros portantes, columnas, vigas, cimentaciones, entre otros.

Cuando se trata de una edificación nueva, el componente estructural se debe considerar durante la etapa de diseño y construcción, sin embargo, si se tratara de una edificación ya construida, este componente deberá considerarse durante una etapa de reparación, remodelación o reforzamiento. La clave para que una edificación supere un sismo severo es el buen diseño estructural.

La Universidad Nacional de Colombia (2011), afirma que los elementos estructurales, sufren daños sísmicos debido principalmente a:

- Configuración geométrica (irregularidades en planta y altura).
- Concentración de esfuerzos debido a plantas complejas.
- Elementos de soporte débiles.
- Excesiva flexibilidad estructural.

2.2.4.2 Vulnerabilidad no estructural

La vulnerabilidad se conceptualiza como el posible daño a producirse en los elementos no estructurales de una edificación ante un sismo. Ese tipo de daños suelen producirse ante eventos sísmicos moderados que son los más frecuentes, en cambio los elementos estructurales se verán afectados ante sismos severos y poco frecuentes. Es así, que una edificación puede quedar en pie sin embargo estar inhabilitado debido a los daños no estructurales.

Los elementos no estructurales que componen una edificación, se clasifican en:

- Elementos arquitectónicos: en este grupo se incluyen los muros exteriores no portantes, paredes que tienen la función de dividir espacios, tabiques

interiores, ventanas, cielo raso, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, otras.

- Mobiliarios: muebles de oficina, cocina, dormitorio, recipientes, otros.

2.2.4.3 Vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe

Antiguamente, se construía los adobes sencillamente haciendo uso de tierra y paja, sin mayores refuerzos, formando un elemento de construcción con dimensiones que van desde 0.50 m. de ancho hasta 1.20 m.

Además de tratarse de una tecnología constructiva simple y de bajo costo, la construcción de adobe tiene otras ventajas, tales como excelentes propiedades térmicas y acústicas. Sin embargo, las estructuras de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones.

Debe considerarse que la construcción tradicional de adobe (sin refuerzos) tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material. Durante terremotos severos, debido a su gran peso, estas estructuras desarrollan niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir y por ello fallan violentamente.

Sin embargo, desde que entró en vigencia la norma técnica E-0.80 “Adobe” y sus modificatorias que en la actualidad se denomina E-0.80 “Diseño y construcción con tierra reforzada”, se ha contribuido a que las construcciones de este tipo se hagan de acuerdo al diseño sismorresistente con tierra reforzada, a los elementos estructurales fundamentales de las edificaciones de tierra reforzada, así como al comportamiento de los muros de adobe y tapial. Esto ha contribuido a que las edificaciones de adobe sean más seguras mejorando su desempeño sísmico y que se haga recomendable su construcción, considerando los parámetros de refuerzo.

Además, se han realizado cambios en la construcción de viviendas de adobe, y se han realizado diseños mejorados por SENCICO, la PUCP y la UNI las cuales al ser sometidas a movimientos sísmicos suelen superar sismos moderados, si

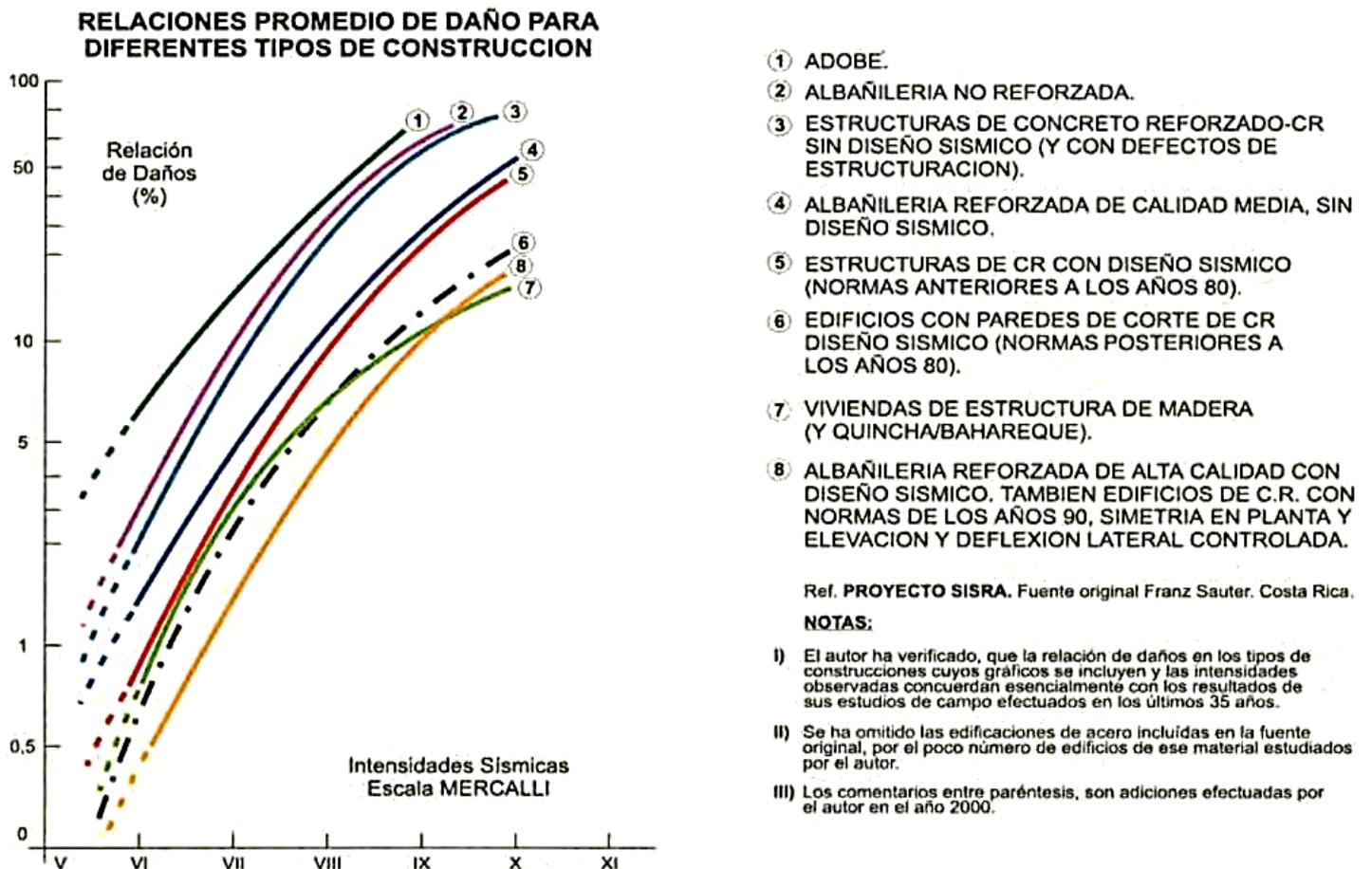
además estas construcciones están sobre suelos estables, planos y con compactación arrojan resultados de bajo riesgo sísmico (Kuroiwa, 2002).

2.2.4.4 Desempeño Sísmico del adobe comparado con otros materiales.

Los principales tipos de viviendas que se construyen en el Perú son los siguientes:

- ✓ Vivienda de adobe tradicional, que puede ser reforzada o no reforzada y viviendas de tapial.
- ✓ Vivienda de adobe mejorado.
- ✓ Vivienda de albañilería no reforzada y sin diseño sísmico, y edificaciones de concreto armado con normas sísmicas anteriores a los años 80-90.
- ✓ Viviendas con estructuras de madera y paredes de caña (quincha).
- ✓ Vivienda de albañilería reforzada con diseño sísmico (albañilería confinada)
+ Edificios de concreto armado con normas sísmicas del siglo XXI.

Figura 2. 2. Relación de daños e intensidades sísmicas comparativas para construcciones con uso de diferentes tipos de materiales



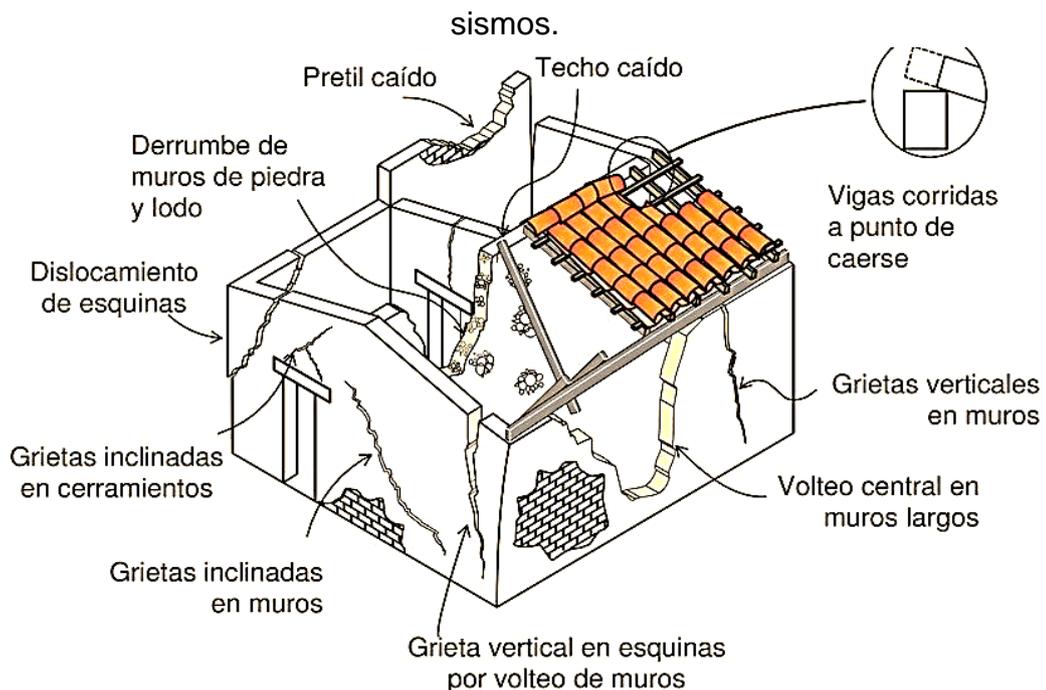
Referencia: Kuroiwa (2002).

En la figura se ilustra los tipos de daño que sufren las edificaciones de los diferentes tipos de material de construcción en función de las intensidades sísmicas en la escala de Mercalli, además; se puede identificar la curva 1 (que corresponde a construcciones de adobe) que, cuando la intensidad es IX MM, la pérdida es casi del 100%, o sea la vulnerabilidad es muy alta.

2.2.4.5 Tipologías de fallas encontradas en viviendas de adobe.

Debido a que las construcciones de adobe tienen baja resistencia a la tracción y baja adherencia al mortero (que también es de tierra) ante la ocurrencia de un sismo de intensidad considerable, suelen generarse fallas, a veces en una misma edificación se observan diferentes tipos de estas. A continuación, se detalla los tipos de fallas existentes (Zelaya, 2007).

Figura 2. 3. Daños y fallas recurrentes en viviendas de adobe ante la ocurrencia de sismos.



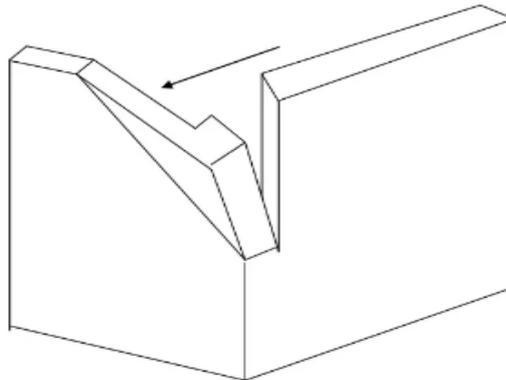
Referencia: Blondet et al. (2002).

2.2.4.5.1 Falla por tracción en las esquinas (Unión entre muro y muro).

Este tipo de falla se genera cuando hay movimientos que someten a tracción a la estructura, y se aplican directamente sobre uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro, lo cual se vuelve aún más significativo si además intervienen esfuerzos de flexión (Zelaya, 2007).

Esta falla se forma por desprendimiento vertical en la unión entre dos muros perpendiculares, y se debe a la mala transferencia de las fuerzas sísmicas entre esos muros, por la inexistencia de vigas soleras y columnas de confinamiento, que puedan absorber las fuerzas a tracción que se desarrollan en el encuentro entre los muros.

Figura 2. 4. Falla típica por tracción.

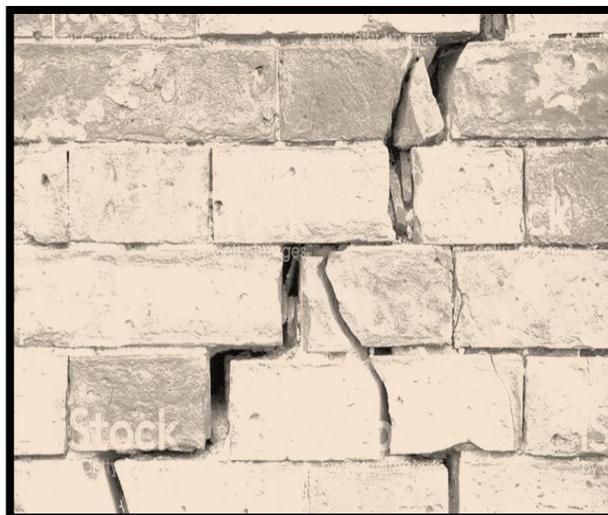


Referencia: Zelaya, 2007.

2.2.4.5.2 Falla por Corte.

En la ilustración 2.5 se puede observar la falla por corte, la cual se genera cuando el muro trabaja como elemento estructural de corte. Esta falla se observa generalmente debido a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales. Esta falla se caracteriza por adoptar una forma escalonada a través de las juntas verticales y horizontales y se debe a la poca adherencia que se desarrolla entre el mortero de barro y el adobe.

Figura 2. 5. Tipo de falla por corte.

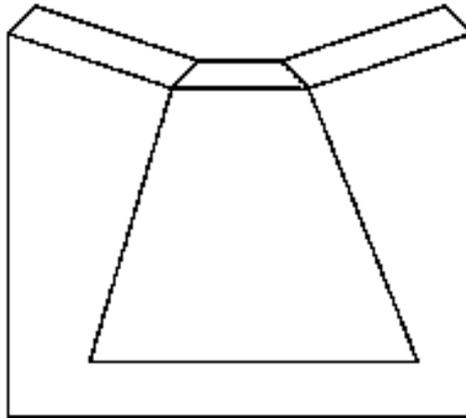


2.2.4.5.3 Falla por Flexión.

Ante la ausencia de una viga solera que controle los grandes desplazamientos laterales en la zona central superior del muro, y porque generalmente los muros de arriostre se encuentran muy distanciados, se forma la grieta, trabajando la pared como una especie de losa arriostrada en 3 bordes, con el borde superior libre.

Esta falla vertical suele ser muy peligrosa, debido a que se parte la conexión de arriostre y si el movimiento sísmico se prolonga, la pared afectada termina por colapsar, generalmente cae hacia el exterior, debido a que choca con la pared transversal (en la unión o arriostre) y se genera un rebote que lo inclina empuja hacia afuera.

Figura 2. 6. Falla por flexión.



Referencia: Zelaya, 2007.

2.2.5 Método de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica: ATC 21 - FEMA 154.

El método del ATC 21 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – Inspección Visual Rápida de los Edificios para los Peligros Sísmicos Potenciales) como indica su denominación, se trata de una metodología de aplicación rápida y didáctica, basándose en la inspección visual de una edificación sin la necesidad de estar en el interior de la misma, para determinar si una edificación tendrá un comportamiento sísmico adecuado o no frente a un posible evento sísmico.

El método ATC 21 – FEMA 154, consiste en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación aplicando un formato estándar (ficha de recolección de datos), de acuerdo al mapa de zonificación del Perú (NTE.030).

La aplicación de la ficha brinda un resultado final a un calificador estructural “S”, el cual ha sido desarrollado para cada nivel de sismicidad (alto, moderado y bajo). el valor de “S” determinará que comportamiento sísmico tendrá la edificación respecto a un sismo, si el valor de “S” es mayor o igual a dos entonces la edificación posee buen comportamiento sísmico, si “S” oscila entre cero y dos, la estructura tiene un comportamiento sísmico regular, sin embargo, si “S” es negativo significa que la edificación posee un comportamiento sísmico débil (Fernández & Párraga, 2013).

Si el resultado de la evaluación es menor o igual que dos (≤ 2) hay que usar un método más detallado que conlleva el análisis de la edificación con análisis primeramente lineal, si cumple no hay que reforzar, si no cumple hay que hacer un análisis no lineal de la edificación, si cumple no hay que reforzar y si no cumple definitivamente hay que reforzarla. Si el Índice de la metodología es mayor o igual que dos (≥ 2), no necesita reforzamiento, el índice 2 significa que la edificación tiene una probabilidad de 1 a 100 de que colapse. (Benjamín y Lockhart. Pág. 258; 2011)

Este método evalúa las edificaciones a través de un formato estándar (Ficha de inspección visual rápida) del riesgo sísmico de edificaciones, que ha sido desarrollado para los tres niveles de sismicidad (alto, moderado y bajo), según el mapa de zonificación del Perú (NTE.030).

El formulario contempla tres partes: La primera parte desarrolla la descripción de la edificación, la cual incluye: localización, número de pisos, año de construcción, área de construcción, nombre del edificio, uso, foto de la edificación, un espacio para esquematizar irregularidades tanto en planta como en elevación. La segunda contiene unos recuadros donde se señalará el uso, la cantidad de persona que la ocuparán, los tipos de suelo, los tipos de elementos no estructurales, estructuraciones a contemplar, las cuales presentaremos con los índices básicos de acuerdo al riesgo sísmico de la localidad. La tercera parte, presenta un recuadro donde están los factores de ajuste del índices básicos por las siguientes características: altura media (4 - 7 niveles), gran altura (≥ 8 niveles), irregularidades en elevación, irregularidades en planta, ajuste por el año de la edificación ante de uso de la primera normativa, ajuste por el año de construcción después de la normativa vigente.

2.2.5.1 Identificación de la Categoría Estructural Básica.

Este es el primer paso que se debe considerar para iniciar la evaluación sísmica de una edificación mediante esta metodología, identificar la categoría estructural básica más apropiada de la construcción haciendo uso de la tabla que se detalla a continuación, la cual indica los trece tipos estructurales definidos de acuerdo al material de construcción. Para cada categoría estructural existen 10 puntajes básicos de riesgo estructural los cuales dependen de su comportamiento o desempeño que tendrá la edificación al ser sometida a un determinado nivel de movimiento sísmico.

Tabla 2. 1. Puntajes básicos de riesgo estructural según los diferentes niveles de sismicidad.

Tipo estructural	Descripción del Edificio	Riesgo		
		Bajo	Medio	Alto
W	Estructura de madera de cualquier tipo	8.5	6.0	4.5
S1	Estructura de acero resistente a momento	3.5	4.0	4.5
S2	Estructura de acero arriostrada	2.5	3.0	3.0
S3	Estructura de metal ligero	6.5	6.0	5.5
S4	Estructura de acero con muros de corte	4.5	4.0	3.5
S5	Estructura de acero con muros de relleno de albañilería no reforzada	3.0	2.0	1.5
C1	Pórticos de concreto armado	4.0	3.0	2.0
C2	Pórticos de concreto armado con placas	4.0	3.5	3.0
C3	Pórticos de concreto armado con muros de relleno confinado	3.0	2.0	1.5
PC1	Estructuras inclinadas y elevadas	3.5	3.5	2.0
PC2	Estructuras de concreto premoldeado	2.5	2.0	1.5
URM	Mampostería no reforzada	5.0	2.0	1.0
RM	Albañilería reforzada y confinada	4.0	3.5	3.0

Referencia: Adaptado de ATC 21 (2002).

Los valores de peligro estructural básico de las construcciones de los diferentes tipos estructurales se encuentran en un rango de 1 a 8.5, estos valores indican el desempeño que tendrá un edificio frente a un evento sísmico, si el valor es alto, la edificación tiene un buen comportamiento, si el valor es bajo la edificación tendrá un desempeño sísmico inadecuado. (ATC 21. 2002). En el caso de las viviendas de adobe corresponden al tipo estructural URM (Mampostería no reforzada).

Tabla 2. 2. Formato suministrado por el ATC 21 – FEMA 154.

Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales										Sismicidad ALTA											
FEMA 154. Planilla de colección de datos																					
										Dirección: _____				Código Postal: _____							
										Otra Identificación: _____				Nº de Pisos: _____				Año de Const.: _____			
										Inspector: _____				Fecha: _____				Área de Construcción (m2): _____			
										Nombre de la Edificación: _____											
										Uso: _____											
OCUPACION					TIPO DE SUELO						PELIGROS NO-ESTRUCTURAL										
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	Nº de Personas		A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10	11-100	roca	roca	suelo	suelo	suelo	suelo	Chimenea	Parapet.	Revest.	otros							
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000	>1000	dura	media	denso	duro	suave	pobre	no reforz.		pesado								
CUENTA BASICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"																					
TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM						
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RCW)	(URM)	(MRF)	(SW)	(URM)	(TU)		(FD)	(RD)							
CUENTA BASICA	4,4	3,8	2,8	3,0	3,2	2,8	2,0	2,5	2,8	1,6	2,6	2,4	2,8	2,8	1,8						
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	N/A	0,2	0,4	0,4	0,0						
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	0,6	0,8	0,3	N/A	0,4	N/A	0,6	N/A						
Irregularidad Vertical	-2,5	-2,0	-1,0	-1,5	N/A	-1,0	-1,0	-1,5	-1,0	-1,0	N/A	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0						
Irregularidad en Planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5						
Año Pre Código	0,0	-1,0	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-0,2	-1,2	-1,0	-2,0	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,2						
Año Post Código	2,4	2,4	1,4	1,4	N/A	1,6	N/A	1,4	2,4	N/A	2,4	N/A	2,8	2,6	N/A						
Suelo Tipo C	0,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4						
Suelo Tipo D	0,0	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6						
Suelo Tipo E	0,0	-0,8	-1,2	-1,2	-1,0	-1,2	-0,8	-1,2	-0,8	-0,8	-0,4	-1,2	-0,4	-0,6	-0,8						
CUENTA FINAL, S.																					
COMENTARIOS :												Requiere Evaluación Detallada									
												SI		NO							

Referencia: Adaptado de ATC 21 (2002).

2.2.5.2 Procedimientos de Evaluación del Método ATC 21 (FEMA 154).

Según lo dictado por esta metodología, para su aplicación las edificaciones pueden ser revisadas desde el exterior, no teniendo la necesidad de recurrir a planos ni a cálculos estructurales, sin embargo, se recomienda que para tener mayor exactitud en la edificación se debe observar desde la parte interna el sistema estructural o realizarlo a través de documentos de construcción propios de la edificación.

Para la aplicación de este método, se consideran los siguientes aspectos:

- Preparar un presupuesto y la estimación de costos.
- Realizar un reconocimiento del sitio (visita preliminar) para ubicar las edificaciones a evaluar.
- Aplicar adecuadamente el formulario.
- Revisar información disponible como planos arquitectónicos y estructurales.
- Visitar el sitio para verificar la información de campo, tipo de ocupación, sistema estructural, área, año de construcción, nombre del propietario, uso, cantidad de personas que habitan, entre otros.
- Identificar y seleccionar los modificadores del puntaje estructural, tales como son: El número de plantas, fecha de diseño, irregularidad vertical, de planta y tipo del suelo.
- Calcular la puntuación final S.
- Determinar si el edificio cuenta un valor de vulnerabilidad óptimo de acuerdo al valor establecido en la ficha de evaluación, o si se necesita una evaluación detallada.

Cabe mencionar que, en el formato es necesario llenar la información de la ubicación, identificación de edificio, número de niveles, años de construcción, área total, datos del evaluador, uso, ocupación, dibujo de la planta y elevación, fotografía, y el reconocimiento de probables riesgos estructurales, modificadores de puntaje y sistema de resistencia a la carga lateral (Castro, 2019).

Por otro lado, Castro (2019), menciona que, en la aplicación de esta metodología, las edificaciones pueden ser revisadas desde el exterior, no teniendo la necesidad

de recurrir a planos ni a cálculos estructurales, pero, recomienda que para tener mayor exactitud al recopilar la información necesaria para la evaluación de la edificación se debe observar desde la parte interna el sistema estructural o realizarlo a través de documentos de construcción propios de la edificación.

A continuación, se detalla los pasos a seguir para la implementación del proceso de inspección visual rápida con éxito.

2.2.5.3 Selección del formato según la zona sísmica

Los formatos de recolección de datos son tres, de acuerdo a la cantidad de zonas sísmicas, indicadas en el manual FEMA 154 son: Baja (Low), Moderada (Moderate) y alta (High).

Tabla 2. 3. Cuadro de Regiones sísmicas

Región sísmica	Respuesta de la aceleración espectral	
	Periodo	
	Corto (0.2 s)	Largo (0.20 s)
Baja	Menos que 0.167 g	Menos que 0.067 g
Moderada	Mayor o igual a 0.167 g, pero menor que 0.50 g	Mayor o igual a 0.067g, pero menor que 0.20 g
Alta	Mayor o igual a 0.50 g	Mayor o igual a 0.20 g

Referencia: FEMA 154 (2002)

Nota. en la tabla, g= aceleración de la gravedad, s= segundos.

2.2.5.4 Recolección de datos Generales de la edificación

En la ficha de recolección se encuentra una sección destinada a registrar los datos generales de la edificación en estudio (parte superior izquierda de la ficha). Esta sección deberá ser completada al inicio del proceso de recolección, para mantener un orden establecido.

En la tabla 2.2 se muestra la planilla de registro de datos. En esta planilla se señala el sector dónde se coloca la información básica de la edificación. Los datos que se completan en esta sección son:

- Dirección de la vivienda.
- Código postal.
- Otros identificadores.
- Número de pisos de la vivienda.
- Inspector o ejecutante de la evaluación.
- Área total estimada.
- Nombre de la edificación.
- Uso.
- Año de construcción.
- Fecha de diseño.

Figura 2. 7. Sección de datos generales de la edificación

Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales
 FEMA 154 Planilla de colección de datos

Dirección: _____
 Código Postal: _____
 Otra Identificación: _____
 Nº de Pisos: _____ Año de Const.: _____
 Inspector: _____ Fecha: _____
 Área de Construcción (m²): _____
 Nombre de la Edificación: _____
 Uso: _____

OCUPACIÓN		TIPO DE SUELO			
Edif. Gobierno	Otros	A	B	C	D
Comerciales	Industria	0.33	0.11-0.02	0.09	0.08
Edif. Escuelas	Residencial	0.33	0.11-0.02	0.09	0.08
Edif. Escuelas	Residencial	0.33	0.11-0.02	0.09	0.08
Edif. Escuelas	Residencial	0.33	0.11-0.02	0.09	0.08

TIPO DE EDIFICIO	W1		W2		W3		W4		W5		C1		C2	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
CUENTA BASICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8					
Medio Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4					
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.8	0.8					
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0					
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5					
Año Base Código	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0					
Año Post Código	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4					
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4					
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8					
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8					

CUENTA FINAL %

COMENTARIOS:

Requiere Evaluación Detallada

M NO

Referencia: Adaptado de Castro (2019).

2.2.5.5 Determinación del año de construcción

Determinar correctamente el año de construcción de la edificación es muy importante ya que esta información está vinculada directamente a las prácticas de diseño y construcción.

Cabe tener en cuenta que el edificio pudo haber sido diseñado varios años antes de que se construyera, con un código anterior y con diferentes requisitos para los detalles sísmicos. Si la información sobre el año de construcción no está disponible se puede hacer una estimación aproximada de la edad sobre la base del estilo arquitectónico y el uso del edificio.

En esta sección se debe tener en cuenta las modificaciones realizadas a las viviendas, si ha existido reforzamiento, construcción de más ambientes, o modificaciones sustanciales que se hayan hecho en los elementos estructurales de la edificación.

2.2.5.6 Determinación de las fechas de adopción del código sísmico.

En la aplicación de esta metodología es importante determinar el año de adopción y aplicación de los códigos sísmicos, inicialmente por la jurisdicción local y el año en que los códigos se cambiaron o mejoraron de forma significativa. El año que se considerará para la evaluación será el último año de referencia, al cual se le conoce como "Benchmark Post".

En los lugares que se han clasificado como moderada y alta sismicidad, las puntuaciones estructurales básicas de riesgo para las diferentes categorías estructurales propuestos por la FEMA para edificaciones que fueron construidas antes de la aprobación inicial de los códigos sísmicos mejorados, se proporcionan modificadores de puntuación denominados "Pre Code".

Así pues, la denominación "Pre-Code" es para los edificios construidos antes de la adopción de códigos sísmicos; y "Benchmark Post", para los edificios construidos después de la adopción de códigos sustancialmente mejorados.

Los años de adopción o modificatorias de los códigos sísmicos se detallan en la tabla 2.4.

Tabla 2. 4. Determinación de los códigos sísmicos por años

	TIPO DE ESTRUCTURA	Disposiciones de diseño sísmico			
		BOCA	SBCC	UBC	NEHRP
W1	Estructura de madera liviana, edificios residenciales y comerciales con área construida menor o igual a 465 metros cuadrados.	1992	1993	1976	1985
W2	Estructura de madera liviana, edificios residenciales y comerciales con área construida de más de 465 metros cuadrados.	1992	1993	1976	1985
S1	Edificios con pórticos de acero.	**	**	1994	**
S2	Edificios arriostrados con pórticos de acero.	1992	1993	1988	1991
S3	Construcciones livianas de metal.	*	*	*	*
S4	Edificios con estructuras de acero con muros de corte de concreto.	1992	1993	1976	1985
S5	Edificios con estructuras de acero con muros de corte de albañilería no reforzada.	*	*	*	*
C1	Edificios con pórticos de concreto.	1992	1993	1976	1985
C2	Edificios con muros de corte de concreto.	1992	1993	1976	1985
C3	Edificios de concreto reforzado y rellenos con muros de mampostería.	*	*	*	*
PC1	Edificios Tilt-up.	*	*	1997	*
PC2	Estructuras de concretos prefabricados.	*	*	*	*
RM1	Edificios de mampostería reforzada con diagrama flexible.	*	*	1997	*
RM2	Edificios de mampostería reforzada con diagrama rígido.	1992	1993	1976	1985
URM	Edificaciones con muros de mampostería no reforzada.	*	*	1991	*

*No cuenta con año de referencia.

** Se debe contactar al departamento local de construcción para conocer el año de referencia.

BOCA: Administradores de código.

SBCC: Congreso Código de Construcción del Sur, Standard Código de Edificación.

UBC: Conferencia Internacional de la Construcción, Código Uniforme de Construcción.

NEHRP: Programa Nacional de Reducción del riesgo de terremoto, FEMA 302 - Disposiciones recomendadas para el Desarrollo de la normativa sísmica para edificios nuevos

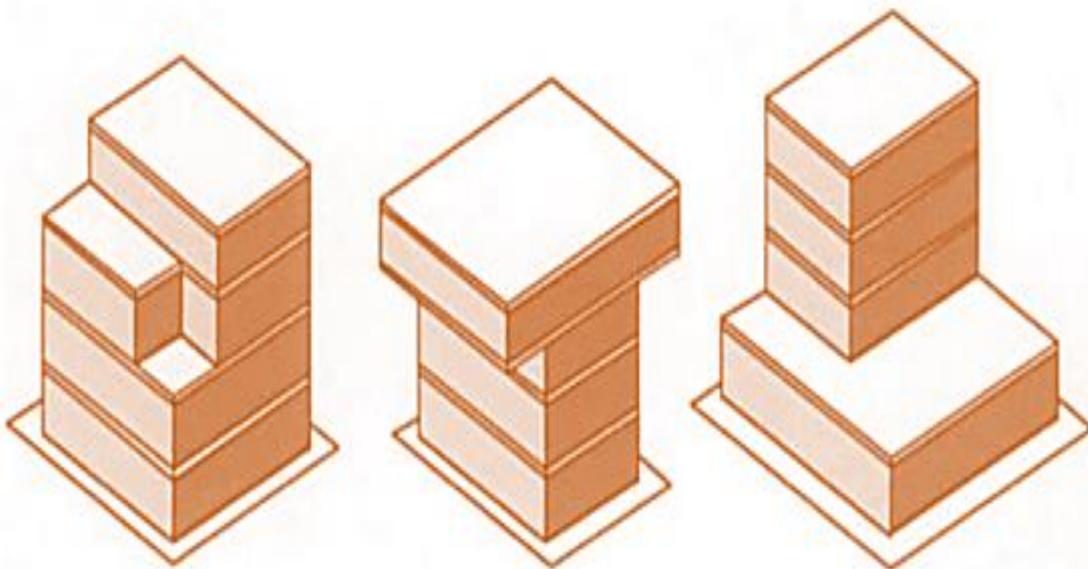
Referencia: ATC 21- FEMA 154 (2002).

2.2.5.7 Identificación del número de niveles.

El daño que puede experimentar la estructura está relacionado con su altura. En suelos blandos, un edificio alto puede experimentar un periodo de vibración considerablemente mayor y más agitación que un edificio más bajo del mismo tipo. El número de pisos es un buen indicador de la altura de un edificio.

Sin embargo, contar el número de pisos puede no ser un asunto sencillo si el edificio está construido en una colina, en pendientes muy pronunciadas o si tiene varios niveles diferentes de techo. Si este fuera el caso, a razón del cálculo, se debe considerar el mayor número de pisos contado desde el piso inferior hasta la parte superior de la edificación.

Figura 2. 8. Variación en planta y altura



Referencia: PAHO (Pan American Health Organization), (2000).

2.2.5.8 Elaboración de esquema global de la planta y elevación, y fotografiar la edificación.

Es necesario elaborar un croquis de la planta y elevación del edificio en el formato registro, en las que se incluirán las dimensiones del edificio y cada una de sus características significativas; como la distribución de planta, elevación e irregularidades.

El croquis debe incluir la ubicación del edificio en el sitio y las distancias a los edificios adyacentes. Si la edificación fuera irregular en cuanto a las alturas de cada lado fueran diferentes, se deberá dibujar por cada lado, sino se entiende que la edificación es simétrica.

El croquis elaborado resalta las características especiales de la edificación, como fracturas o problemas de configuración.

Figura 2. 9. Ubicación del esquema en planta y elevación de la edificación en la ficha de recolección

Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales
 FEMA 154 Planilla de recolección de datos

Similitud: Sí No

Dirección: _____
 Código Postal: _____
 Identificación: _____
 Nº de Pisos: _____ Año de Const.: _____
 Inspector: _____ Fecha: _____
 Área de Construcción (m²): _____
 Nombre de la Edificación: _____
 Uso: _____

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO								EVALUACIÓN DE RIESGOS			
Asamblea	Edif. Gobierno	Oficina	Nº de Personas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Comerciales	Sinac Públicos	Residencial	0-10	11-100	roca	roca	suelo	suelo	suelo	suelo	duro	duro	duro	duro	duro
Siniv Enraig	Industrial	Escuela	101-1000	>1000	dura	media	densa	duro	suave	pozo	no-urban.	paralelo	otro		

CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"

TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
CUENTA BÁSICA	4,4	3,8	2,8	3,0	3,2	2,8	2,0	2,5	2,8	1,6	2,0	2,4	2,8	2,8	1,8
Medio Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	0,4	0,2	N/A	0,2	0,4	0,4	0,4	0,0
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	0,6	0,3	N/A	0,4	N/A	0,6	0,6	N/A
Irregularidad Vertical	-2,5	-2,0	-1,5	-1,5	N/A	-1,0	-1,0	-1,5	-1,0	N/A	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Irregularidad en Planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Año Pre Código	0,0	-1,0	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-0,2	-1,2	-1,0	-2,0	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,2
Año Post Código	2,4	2,4	1,4	1,4	N/A	1,6	N/A	1,4	2,4	N/A	2,4	N/A	2,8	2,6	N/A
Suelo Tipo C	0,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Suelo Tipo D	0,0	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,4	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Suelo Tipo E	0,0	-0,8	-1,2	-1,2	-1,0	-1,2	-0,8	-1,2	-0,8	-0,8	-0,4	-1,2	-0,4	-0,6	-0,8

CUENTA FINAL, S.

COMENTARIOS: _____

Requiere Evaluación Detallada: Sí No

Scale: _____

Referencia: Adaptado de Castro (2019)

La importancia de realizar el croquis de la edificación es que permite al evaluador prestar atención minuciosa a cada detalle de la edificación que muchas veces suelen pasar por alto a simple vista, por ello al realizar el dibujo se empieza a notar sistemáticamente cada aspecto constructivo de la edificación. Castro (2019).

En la plantilla de recolección de datos se debe registrar como una fotografía de la edificación que permita apreciar las características de la misma.

Figura 2. 10. Ubicación del registro fotográfico de la edificación en la ficha de recolección.

Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales																			
FEMA 154. Planilla de colección de datos																			
					Sísmicidad ALTA Dirección: _____ Código Postal: _____ Otra Identificación: _____ Nº de Pisos: _____ Año de Const.: _____ Inspector: _____ Fecha: _____ Área de Construcción (m ²): _____ Nombre de la Edificación: _____ Uso: _____														
					OCCUPACION					TIPO DE SUELO									
					Asistencial	Edif. Gobierno	Otros	Nº de Personas	A	B	C	D	E	F	resistencia/estructura				
					Comerciales	Silos Públicos	Residencial	0-10	11-100	roca	roca	suelo	suelo	suelo	suelo	hormón	Panel	Acero	otro
					Salv. Emerg.	Industrial	Turística	101-1000	>1000	dura	media	deform	dura	suave	pedreg	no-refor.	panel	otro	
					CUENTA BASICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"														
TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM				
CUENTA BASICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	3.6	2.6	2.4	2.8	2.8	3.4				
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0				
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A				
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0				
Irregularidad en Planta	+0.5	-0.5	+0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	+0.5	-0.5	-0.5	+0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
Alto Pre Código	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2				
Alto Post Código	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A				
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4				
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6				
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	+1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.8	-0.6	-0.8				
CUENTA FINAL "S"																			
COMENTARIOS:										Requiere Evaluación Detallada									
										SI NO									

Fotografía

Referencia: FEMA 154 (2002)

2.2.5.9 Suelo

Existen seis tipos de suelo los cuales se evaluarán con los parámetros que permiten definir e identificar cada tipo de manera correcta.

El manual de la FEMA 154, indica que, si no hay información disponible para clasificar el tipo de suelo, se asumirá como tipo de suelo al Tipo E. Sin embargo, para una edificación de un piso o dos, con una altura de piso a techo igual o inferior a 2.5 metros, puede asumirse un tipo suelo de Tipo D. (Castro. 2019)

En la tabla se proporcionan valores para los suelos tipo A y B; para el suelo Tipo E, el valor del modificador depende del número de pisos, si es de 1 a 3 pisos o si es mayor a 3 pisos. En el caso del suelo Tipo F, no se puede someter a una evaluación visual, puesto que necesita un proceso más detallado.

Tabla 2. 5. Tipos de suelo

TIPO DE SUELO		Velocidad de onda de corte en los primeros 30 m	Número de golpes estándar	Resistencia al corte no drenado sobre los primeros 300 m
		Vs [m/s]	N [1]	Su [Kg/m ²]
A	Roca dura	Vs < 1520		
B	Roca o Suelos Muy Rígidos	760 < Vs < 1520		
C	Rocas blandas y suelos densos	366 < Vs < 760	N > 50	Su > 50
D	Suelo rígido	180 < Vs < 366	15 < N < 50	4880 < Su < 9760
E	Suelo blando	Vs < 183	N < 15	Su < 4880
		Presencia de más de 30m de suelo blando, IP > 20, w > 40%		Su < 2440
F	Suelo pobre	Estos suelos requieren evaluación específica del sitio. Dentro de esta clasificación se encuentran: a) Suelos vulnerables a la falla potencial o colapso bajo cargas sísmicas, tales como suelos licuables, arcillas altamente sensibles, suelos débilmente cementados. b) Turbas o arcillas altamente orgánicas, h>3 metros de turba o arcilla altamente orgánica. c) Arcillas de muy alta plasticidad (h>7.5 metros con IP> 75). d) Más de 36 metros de arcillas blandas o medianamente rígidas.		
Donde: <i>h</i> altura del suelo. <i>IP</i> índice de plasticidad. <i>w</i> contenido de humedad.				

Referencia: FEMA 154, citado por Castro (2019).

La definición de los tipos de suelo de la clasificación de la tabla 2.5, es:

Tipo A - Roca Dura: este tipo de suelo hace referencia a las rocas sanas, las cuales son las más resistentes de esta clasificación y poseen además una velocidad de propagación de ondas de corte \bar{V}_s mayor que 1500 m/s.

Tipo B - Roca o Suelos Muy Rígidos: Se trata de las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos.

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada.

Tipo D – Suelo rígido: Se refiere a los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 366 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada.

Tipo E - Suelos Blandos: Se trata de suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina o grava arenosa, con valores del SPT $\bar{N}_{60} < 15$.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{s}_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²).
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4.

Figura 2. 11. Sección de selección del tipo de suelo de la edificación.

The image shows a form titled "Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales FEMA 154. Planilla de colección de datos". A red arrow points from the "TIPO DE SUELO" section of the form to a separate table titled "TIPO DE SUELO".

TIPO DE SUELO					
A	B	C	D	E	F
Roca Dura	Roca Prom.	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Blando	Suelo Pobre

Referencia: Adaptado de Castro (2019)

2.2.5.10 Identificación de los posibles peligros de falla en elementos no estructurales.

Las edificaciones existentes antiguas de los centros históricos de cada ciudad suelen tener cornisas y balcones en sus diseños, también pueden tener chimeneas, parapetos, aleros o revestimientos pesados, los cuales pueden significar un peligro si no se encuentran anclados correctamente a la edificación.

Las chimeneas de mampostería no reforzada son comunes en edificaciones de adobe antiguas, las cuales pueden desprenderse y caer cuando son sometidas a fuerzas sísmicas. Para la evaluación, de existir duda de si una chimenea es reforzada o no reforzada, se asumirá que es no-reforzada.

Los grandes elementos de revestimiento pesado, de concreto prefabricado o piedra cortada, o de yeso pueden caerse del edificio durante un terremoto.

Los aleros en los techos suelen existir en las casas de adobe antiguas, las cuales tiene techos de teja y son susceptibles al deterioro y podredumbre.

Los Balcones existen a menudo en los exteriores de las edificaciones de los centros históricos, con frecuencia presentan una reja pequeña de madera o fierro, el problema de estos elementos es el insuficiente refuerzo y el mal anclaje entre el balcón y la edificación.

2.2.5.11 Identificación del Sistema estructural.

La persona responsable de realizar la inspección debe determinar correctamente el sistema estructural que corresponda a las edificaciones que se van a evaluar, en el caso de trabajar con un sistema estructural en específico, solo se considerara ese sistema.

Para las edificaciones de adobe el sistema estructural a considerar es:

URM: Edificaciones con muros de mampostería no reforzada.

- Estos edificios frecuentemente usan un mortero débil (paja + tierra) para unir las unidades de mampostería.
- Los arcos de mampostería son a menudo una característica arquitectónica que puede ser un indicador de la edad de la edificación.

- También se utilizan dinteles de piedra.
- La mampostería no reforzada por lo general muestra amarre de cabeza en la superficie del muro.
- El desempeño de este tipo de construcción es deficiente debido a la falta de anclaje de los muros a los pisos y techos, y a la presencia de mortero débil y vanos estrechos entre las aberturas de ventanas.

Las puntuaciones estructurales básicas para cada tipo de edificación aparecen en cada formulario de registro de datos, tal como se puede apreciar en la Figura 3.12, en la parte inferior de la hoja de registro de datos.

Figura 2. 12. Sección de identificación del sistema y puntuación estructural básica.

Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales
FEMA 154 Planilla de colección de datos

Sismicidad ALTA

Dirección: _____
Código Postal: _____
Otra Identificación: _____
Nº de Pisos: _____ Año de Const.: _____
Inspector: _____ Fecha: _____
Área de Construcción (m²): _____
Nombre de la Edificación: _____
Uso: _____

OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						REQUISITOS ESTRUCTURALES					
Asarribas	Edif. Gobierno	Oficina	Nº de Personas	A	B	C	D	E	F	Dispersos	Fuertes	Resist.	otros		
Comerciales	Sinos Públicos	Residencial	0-10	11-100	roca	roca	suelo	suelo	suelo						
Serv. Financ.	Industrial	Escuela	101-1000	>1000	gru	media	desca	dura	suave	roble	no orden				

CUENTA BASICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"

TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
	(MRF)	(BR)	(LM)	(RCSW)	(URMNF)	(MRF)	(SW)	(URMNF)	(TU)	(FD)	(RD)				
CUENTA BASICA	4,4	3,8	2,8	3,0	3,2	2,8	2,0	2,5	2,8	1,6	2,6	2,4	2,8	2,8	1,8
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	N/A	0,2	0,4	0,4	0,0
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	N/A	0,4	N/A	0,6	N/A
Irregularidad Vertical	-2,5	-2,0	-1,0	-1,5	N/A	-1,0	-1,0	-1,5	-2,0	-1,0	N/A	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Irregularidad en Planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Año Pre Código	0,0	-1,0	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-0,2	-1,2	-1,0	-2,0	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,2
Año Post Código	2,4	2,4	1,4	1,4	N/A	1,6	N/A	1,4	2,4	N/A	2,4	N/A	2,8	2,6	N/A
Suelo Tipo C	0,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Suelo Tipo D	0,0	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Suelo Tipo E	0,0	-0,8	-1,2	-1,2	-1,0	-1,2	-0,8	-1,2	-0,8	-0,8	-0,4	-1,2	-0,4	-0,6	-0,8

COMENTARIOS: _____

Requiere Evaluación
Especializada
SI NO

CUENTA BASICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"															
TIPO DE EDIFICIO:	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
	(MRF)	(BR)	(LM)	(RCSW)	(URMNF)	(MRF)	(SW)	(URMNF)	(TU)	(FD)	(RD)				
CUENTA BASICA	4,4	3,8	2,8	3,0	3,2	2,8	2,0	2,5	2,8	1,6	2,6	2,4	2,8	2,8	1,8

Referencia: FEMA 154 (2002)

2.2.5.12 Identificación de los modificadores y puntaje de la edificación.

El desempeño estructural (entiéndase desempeño estructural como la habilidad de una edificación para soportar un evento sísmico) varía de acuerdo con el tipo de sistema estructural de carga, por lo que los modificadores de puntuación dependen del tipo de edificio.

Figura 2. 13. Sección de selección de los modificadores de puntaje estructural.

Inspección visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales
FEMA 154 Planilla de colección de datos

Sismicidad ALTA

Dirección: _____ Código Postal: _____
 Otra Identificación: _____
 Nº de Pisos: _____ Año de Const.: _____
 Inspector: _____ Fecha: _____
 Área de Construcción (m²): _____
 Nombre de la Edificación: _____
 Uso: _____

OCUPACIÓN		TIPO DE SUELO										Instituto Normativo				
Asociación	Edif. Gobierno	Otros	A		B		C		D		E		F			
Comerciales	Edif. Públicos	Residencial	roca	roca	suelo	Norma	Paralel.									
Salv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-3000	>3000	duro	media	denso	duro	suave	pozo	pozo	pozo	de viento	anexo		
TIPO DE EDIFICIO:																
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"		W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RS1	RS2	URM
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	N/A	0,2	0,4	0,4	0,0
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	0,6	0,8	0,3	N/A	0,4	N/A	0,6	N/A	N/A
Irregularidad Vertical	-2,5	-2,0	-1,0	-1,5	N/A	-1,0	-1,0	-1,5	-1,0	-1,0	N/A	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Irregularidad en Planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Año Pre Código	0,0	-1,0	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-0,2	-1,2	-1,0	-2,0	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,2	-0,2
Año Post Código	2,4	2,4	1,4	1,4	N/A	1,6	N/A	1,4	2,4	N/A	2,4	N/A	2,8	2,6	N/A	N/A
Suelo Tipo C	0,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Suelo Tipo D	0,0	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Suelo Tipo E	0,0	-0,8	-1,2	-1,2	-1,0	-1,2	-0,8	-1,2	-0,8	-0,8	-0,4	-1,2	-0,4	-0,6	-0,6	-0,8
CUENTA FINAL, S.																
CUENTA FINALES:															Requiere Evaluación	
															Detallada	
															SI	
															NO	

Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	N/A	0,2	0,4	0,4	0,0
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	0,6	0,8	0,3	N/A	0,4	N/A	0,6	N/A
Irregularidad Vertical	-2,5	-2,0	-1,0	-1,5	N/A	-1,0	-1,0	-1,5	-1,0	-1,0	N/A	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Irregularidad en Planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Año Pre Código	0,0	-1,0	-1,0	-0,8	-0,6	-0,8	-0,2	-1,2	-1,0	-2,0	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,2
Año Post Código	2,4	2,4	1,4	1,4	N/A	1,6	N/A	1,4	2,4	N/A	2,4	N/A	2,8	2,6	N/A
Suelo Tipo C	0,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Suelo Tipo D	0,0	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Suelo Tipo E	0,0	-0,8	-1,2	-1,2	-1,0	-1,2	-0,8	-1,2	-0,8	-0,8	-0,4	-1,2	-0,4	-0,6	-0,8
CUENTA FINAL, S.															

Referencia: FEMA 154 (2002)

Seguidamente, se describen los atributos de la edificación:

a) Altura de la Edificación

Edificaciones de mediana altura (4 a 7 niveles)

Edificaciones de gran altura (8 a más niveles)

b) Irregularidad vertical

Esta característica se relaciona con la forma de construcción en el sentido vertical, como se muestra en la siguiente figura, construcción de niveles diferentes en una misma edificación, construcción en pendientes generan discontinuidades de ruta de carga, edificio sobre una cuesta, piso blando (Quispe & Mamani, 2021).

Figura 2. 14. Irregularidades verticales

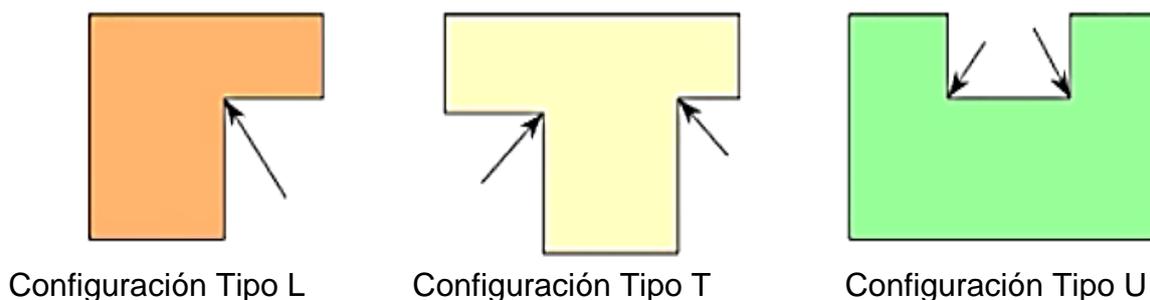


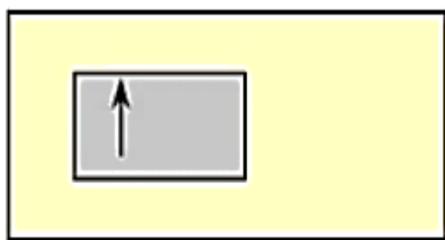
Referencia: FEMA 154.

c) Irregularidad en planta

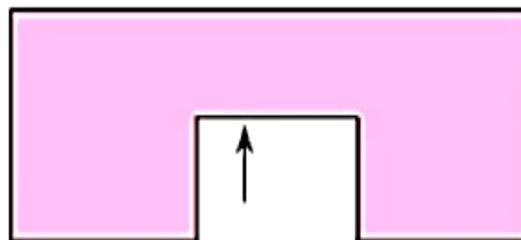
Esta característica se presenta en edificios con esquinas entrantes, donde la posibilidad de que ocurran daños en la edificación aumenta. Las edificaciones con esquinas entrantes se consideran a aquellos que en planta tienen formas de E, L, T, U, en forma de cruz o cualquier forma no regular de la construcción en planta.

Figura 2. 15. Ejemplo de Irregularidades en planta





Abertura o ducto grande



Conexión débil entre grandes áreas en
Planta

Referencia: FEMA (2002).

d) “Pre - Code” y “Benchmark - post”

Estos dos modificadores se relacionan con el diseño y ejecución de las estructuras de las edificaciones según los códigos sísmicos.

Se aplicará el factor “Pre-code”, en zonas de alta y moderada sismicidad para edificaciones cuya construcción se realizó antes de la definición de los códigos de diseño sísmico.

Se aplicará el factor “Benchmark-post” a las edificaciones construidas después de la definición de los códigos sísmicos.

Tabla 2. 6. Guía de identificación de los modificadores "Pre-code" y "Benchmark post" en las edificaciones

Zona Sísmica	Factor que aplica de acuerdo a la construcción de las edificaciones		
	Antes de la implementación de la norma sísmica	Después de la adopción de normas sísmicas	Después de la aplicación de una mejora sustancial de la norma sísmica
Alta	Pre-code	--	Benchmark-post
Media	Pre-code	--	Benchmark-post
Baja	--	Benchmark-post	Benchmark-post

Referencia: Adaptado de FEMA 154 (2002).

En la determinación de los modificadores “Pre-Code” y “Benchmark post” en las edificaciones en el Perú se debe tener en cuenta la evolución de la norma sísmica peruana.

Torrealva (2012) indica que, en el Perú, los códigos de diseño y construcción se han implementado hace poco tiempo. A mediados del siglo XX las construcciones aun eran autoconstruidas o se aplicaban recomendaciones de normatividad extranjera (Europa y EE.UU.)

Se debe tener en cuenta que, según la cronología realizada por Blanco (2010), respecto de la implementación de las normas sísmicas se dio así:

En 1970 se publica el RNC (Reglamento Nacional de Construcción), en donde se incluyen en el capítulo IV, las exigencias para “Seguridad contra el efecto destructivo de los sismos”. Considerando que estas exigencias no eran estrictamente una norma sísmica.

En el año 1977 se aprueba la incorporación de la norma básica de diseño sismorresistente al Reglamento Nacional de Construcciones.

En el año 1997 los desplazamientos de la estructura a diseñar eran aproximadamente 2.5 veces mayores. Se hacen estas modificaciones a raíz de los resultados del sismo de Nazca en 1996, donde se observó colegios nuevos seriamente dañados.

En el año 2003 se publica los cambios a la norma sísmica y se amplifican las fuerzas de sismo por 1.25 a raíz del sismo de Atico (Arequipa, Moquegua y Tacna) en el año 2001.

De acuerdo con la información anterior se puede afirmar que el primer código peruano de diseño sísmico data de 1977, y la última versión corresponde al año 2003. Por tanto, se puede afirmar que en la aplicación del PIVR en esta tesis el puntaje “Pre-Code” corresponderá a las edificaciones diseñadas antes de 1977 debido a que las edificaciones en su mayoría datan de hace cien años o más.

e) Suelos de Tipo C, D o E

Este atributo permite seleccionar el puntaje que corresponde a cada tipo de suelo. No se incluyen a los suelos tipos A y B puesto que no existe un modificador de puntaje para estos suelos, tampoco existe puntaje para suelo

tipo “F”, el mismo que es suelo de baja calidad, como turba, suelos con índice de plasticidad muy elevados, o suelos licuables, ya que las edificaciones con este tipo de suelo no pueden ser evaluadas de manera adecuada con este método.

2.2.5.13 La Determinación de la puntuación final.

El valor de S, es el valor final del puntaje Estructural. Se define el valor de S sumando aritméticamente la puntuación de los modificadores y se registra en la plantilla dada por el ATC – FEMA 154. Una vez determinado el puntaje se realiza la evaluación y se determina si se necesita de una evaluación más detallada, lo cual se registra también en el formulario.

Además, según FEMA 154 (2002), si no se logra realizar la identificación conforme a lo indicado, o la información registrada no es precisa o confiable, se puede optar por realizar la evaluación, de dos formas:

1. La persona responsable de la evaluación puede realizar el cálculo de S para cada una de las probabilidades y deberá escoger el puntaje más bajo registrado. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este tipo de evaluación es de un enfoque muy conservador, lo que puede ocasionar que se le otorgue un puntaje que indique que una edificación tiene un riesgo mayor al que tiene en realidad. Si las edificaciones de los diferentes tipos dan un resultado menor al puntaje de corte, entonces este enfoque no significara mayor problema.
2. Si el responsable de evaluar tiene muchas dudas respecto a cualquier opción sobre el sistema estructural, deberá registrar textualmente “Desconocido” debajo del tipo de edificio, con lo que se estará indicando que no se logró reconocer o identificar. De presentarse este caso, se hará un análisis más minucioso y detallado realizado por un profesional experto (ello incluiría inspeccionar la parte interna de la edificación para observar y analizar sus elementos estructurales)

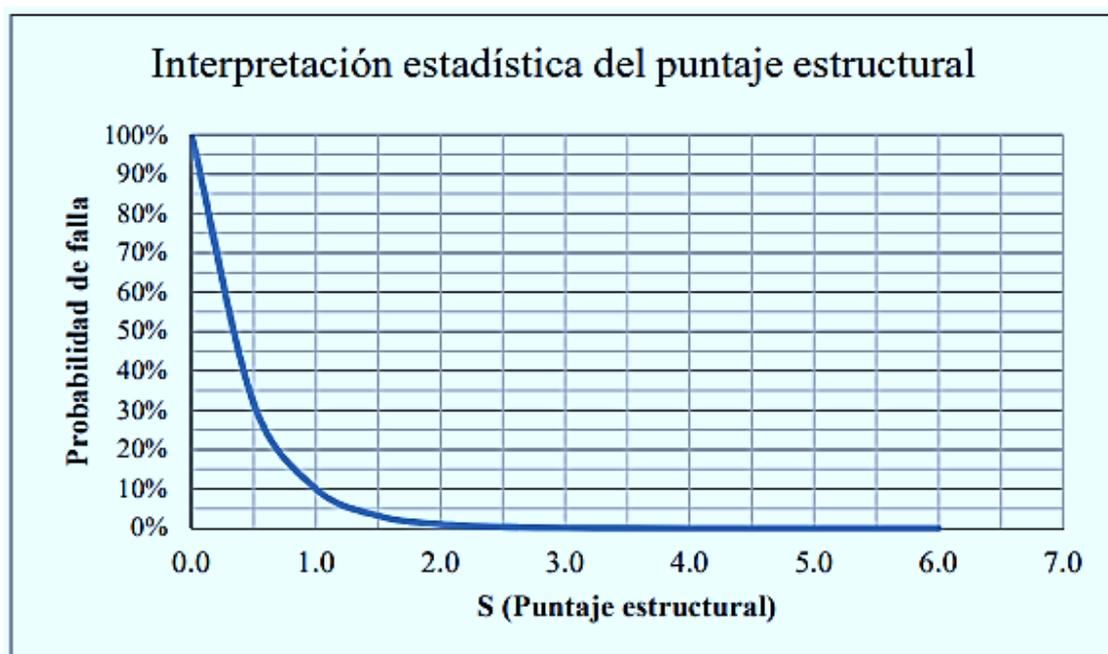
2.2.5.14 Interpretación del puntaje final obtenido

La puntuación final “S” es una estimación de la probabilidad, de que la serviciabilidad del edificio se vea comprometida íntegramente e incluso llegar a

tal punto que provoque el colapso del edificio, esto bajo un escenario en que se produzcan movimientos sísmicos que igualen o superen al máximo movimiento sísmico considerado en la norma de diseño. (Castro, 2019, p. 91)

La puntuación final “S” es una estimación de la probabilidad de que el edificio tenga totalmente comprometida su serviciabilidad; o incluso colapse si se producen eventos sísmicos que igualan o exceden el máximo considerado. Esta probabilidad calculada es aproximada y se basa en estimaciones producto de observaciones y análisis de datos. Para una puntuación final S hay una probabilidad de 1 en 10^S ; así, por ejemplo, para una puntuación final S=3 hay una probabilidad de 1 en 1000, que el edificio colapse bajo acción sísmica. La probabilidad estimada en función de la puntuación puede apreciarse en la Figura 2.16.

Figura 2. 16. Probabilidad estimada de falla según el puntaje obtenido



Referencia: FEMA 2002 citado por Castro (2019).

2.2.6 Amenaza o Peligro sísmico

Se conoce como amenaza o peligro sísmico, a la posibilidad que se presente un sismo potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado. Representa un factor de riesgo externo al elemento expuesto, un peligro latente natural asociado al fenómeno sísmico, capaz de producir efectos adversos a las personas, los bienes y/o al medio ambiente. (Safina, 2002).

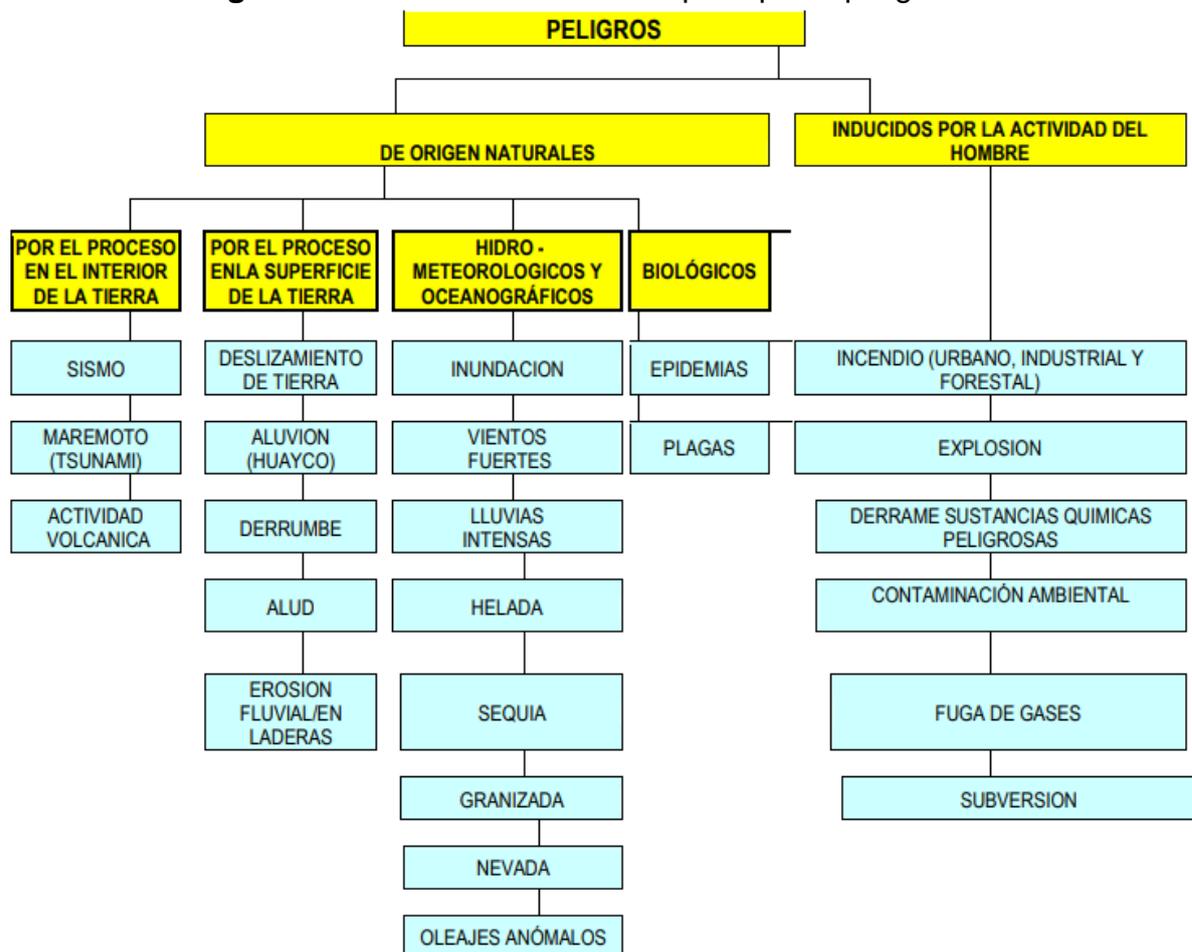
Los peligros o amenazas se deben a fenómenos naturales ya sean atmosféricos, hidrológicos y geológicos, por razones de ocurrencia, severidad y frecuencia, pueden afectar adversamente a los seres humanos y a sus estructuras o actividades; es decir, son todos aquellos elementos del medio ambiente o entorno físico. (INDECI. 2006).

La estimación del peligro se realiza analizando de una parte, el impacto potencial que podrían causar fenómenos endógenos como los sismos y sus consecuencias: tsunamis, deslizamientos, derrumbes, hundimientos, licuación del suelo (geodinámica interna) y los procesos exógenos como erosión, acción eólica, precipitaciones pluviales y sus consecuencias (geodinámica externa), determinando en forma gráfica, en cada caso los sectores urbanos que podrían ser afectados por los peligros identificados (INDECI. 2006).

2.2.6.1 Clasificación del Peligro.

Según el origen, los peligros pueden ser: naturales y tecnológicos.

Figura 2. 17. Clasificación de los principales peligros



Referencia: COEN – INDECI (2006)

En esta investigación se evaluará los peligros de origen natural, por el proceso en el interior de la tierra conocido como sismo.

Figura 2. 18. Peligros de origen natural a tratar.



Referencia: COEN – INDECI (2006).

2.2.6.2 Peligros que afectan la zona.

2.2.6.2.1 Sismo.

Sismo o seísmo es una palabra de origen griego que abarca otros vocablos dentro de su contexto como son: terremoto (del latín terraemotus) o temblor, usadas estas generalmente en América del Sur.

Sismo es un movimiento originado por fenómenos geológicos o causas artificiales, en un punto de la corteza terrestre, que se propaga en forma de ondas concéntricas a su punto de inicio, llamado hipocentro, haciendo oscilar la superficie de la tierra en diferentes direcciones. En general cuando los sismos sobrepasan un determinado nivel de intensidad y ocasionan daño reciben el nombre de terremotos y cuando sólo alcanzan a ser percibidos toman la denominación de temblores, como es obvio los estudios orientados a este aspecto tienden a hacer énfasis en el análisis de los terremotos por ser éstos los movimientos sísmicos que mayor relación y repercusión presentan sobre los asentamientos humanos.

Según la Norma Técnica Peruana E.030, modificada mediante Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, 2016), la provincia de Cajabamba (También su Centro Histórico) de encuentra en la zona 3, la cual corresponde a la zona sísmica alta.

2.2.6.2.2 Deslizamiento de tierra.

Se denomina así al desplazamiento lento y progresivo de una porción de terreno, que usualmente se da en el mismo sentido de la pendiente, que puede ser producido por diferentes factores como la erosión del terreno o filtraciones de agua” INDECI, 2006).

El centro Histórico de Cajabamba, está ubicado en una zona con pendiente media.

2.2.6.2.3 Erosión Fluvial/ de laderas.

La erosión se produce por fenómenos naturales (filtraciones de agua e intemperismo) y consiste en la desintegración o desgaste del elemento que es sometido a estos fenómenos.

Los ríos llevan grandes caudales, los cuales generan desgastes en los márgenes y el fondo del cauce, dando como resultado diversos efectos colaterales, a esto se denomina erosión fluvial. Por otro lado, los agentes erosivos como los vientos, lluvias, escurrimiento de aguas superficiales erosionan la superficie de los suelos, degradando las laderas y llevando el material del suelo o rocas presentes en la superficie de la tierra de un lugar a otro, alterando así la composición de los mismos (INDECI, 2006).

Según el mapa de Propuesta de Zonificación de la Ciudad de Cajabamba, la quebrada denominada Ismayacu cruza muy cerca al área que corresponde al centro histórico de Cajabamba (Zona Monumental), con ello, la zona en estudio tiene esta afectación.

2.2.6.2.4 Viento. De acuerdo con el INDECI (2006):

Para una determinada región existe una velocidad de viento promedio, cuando supera dicho promedio y genera daños, se tipifica como un viento fuerte o de alta intensidad.

Las viviendas ubicadas en el Centro histórico de Cajabamba tienen, en su mayoría, techos de teja, los cuales ante la presencia de vientos fuertes suelen caer, significando un peligro para los ocupantes y peatones de la zona.

2.2.6.2.5 Lluvia.

Cajabamba pertenece a la sierra peruana, por consiguiente, es una zona lluviosa.

La temporada de lluvia en Cajabamba dura entre 7 meses, desde octubre hasta abril. Los meses con más lluvia en Cajabamba son febrero y marzo.

El periodo del año sin lluvia dura entre 5 meses, desde abril de mayo hasta setiembre. El mes con menos lluvia en Cajabamba es Julio.

El problema que se genera con este fenómeno natural es que el Centro Histórico de Cajabamba se encuentra ubicado topográficamente en una zona con pendiente media por lo que, ante la presencia de lluvias intensas, las calles de la zona en estudio se transforman en pequeños ríos que trasladan el caudal de escorrentía que se forma desde las partes altas de la ciudad. De existir fracturas en las calles el agua se filtra y puede provocar que las paredes de adobe acumulen mayor humedad, convirtiéndose así en un peligro.

2.2.6.2.6 Incendio.

Se conoce como incendio a la propagación libre y no programada del fuego dando como resultado la destrucción total o parcial de las edificaciones, existentes en las ciudades o centros poblados.

En Cajabamba se han registrado diversos incendios en los últimos años, y específicamente en el centro histórico de Cajabamba se registró un incendio en el año 2021, siendo la vivienda afectada una construcción de adobe de dos niveles, con techo de teja y madera, siendo los resultados desastrosos. El mayor inconveniente en la ciudad de Cajabamba es que no se cuenta con la presencia de una Central de Bomberos, lo que dificulta una respuesta rápida y de emergencia.

2.2.6.3 Estratificación.

Para evaluar el riesgo sísmico, las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto.

Tabla 2. 7. Estrato, descripción y valor de las zonas de peligro

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante.	1 < de 25%
	Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc.	
	Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas	2 De 26% a 50%
	Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad.	
	De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	
PA (Peligro alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas.	3 De 51% a 75% ^o
	Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días	
	Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos	
	De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico	
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla")	4 De 76% a 100%
	Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava.	
	Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo	
	Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo.	
	Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc.	
	Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones	
Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico		

Referencia: INDECI (2006).

Cuando el peligro es muy alto, nos encontramos ante un peligro que puede ser catalogado como “peligro inminente”, es decir a la situación creada por un fenómeno de origen natural u ocasionado por la acción del hombre, que haya generado, en un lugar determinado, un nivel de deterioro acumulativo debido a su desarrollo y evolución, o cuya potencial ocurrencia es altamente probable en el corto plazo, desencadenando un impacto de consecuencias significativas en la población y su entorno socio-económico. INDECI (2006).

2.2.6.4 Determinación de la vulnerabilidad Sísmica.

Para determinar la vulnerabilidad sísmica es necesario analizar la vulnerabilidad estructural y la vulnerabilidad no estructural (Kuroiwa, 2002). considerando que la vulnerabilidad estructural tiene en cuenta los parámetros correspondientes a la densidad de los muros, la calidad de la mano de obra y la calidad de los materiales, mientras que la vulnerabilidad no estructural solo está en función de la estabilidad el muro al volteo en el que se considera a los aleros (Mosqueira & Tarque, 2005).

Tabla 2. 8. Parámetros para evaluar la vulnerabilidad sísmica

Vulnerabilidad					
Estructural			No estructural		
Densidad (60%)	Mano de obra y materiales (30%)		Tabiquería y parapetos (10%)		
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Referencia: Mosqueira y Tarque (2005).

Los valores asignados se reemplazan en la ecuación:

$$Vulnerabilidad\ sísmica = 0.6 \times D + 0.3 \times MO + 0.1 \times E \quad (1)$$

Donde:

D: Densidad de los muros

MO: Mano de obra

E: Estabilidad de los muros.

Además, una vez calculado el valor de la vulnerabilidad sísmica, se consideran los siguientes rangos.

Tabla 2. 9. Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

Vulnerabilidad Sísmica	Rango
Baja	1 a 1,4
Media	1,5 a 2,1
Alta	2,2 a 3

Referencia: Mosqueira y Tarque (2005).

2.2.6.5 Determinación del Peligro Sísmico.

Se estima en función de la sismicidad, tipo de suelo, topografía y pendiente de la zona donde está ubicada la vivienda. Cada parámetro tiene un valor de acuerdo con la tabla 2.10 mostrada a continuación, en la cual se observa, la participación del 40% para sismicidad y tipo de suelo, los mismo que se relacionan con el cálculo de la fuerza sísmica establecida en la norma de diseño sismorresistente, además del 20% de la topografía y pendiente.

Tabla 2. 10. Valores de los parámetros del peligro sísmico

Peligro					
Sismicidad (40%)		Suelo (40%)		Topografía y pendiente (20%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Referencia: (Mosqueira & Tarque, 2005).

A fin de calcular el peligro se usa la siguiente formula:

$$Peligro = 0.4 \times Sismicidad + 0.4 \times Suelo + 0.2 \times Topografía \text{ y } pendiente \quad (2)$$

En la tabla siguiente se muestra los rangos de todas las posibles combinaciones de los parámetros que califican el peligro sísmico, en estas combinaciones se toma como eje principal la sismicidad de la zona donde está construida.

Tabla 2. 11. Rango de valores para el cálculo del peligro sísmico

Sismicidad	Peligro sísmico	Rango
Alta	Bajo	1.8
	Medio	2 a 2.4
	Alto	2.6 a 3
Media	Bajo	1.4 a 1.6
	Medio	1.8 a 2.4
	Alto	2.6
Baja	Bajo	1 a 1.6
	Medio	1.8 a 2
	Alto	2.2

Referencia: Mosqueira & Tarque (2005).

Tabla 2. 12. Combinaciones de los parámetros para la evaluación del peligro sísmico

Sismicidad (40%)	Estructural						Pesos (%)			Peligro Sísmico	Valor Numérico
	Suelos (40%)			Topografía (20%)			40	40	20		
	Rígido	Intermedios	Flexible	Plana	Media	Pronunciada					
Baja	x			x			3	1	1	Bajo	1.8
	x				x		3	1	2	Medio	2
	x					x	3	1	3		2.2
		x		x			3	2	1		2.2
		x			x		3	2	2	2.4	
		x					3	2	3	2.6	
			x	x			3	3	1	2.6	
			x		x		3	3	2	2.8	
			x			x	3	3	3	3	
Media	x			x			3	1	1	Bajo	1.4
	x				x		3	1	2	1.6	
	x					x	3	1	3	1.8	
		x		x			3	2	1	1.8	
		x			x		3	2	2	2	
		x				x	3	2	3	2.2	
			x	x			3	3	1	2.2	
			x		x		3	3	2	2.4	
			x			x	3	3	3	2.6	

Sismicidad (40%)	Estructural						Pesos (%)			Peligro Sísmico	Valor Numérico
	Suelos (40%)			Topografía (20%)			40	40	20		
	Rígido	Intermedios	Flexible	Plana	Media	Pronunciada					
Alta	x			x			3	1	1	Bajo	1
	x				x		3	1	2		1.2
	x					x	3	1	3		1.4
		x		x			3	2	1		1.4
		x			x		3	2	2	Medio	1.6
		x				x	3	2	3		1.8
			x	x			3	3	1		1.8
			x		x		3	3	2		2
			x			x	3	3	3		Alto

Referencia: Adaptado de Mosqueira & Tarque, (2005).

Para la calificación numérica del Peligro Sísmico, se reemplazan los valores numéricos de Sismicidad, Tipo de Suelo y Topografía en ecuación anterior. El valor obtenido se compara con la calificación del Peligro Sísmico mostrado en la Tabla 2.12 lo que nos permite asignar el Nivel de Peligro Sísmico de las edificaciones evaluadas.

Tabla 2. 13. Calificación del Peligro Sísmico.

Sismicidad	Peligro Sísmico	Rango
Alta	Bajo	1.80
	Medio	De 2.00 a 2.40
	Alto	De 2.60 a 3.00
Media	Bajo	De 1.40 a 1.60
	Medio	De 2.00 a 2.40
	Alto	2.60
Baja	Bajo	De 1.00 a 1.60
	Medio	De 1.80 a 2.00
	Alto	2.20

Referencia: Mosqueira y Tarque, 2005.

2.2.7 Riesgo sísmico

Se entiende por riesgo sísmico el grado de pérdida, destrucción o daño esperado debido a la ocurrencia de un determinado sismo. Está relacionado con la probabilidad que se presenten o manifiesten consecuencias, lo cual está íntimamente vinculado al

grado de exposición, su predisposición a ser afectado por el evento sísmico y el valor intrínseco del elemento. (Safina, 2002, p.38).

2.2.7.1 Estimación del riesgo.

La Estimación del Riesgo en Defensa Civil, es el conjunto de acciones y procedimientos que se realizan en un determinado centro poblado o área geográfica, a fin de levantar información sobre la identificación de los peligros naturales y/o tecnológicos y el análisis de las condiciones de vulnerabilidad, para determinar o calcular el riesgo esperado probabilidades de daños: pérdidas de vida e infraestructura. Complementariamente, como producto de dicho proceso, recomendar las medidas de prevención (de carácter estructural y no estructural) adecuadas, con la finalidad de mitigar o reducir los efectos de los desastres, ante la ocurrencia de un peligro o peligros previamente identificados. Se estima el riesgo antes de que ocurra el desastre. En este caso se plantea un peligro hipotético basado principalmente, en su periodo de recurrencia. En tal sentido, sólo se puede hablar de riesgo (R) cuando el correspondiente escenario se ha evaluado en función del peligro (P) y la vulnerabilidad M. (INDECI, 2006).

Se considera la estimación del riesgo en aquellos casos relacionados con la elaboración de un proyecto de desarrollo y de esa manera se proporciona un factor de seguridad a la inversión de un proyecto. También se evalúa el riesgo, después de ocurrido un desastre. La evaluación de daños, pérdidas y víctimas, se realiza en forma directa sin emplear la ecuación indicada.

2.2.7.2 Cálculo del nivel de Riesgo.

Una vez identificado los peligros (P) a la que está expuesta el Centro histórico de Cajabamba y realizado el análisis de vulnerabilidad (V), se procede a una evaluación conjunta, para calcular el riesgo (R), es decir estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o tecnológico (INDECI 2006).

La estimación del riesgo corresponde a un análisis y una combinación de datos teóricos y empíricos con respecto a la probabilidad del peligro identificado, es decir la fuerza e intensidad de ocurrencia; así como el análisis de vulnerabilidad o la

capacidad de resistencia de los elementos expuestos al peligro (población, viviendas, infraestructura, etc.), dentro de una determinada área geográfica.

Existen diversos criterios o métodos para el cálculo del riesgo, por un lado, el analítico o matemático; y por otro método el descriptivo. El criterio analítico, llamado también matemático, se basa fundamentalmente en la aplicación o el uso de la ecuación siguiente:

$$\text{Riesgo Sismico (R)} = f(\text{Vulnerabilidad (V)}, \text{Peligro Sismico (P)}) \quad (3)$$

Dicha ecuación es la referencia básica para la estimación del riesgo, donde cada una de las variables: Peligro (P), vulnerabilidad (V) y, consecuentemente, Riesgo (R), se expresan en términos de probabilidad.

El criterio descriptivo, se basa en el uso de una matriz de doble entrada: "Matriz de Peligro y Vulnerabilidad" (tabla 2.8). Para tal efecto, se requiere que previamente se hayan determinado los niveles de probabilidad (porcentaje) de ocurrencia del peligro identificado y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente. Con ambos porcentajes, se interrelaciona, por un lado (vertical), el valor y nivel estimado del peligro; y por otro (horizontal) el nivel de vulnerabilidad promedio determinado en la respectiva tabla. En la intersección de ambos valores se podrá estimar el nivel de riesgo esperado (INDECI. 2006).

Tabla 2. 14. Matriz de Peligro y Vulnerabilidad.

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo muy Alto	Riesgo muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Referencia: INDECI 2006.

LEYENDA:

-  Riesgo Bajo (< de 25%).
-  Riesgo Medio (26% al 50%).
-  Riesgo Alto (51% al 75%).
-  Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

2.2.8 Consideraciones para la construcción con tierra reforzada/ Intervención técnica en obras patrimoniales de tierra: NTP E 0.80.

Se debe tener en cuenta que, en cualquier caso de intervención (reforzamiento, modificación rehabilitación, restauración o mejoramiento u otro) que tenga que ver con obras patrimoniales, o viviendas que pertenezcan a la zona patrimonial (Centro Histórico), que hayan sido construidas con tierra (adobe) se debe considerar lo que dicta el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma Técnica E 0.80:

- Como consideración primordial, se debe garantizar la seguridad y la vida de los ocupantes y se debe buscar proteger los bienes culturales que esten albergados en su interior (en casos de museos, casas de cultura, otros).
- Se debe buscar aumentar la durabilidad de la construcción tradicional aplicando tecnología moderna y haciendo uso de diseños basados en el desempeño de las edificaciones (refuerzos).
- Buscar que se sigan manteniendo las técnicas y materiales tradicionales de mayor valor, hasta donde sea pertinente, destacando así, su valor científico e histórico.
- Se debe conservar la autenticidad cultural original limitando la intervención al mínimo necesario.
- Se utilizarán refuerzos compatibles y reversibles para preservar los materiales originales según las condiciones climáticas y que no perjudiquen el material original durante la ocurrencia de sismos (golpeándolos, agrietándolos o deformándolos, por diferencia de dureza o rigidez).
- Se hará uso de materiales y técnicas que Permitan trabajos de mantenimiento y conservación futura.

- Se conservará la documentación técnica sobre las intervenciones, a cargo de las entidades competentes para facilitar el acceso al archivo sobre los trabajos de intervención realizadas.

2.2.9 Definición de Términos Básicos

2.2.9.1 Peligro: El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente (INDECI 2006).

2.2.9.2 Desastre: Interrupción grave en el funcionamiento de una comunidad causando grandes pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la comunidad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios, necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico) (INDECI 2006).

2.2.9.3 Defensa Civil: Conjunto de medidas permanentes destinadas a prevenir, reducir, atender y reparar los daños a las personas y bienes, que pudieran causar o causen los desastres y calamidades (INDECI 2006).

2.2.9.4 Prevención: El conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye entre otras, medidas de ingeniería (construcciones sismo resistentes, protección ribereña y otras) y de legislación (uso adecuado de tierras, del agua, de ordenamiento urbano y otras)

2.2.9.5 Vivienda: Se considera una vivienda a cualquier recinto, separado e independiente, construido o adaptado para el albergue de personas. Las viviendas se clasifican en particulares o colectivas, teniendo en cuenta el tipo de hogar que las ocupa.

2.2.9.6 Vulnerabilidad: Se entiende por vulnerabilidad la susceptibilidad al daño que tienen los elementos expuestos a un determinado peligro (INDECI 2006).

2.2.9.7 Riesgo: Se entiende por Riesgo la probabilidad de daños sociales, ambientales y económicos por un peligro o evento natural, en un lugar y durante un tiempo de exposición determinado (INDECI 2006).

2.3 Definición de Variables

- Variable independiente: Viviendas de adobe del centro histórico de Cajabamba.
- Variable dependiente: Riesgo sísmico.

2.3.1 Operacionalización de Variables

Tabla 2. 15. Operacionalización de Variables

Variables	Definición operacional	Indicadores	Dimensiones
VD: Riesgo Sísmico	Es la estimación o evaluación del costo de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y económica, durante un periodo específico y en un área determinada que puede causar un sismo	Vulnerabilidad	Baja
			Media
			Alta
		Peligro sísmico	Bajo
			Medio
			Alto
VI: Viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba	La tradición de construcciones con tierras está profundamente arraigada en nuestro país desde la época pre - hispánica	Sismicidad	Zona 1
			Zona 2
			Zona 3
			Zona 4
		Tipo de suelo	Flexible
			Intermedios
			Rígidos
		Topografía	Plana
			Media
			Pronunciada

2.3.2 Matriz de consistencia

Tabla 2. 16. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	Indicadores	Dimensiones	Metodología	Población	
General	General	General	Dependiente			Tipo de investigacion	Población	
¿Cuál es el riesgo sísmico de las viviendas de adobe del centro histórico de Cajabamba?	Determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba.	Las viviendas de adobe del centro histórico de Cajabamba tienen un nivel de riesgo sísmico alto	VD: Riesgo Sísmico	Vulnerabilidad	Baja	Aplicada	Totalidad de viviendas pertenecientes al centro histórico de la provincia de Cajabamba	
					Media			
				Alta				
				Peligro sísmico	Baja			
					Media			
					Alta			
	Específicos	Específicas	Independiente					Muestra
		Determinar el nivel de peligro sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba.	El nivel de peligro sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba es alto, debido al tipo de suelo y su topografía	VI: Viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba	Sismicidad		Zona 1	10 edificaciones, representativas
							Zona 2	
							Zona 3	
			Zona 4					
	Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba.	vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba es alto, debido a la calidad del	Tipo de suelo		Blandos			
							Intermedios	
			Topografía	Rigidos				
				Plana				
				Media				
				Pronunciada				

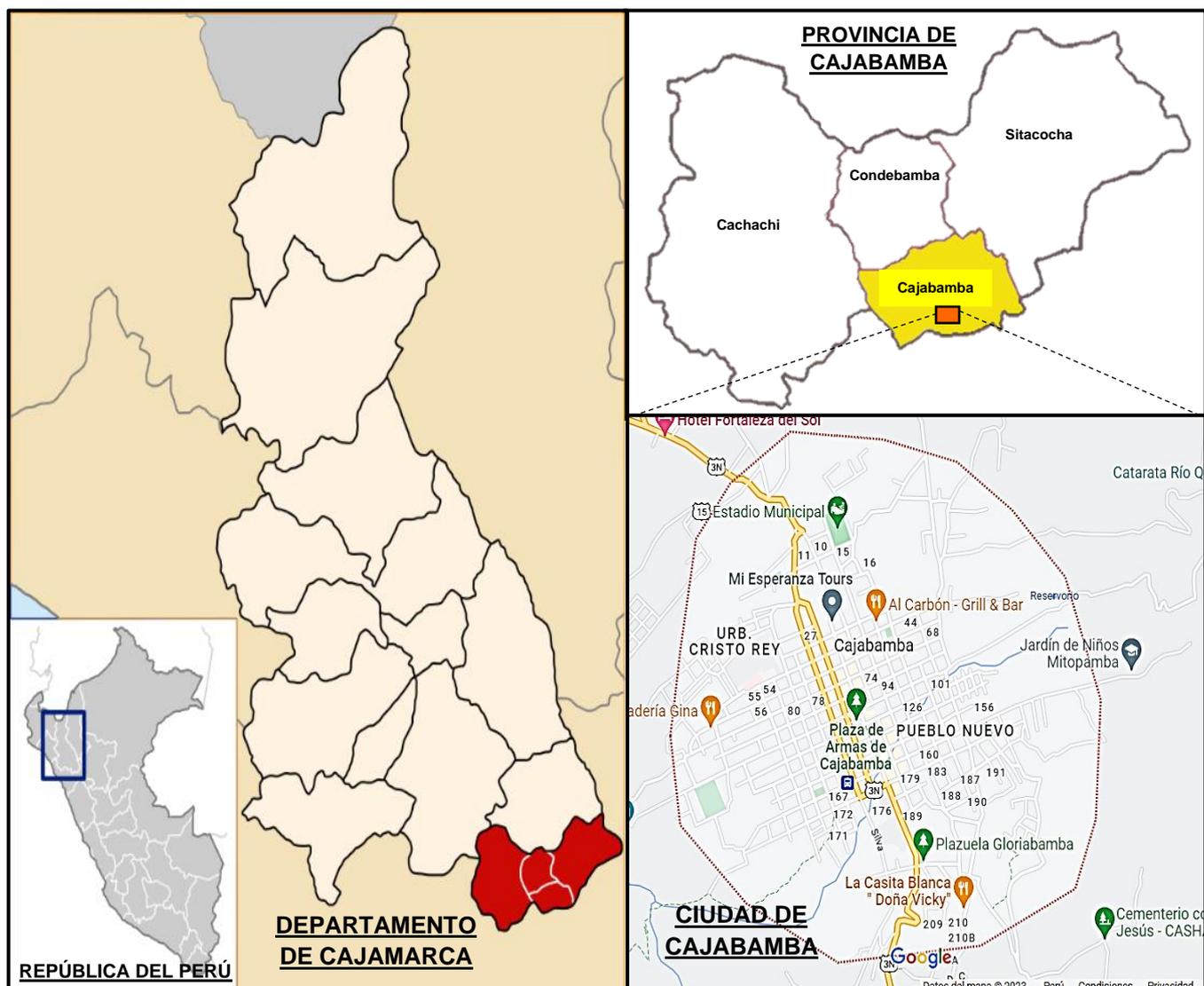
CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación de la zona de estudio

La Provincia de Cajabamba pertenece al Departamento de Cajamarca que se ubica a una altura de 2.654 m s. n. m. Siendo sus coordenadas, UTM 825000 y 9158000, Zona UTM 17S, está a una altura aproximada de 2654 m.s.n.m.

Figura 3. 1. Ubicación de la ciudad de Cajabamba.



La investigación se desarrolló en el Centro Histórico de Cajabamba, ubicado en la Provincia de Cajabamba. El Centro Histórico abarca un área total de 12.96 Has, con un total de 16 manzanas, incluyendo la manzana que corresponde a la plaza de armas y la manzana que pertenece a la Iglesia Principal "San Nicolás de Tolentino"

Figura 3. 3. Ubicación de las edificaciones a evaluar en el Centro Histórico de Cajabamba



3.2 Tipo de Investigación

3.2.1 Según el propósito de la investigación

Se considera investigación **Aplicada**; este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren, además, toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Sin embargo, en una investigación empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas. La investigación busca, en este caso, determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de adobe del centro histórico de Cajabamba, para recomendar las acciones pertinentes respecto al reforzamiento de las edificaciones o lo que corresponda.

3.2.2 Según el enfoque de la investigación

Se considera del tipo **Cualitativa**; ya que con esta investigación lo que se busca es describir sucesos complejos en su medio natural, con información preferentemente cualitativa. Ello porque se hace uso de plantillas que se llenan con información real obtenida en campo.

3.2.3 Según el ámbito de investigación

Se considera una investigación **no experimental**, ello debido a que la investigación se ha realizado sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos sin modificar en su contexto natural para obtener resultados.

3.2.4 Según el periodo de la investigación

Es **transversal**, debido a que la información se recolectada apunta a un momento y tiempo definido, y el propósito de esta investigación es describir variables y analizar su incidencia e interrelación entre sí en un momento dado, en este caso, en el mes de octubre del año 2022.

3.2.5 Según el alcance de la investigación

Es **descriptivo correlacional**, dado que este tipo de estudio busca primero describir las condiciones actuales de las viviendas de adobe, luego calcular el riesgo sísmico en base a la información obtenida y así medir el grado de relación existente entre ambas variables.

3.3 Población de estudio

La población para esta investigación son todas las edificaciones de adobe correspondientes al centro histórico de Cajabamba que son un total de 65 viviendas (según censo del INEI año 2017), entre las que existen viviendas unifamiliares y multifamiliares de dos pisos a más.

3.4 Muestra

Se tiene un muestreo de población finita, que es 65 viviendas de adobe, con variable cualitativa (estimación de proporciones) entonces se establece el tamaño de la muestra, mediante:

$$n = \frac{(z^2 * p * q * N)}{\varepsilon^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad (5)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

z = Nivel de confianza

N = Tamaño de la Población o Universo

ε = Error muestral.

p = Probabilidad a favor

q = Probabilidad en contra

Entonces tenemos:

z = 1.645 (confianza del 90%).

N= 65

ε = 10%

p= 95%

q = 5%

Reemplazando obtenemos:

$$n = \frac{(1.645^2 * 0.95 * 0.05 * 65)}{0.1^2 * (65 - 1) + 1.645^2 * 0.95 * 0.05} = 10.87$$

El valor de la muestra será de 10 viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba a las cuales se realizará la encuesta.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

La técnica utilizada para el desarrollo de esta investigación fue:

3.5.1 Técnicas

3.5.1.1 Observación participante

Esta técnica ha permitido que se puedan responder interrogantes como ¿Quién? ¿Qué? ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Cómo? y ¿Por qué? Para conocer como se hizo la construcción de las viviendas evaluadas de adobe, el nombre de la vivienda, ocupación, nombre de los dueños, la categoría estructural de las mismas entre otra información valiosa, ello siguiendo los procedimientos dictados por la FEMA 154.

3.5.1.2 Análisis de documentos

Esta técnica nos permitirá analizar e investigar el año de construcción de las viviendas, modo de construcción, planos o croquis de la planta de las edificaciones entre otros datos históricos que se necesite conocer. Así mismo se revisará el Reglamento nacional de edificaciones, la norma técnica E.080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada”, haciendo hincapié en el capítulo V: Obras Patrimoniales de Tierra y las consideraciones para la intervención técnica en una obra patrimonial de tierra.

3.5.2 Instrumentos

3.5.2.1 Cartilla de observación

Para este caso se hará uso de las planillas del ATC – 154. Las mismas que han sido aplicadas en muchas ciudades del mundo para identificar la vulnerabilidad de las edificaciones.

3.5.2.2 Ficha de localización e investigación.

Planillas del ATC – 154, ya que en esta se tiene que completar los datos de ubicación y datos estructurales y no estructurales de cada edificación que se solicita para cumplir con el objetivo de la investigación.

3.6 Procedimientos

3.6.1 Vulnerabilidad Sísmica, Método ATC 21 - FEMA 154

Para el desarrollo de la presente investigación; se ha aplicado las técnicas, procedimientos e instrumentos utilizados para recopilar la información necesaria según los parámetros que determina el método, considerando los objetivos de la investigación se buscará obtener:

- _ Recopilación y revisión de Información documentaria existente: se realizó la consulta de documentación de otras investigaciones realizadas mediante la aplicación de este método y documentación bibliográfica del tema. Además, se hizo uso de información del proyecto: “Mejoramiento del paseo peatonal en las cuadras 8, 9, 10, 11 del jr. Grau y la cuadra 6 del jr. Lara de la zona urbana del Distrito de Cajabamba - Provincia de Cajabamba - Departamento de Cajamarca” correspondiente a la topografía y estudio de suelos.
- _ Observación Directa: al tratarse de un método de inspección visual rápida la observación se realizó in situ, tomando los datos correspondientes a cada una de las viviendas en estudio.

Por lo tanto, el procedimiento desarrollado es el siguiente:

1. Consulta de datos e información de identificación de la vivienda.
(Nombre, dirección, año de construcción, propietario, etc)
2. Dibujar un bosquejo en planta de la vivienda tomando las medidas correspondientes.
3. Determinar el uso de la edificación (en este caso viviendas).
4. Determinar el tipo de suelo donde se encuentra la edificación.
5. Identificar el sistema de construcción de la edificación.
6. Identificar y marcar los modificantes sísmicos del funcionamiento de la edificación.
7. Determinación de la cuenta final, S (ajustando la cuenta estructural básica del peligro con los modificantes de la cuenta identificados en el paso anterior), y decidiendo si se requiere una evaluación detallada.
8. Tomar fotografías de la edificación

3.6.1.1 Recolección de datos necesarios para la ficha.

- ✓ Dirección de la vivienda.
- ✓ Otros identificadores.
- ✓ Número de pisos de la vivienda.
- ✓ Año de construcción.
- ✓ Inspector o ejecutante de la evaluación.
- ✓ Fecha de diseño.
- ✓ Área total estimada en planta (m2).
- ✓ Nombre de la edificación.
- ✓ Uso.

3.6.1.2 Determinación de las fechas de adopción del código sísmico.

En esta investigación, se aplicará el puntaje “Pre-Code” que corresponde a las edificaciones diseñadas antes de 1977 debido a que las edificaciones en su mayoría datan de hace cien años o más.

Tabla 3. 1. Código sísmico de las viviendas evaluadas

Nombre	Ubicación	Año de Construcción	Código sísmico
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	1922	Pre – code
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	1875	Pre – code
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	1821	Pre – code
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	1862	Pre – code
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	1903	Pre – code
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	1900	Pre – code
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	1855	Pre – code
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	1921	Pre – code
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	1921	Pre – code
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	1925	Pre – code

3.6.1.3 Determinación del año de construcción de la edificación.

El año de construcción de las edificaciones en estudio se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3. 2. Año de construcción de las viviendas evaluadas

Nombre	Ubicación	Año de Construcción
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	1922
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	1875
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	1821
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	1862
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	1903
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	1900
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	1855
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	1921
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	1921
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	1925

3.6.1.4 Identificación del número de niveles.

El número de niveles de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 3. 3. Variación en planta y altura de las viviendas evaluadas

Nombre	Ubicación	Número de niveles
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	3
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	2
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	2
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	1
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	2
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	2
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	2
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	2
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	2
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	3

3.6.1.5 Croquis de la planta y elevación y fotografías de la edificación

En la plantilla de datos, se ha registrado la información del croquis (plano en planta y elevación) para cada vivienda evaluada. Se ha registrado también una fotografía en la sección correspondiente.

3.6.1.6 Identificación del tipo de suelo

Debido al tipo de investigación desarrollada, no se ha hecho necesario realizar un estudio de suelos pertinente a cada vivienda, sin embargo, se ha trabajado con la información del proyecto: “Mejoramiento del paseo peatonal en las cuadras 8, 9, 10, 11 del jr. Grau y la cuadra 6 del jr. Lara de la zona urbana del Distrito de Cajabamba - Provincia de Cajabamba - Departamento de Cajamarca” respecto a su estudio de suelos, dado que dicho proyecto se encuentra dentro de la zona de estudio de esta investigación

3.6.1.7 Identificación de los posibles peligros de falla en elementos no estructurales.

Las edificaciones evaluadas del centro histórico de Cajabamba en un 90% tienen cornisas y balcones en sus diseños, también tienen parapetos, aleros y revestimiento de yeso.

Figura 3. 4. Presencia de balcones en las edificaciones evaluadas.



Figura 3. 5. Presencia de cornisas en la Iglesia San Nicolás de Tolentino



Figura 3. 6. Presencia de cornisas y aleros en la Municipalidad de Cajabamba.



3.6.1.8 Identificación del Sistema estructural

Para la presente investigación se trabajó única y exclusivamente con viviendas de adobe pertenecientes al Centro Histórico de Cajabamba, de este modo el sistema estructural de las viviendas evaluadas fue el sistema URM: Edificaciones con muros portantes de mampostería no reforzada.

3.6.2 Parámetros de la Evaluación

Para la determinación de la vulnerabilidad sísmica, realizamos cada uno de los procedimientos siguientes:

3.6.2.1 Elección de la zona sísmica.

Para elegir la zona sísmica, se debe tener en cuenta que nuestro país dividido en cuatro niveles de zonas sísmicas; clasificados como muy alto, alto, medio y bajo.

El Centro Histórico de Cajabamba, ubicado en la provincia de Cajabamba; se encuentra ubicado en la zona sísmica tres: nivel de peligro sísmico alto.

En la figura 3.7 dada por la Norma Técnica Peruana E.030, modificada mediante Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, 2016) se muestra, las zonas sísmicas del Perú, así mismo, se muestra la ubicación del Departamento de Cajamarca; en el cual, la provincia de Cajabamba de encuentra en la zona 3, la cual corresponde a la zona sísmica alta.

Figura 3. 7. Zonas sísmicas del Perú



Referencia: (NT E.030, 2019).

3.6.2.2 Formato de recolección de datos.

El formato de recolección de datos, se elige de acuerdo a la zona sísmica a la que pertenece el lugar de estudio; entonces, en la Figura 3.7 se observa la ubicación de la provincia de Cajabamba en la zona sísmica 3, entonces, pertenece a una zona sísmica media. Por lo tanto, es el formato que utilizaremos para el análisis de las viviendas que se ha propuesto realizar.

Finalmente, procedemos a desarrollar la metodología planteada para cada una de las 10 viviendas establecidas en la muestra, siendo estas las más representativas (a criterio del evaluador).

3.6.2.3 Irregularidad en altura.

Mediante la observación realizada en campo, se pudo observar y recolectar la información correspondiente a la altura de pisos cada una de las diez edificaciones, para este caso, algunas casas están ubicadas en zonas inclinadas, mientras que otras presentan irregularidad en altura, todo esto se explica en la siguiente tabla.

Tabla 3. 4. Irregularidad en altura de las viviendas evaluadas

Nombre	Ubicación	N° niveles	Irregularidad en altura	Observación
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	3	No presenta	
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	2	Sí presenta	
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	2	Sí presenta	Se ha considerado a las edificaciones que tienen pisos diferentes.
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	1	Sí presenta	
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	2	No presenta	
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	2	No presenta	
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	2	No presenta	
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	2	No presenta	
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	2	No presenta	
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	3	No presenta	

Nota. En la tabla se presentan cada uno de los resultados de la observación realizada, respecto a la irregularidad en altura correspondiente a las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba.

3.6.2.4 Irregularidad en Planta.

De acuerdo a la observación realizada en campo, se pudo constatar que algunas viviendas si presentaban dichas características.

Tabla 3. 5. Irregularidad en planta de las viviendas evaluadas.

Nombre	Ubicación	N° niveles	Irregularidad en planta	Observaciones
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	3	Sí presenta	
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	2	Sí presenta	
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	2	No presenta	
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	2	No presenta	Algunas viviendas presentan espacios en la parte interna, o vanos muy extensos
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	2	Sí presenta	
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	2	Sí presenta	
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	2	Sí presenta	
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	2	No presenta	
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	2	No presenta	
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	2	Si presenta	

Nota. La tabla muestra los resultados de las observaciones realizadas, respecto a la irregularidad en planta de las diez viviendas observadas en el centro histórico de la provincia de Cajabamba.

3.6.2.5 Tipología del Sistema Estructural.

Hasta inicios del siglo XX todas las edificaciones se basaban en muros de adobe o piedra, con muros de quincha o adobe en el segundo nivel. Los entresijos y techos eran con viguetas de madera, excepto en el caso de bóvedas o cúpulas que podían ser de madera, ladrillo o piedra

Por lo tanto, para el desarrollo de esta investigación se evaluará las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba por lo que, este tipo de edificación corresponden al sistema estructural URM (Edificaciones con muros de mampostería no reforzada) en el formato FEMA 154. Además, tiene como puntaje básico para una zona de alta sismicidad el valor de 1.8 en todas las evaluaciones.

Tabla 3. 6. Tipología del sistema estructural de las viviendas evaluadas

Nombre	Ubicación	N° niveles	Sistema Estruct.	Puntaje Básico
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	3	URM	1.8
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	2	URM	1.8
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	2	URM	1.8
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	2	URM	1.8
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	2	URM	1.8
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	2	URM	1.8
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	2	URM	1.8
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	2	URM	1.8
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	2	URM	1.8
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	3	URM	1.8

Nota. En la tabla se muestra, la tipología del sistema estructural considerado; URM, Teniendo como puntaje basico de 1.8.

3.6.2.6 Tipo de suelo.

El tipo de suelo que se ha determinado como suelo de tipo D. ello considerando las observaciones realizadas, pudiendo constatar que es un suelo duro, además, se ha considerado la información correspondiente al proyecto: Mejoramiento del paseo peatonal en las cuadras 8, 9, 10, 11 del Jr. Grau y la cuadra 6 del Jr. Lara de la zona urbana del Distrito de Cajabamba - Provincia de Cajabamba - Departamento de Cajamarca, que se encuentra dentro de la zona de estudio de esta investigación cuyo estudio de suelos fue realizado por la empresa GECONSAC Geotecnia y Construcción – Servicios Generales S.A.C. a solicitud de la Municipalidad de Cajabamba, determinado que es un suelo Gravoso arcilloso con arena, con regular dureza, razón por la cual, se considera un suelo del tipo duro. (ver anexo adjunto)

Tabla 3. 7. Tipo de suelo de las viviendas evaluadas

Nombre	Ubicación	Tipo de suelo	Código
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	Suelo duro.	D
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	Suelo duro.	D
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	Suelo duro.	D
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	Suelo duro.	D
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	Suelo duro.	D
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	Suelo duro.	D
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	Suelo duro.	D
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	Suelo duro.	D
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	Suelo duro.	D
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	Suelo duro.	D

3.6.3 Puntaje “S”

Conocidas todas las variables identificadas en la observación realizada a cada una de las viviendas, se calcula el valor de S para cada una de ellas, quedando los valores correspondientes de la manera siguiente:

Tabla 3. 8. Puntaje final S

Nombre	Ubicación	N° niveles	Sistema Estructural	Puntaje Básico	"S"
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	3	URM	1.8	0.5
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	2	URM	1.8	-0.5
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	2	URM	1.8	0
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	2	URM	1.8	0
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	2	URM	1.8	0.5
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	2	URM	1.8	0.5
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	2	URM	1.8	0.5
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	2	URM	1.8	1.0
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	2	URM	1.8	1.0
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	3	URM	1.8	0.5

3.6.3.1 Interpretación del puntaje obtenido.

Al emplear el formato FEMA 154 se toman decisiones considerando incertidumbres, debido a la aleatoriedad de los diferentes parámetros considerados, al modelado imperfecto y a la falta de experiencia. por lo tanto, se requiere de márgenes de seguridad previstos por la especificación de esfuerzos admisibles.

Así mismo, la estimación del valor “S” “es una estimación de probabilidad, de que la serviciabilidad del edificio se vea comprometida íntegramente e incluso llegar a tal punto que provoque el colapso del edificio, esto bajo un escenario en que se produzcan movimientos sísmicos” (Castro, 2019, p. 91).

Además, como se considera el valor del puntaje de corte es de $S_0 = 2$, se asume una falla del 100% la probabilidad de falla en la primera vivienda no es aceptable. Los demás, resultados se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. 9. Interpretación del puntaje obtenido

Nombre	Ubicación	"S"	probabilidad de falla (1/10 ^s) %	"So"	Condición
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	0.5	31.62%	2	No aceptable
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	-0.5	316.2%	2	No aceptable
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	0	100%	2	No aceptable
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	0	100%	2	No aceptable
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	0.5	31.62%	2	No aceptable
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	0.5	31.62%	2	No aceptable
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	0.5	31.62%	2	No aceptable
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	1.0	10.00%	2	No aceptable
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	1.0	10.00%	2	No aceptable
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	0.5	31.62%	2	No aceptable

Nota. En la tabla se muestra para cada una de las viviendas la probabilidad de falla, el valor del puntaje de corte estimado es 2, teniendo como resultado que la confiabilidad es no aceptable.

3.6.4 Determinación del Riesgo Sísmico

Para determinar el riesgo sísmico, se tiene en cuenta que está en función de dos factores que son la vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico, de acuerdo a la ecuación 2.

3.6.4.1 Determinación de la vulnerabilidad.

Para determinar esta característica se ha considerado los parámetros estructurales y no estructurales; para el primero se considera: la densidad de los muros, calidad de mano de obra, calidad de los materiales, mientras que para el segundo se considera a la estabilidad de los muros al volteo.

Tabla 3. 10. Determinación de la vulnerabilidad

Nombre	Ubicación	Parámetros a evaluar			Vulnerabilidad sísmica	
		Estructural		No estructural		
		Densidad (60%)	Mano de obra y materiales (30%)	Tabiquería y parapetos (10%)		
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	1	3	3	1.8	Media
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	2	3	3	2.4	Alta
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	2	3	2	2.3	Alta
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	1	3	3	1.8	Media
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	1	3	2	1.7	Media
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	1	3	2	1.7	Media
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	1	3	3	1.8	Media
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	1	3	3	1.8	Media
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	1	3	3	1.8	Media
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	3	3	3	3	Alta

Nota. En la tabla se muestra los valores de la vulnerabilidad de las 10 edificaciones evaluadas en el centro histórico de Cajabamba.

3.6.4.2 Determinación del peligro sísmico.

Para determinar el peligro sísmico, se tendrá en consideración los parámetros correspondientes a la Sismicidad, tipo de suelo, Topografía, pendiente de la zona donde se ubica la vivienda (Mosqueira & Tarque, 2005).

Tabla 3. 11. Determinación del peligro sísmico

Nombre	Ubicación	Parámetros del peligro sísmico			Peligro Sísmico	
		Estructural		Ubicación		
		Sismicidad (40%)	Suelo	Topografía y pendiente (10%)		
Vivienda 1	Jr. Bolognesi N° 680 - 690 - 698	2	2	2	2.0	Medio
Vivienda 2	Jr. Bolognesi N° 646 - 660 - 673	3	2	2	2.6	Alto
Vivienda 3	Jr. Bolognesi N° 440 - 442	3	2	2	2.6	Alto
Vivienda 4	Jr. Grau Cdra 7	2	2	2	2	Medio
Vivienda 5	Jr. Leoncio prado N° 140-155	2	2	2	2	Medio
Vivienda 6	Jr. Leoncio prado N° 177	2	2	2	2	Medio
Vivienda 7	Jr. Alfonso Ugarte N° 604 - 610 - 336	2	2	2	2	Medio
Vivienda 8	Jr. Alfonso Ugarte N° 658	2	2	2	2	Medio
Vivienda 9	Jr. Alfonso Ugarte N° 656	2	2	2	2	Medio
Vivienda 10	Jr. Grau N° 840	3	2	2	2.6	Alto

Nota. En la tabla se muestra, el peligro al que se encuentran sometidas las viviendas del centro histórico de la provincia de Cajabamba.

Una vez obtenidos ambos datos, procedemos a determinar el riesgo sísmico, para ello hacemos uso de la Tabla 3.11. Por lo tanto, el riesgo sísmico, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. 12. Cálculo del riesgo sísmico

Nombre	Peligro sísmico	Vulnerabilidad sísmica	Riesgo sísmico
Vivienda 1	Medio	Media	Medio
Vivienda 2	Alto	Alta	Alto
Vivienda 3	Alto	Alta	Alto
Vivienda 4	Medio	Media	Medio
Vivienda 5	Medio	Media	Medio
Vivienda 6	Medio	Media	Medio
Vivienda 7	Medio	Media	Medio
Vivienda 8	Medio	Media	Medio
Vivienda 9	Medio	Media	Medio
Vivienda 10	Alto	Alta	Alto

Nota. En la tabla se muestra la calificación del riesgo sísmico de las viviendas de adobe evaluadas en el Centro Histórico de Cajabamba.

Así, los resultados obtenidos indican un riesgo sísmico medio y alto, lo que significa que la vivienda sufrirá daños importantes en su estructura ante un evento sísmico de magnitudes considerables.

CAPÍTULO IV

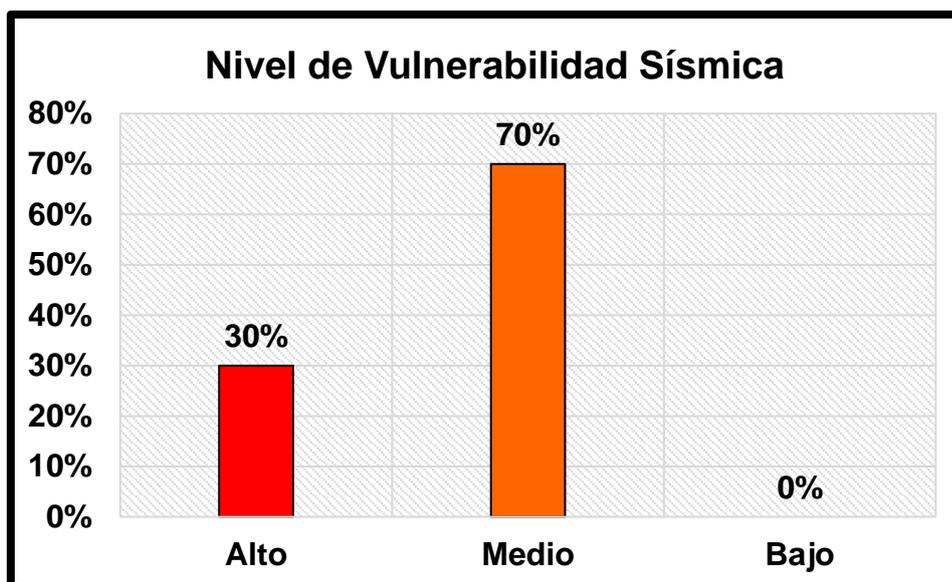
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica

La presente investigación realizada tuvo como **Objetivo Específico 1**: Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba, teniendo como muestra 10 viviendas de adobe, de las cuales, 03 presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica alta y 07 presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica media. De estos resultados se obtiene que las viviendas evaluadas en el Centro Histórico de Cajabamba tienen los siguientes resultados:

- ✓ El 30% de viviendas posee vulnerabilidad alta.
- ✓ El 70% de viviendas posee vulnerabilidad media.

Figura 4. 1. Porcentaje de niveles de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica



Nota. en la figura se muestra la vulnerabilidad sísmica por niveles y en porcentaje, de las viviendas de adobe del centro histórico de la provincia de Cajabamba.

Estos resultados tienen coherencia con los resultados obtenidos en la investigación realizada por **Cárdenas (2021)**, respecto a la vulnerabilidad sísmica de 45 edificaciones de adobe consideradas patrimonio cultural del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca – Ecuador que concluyo que: el 2% tienen vulnerabilidad baja, el 69% vulnerabilidad media y el 29% vulnerabilidad alta.

También es concordante con los resultados obtenidos por **Marín (2012)**, en su investigación concluyó que las edificaciones del Centro Histórico de la Ciudad de

Huánuco casi la totalidad de las edificaciones de adobe presentan vulnerabilidad media con tendencia a alta.

Asimismo, corresponde con los resultados obtenidos por **Loor-Loor et al. (2021)** quienes concluyeron que las edificaciones que evaluaron tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica alta ya que alrededor del 69% de las viviendas evaluadas no cumplen con las especificaciones técnicas de la normativa, debido a que presentan un valor de “S” inferior a 2.

Además, **Gómez (2018)**, llegó a concluir que: Las instituciones públicas Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced (que fueron construidas con adobe) presentan una vulnerabilidad sísmica alta, lo cual concuerda con los resultados de esta investigación.

De la igual forma, **Rubio (2016)**, determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del sector San Isidro de la ciudad Jaén en el Departamento de Cajamarca – Perú. La conclusión obtenida de esta investigación es que el 26% de las viviendas posee un nivel de vulnerabilidad alto y el 74% un nivel de vulnerabilidad muy alto, dichos resultados son cercanos a los resultados obtenidos en esta tesis.

De lo anterior se puede deducir que la mayoría de viviendas construidas con adobe, presentan una vulnerabilidad sísmica media y alta, debido a las formas irregulares de la construcción, antigüedad de las mismas, a la metodología constructiva y al gran peso de la estructura ya que los muros de estas edificaciones suelen medir entre 0.80 y 1.10 m de espesor, lo que significa, que dichas viviendas deben de ser analizadas con mayor profundidad.

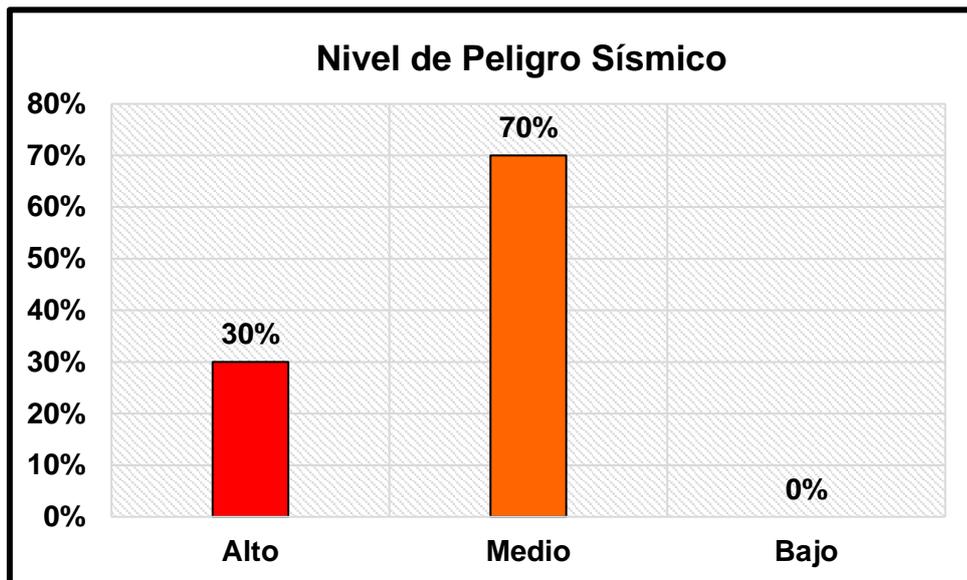
4.2. Resultados de la evaluación del Peligro Sísmico

La presente investigación tiene como **Objetivo Específico 2**: Determinar el nivel de peligro sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba. En el mismo se pudo determinar que, de la muestra de 10 viviendas del Centro Histórico de Cajabamba, las 07 viviendas presentan un nivel de peligro sísmico alto y 03 viviendas poseen un nivel de peligro sísmico medio. De estos resultados se obtiene que las

viviendas evaluadas en el Centro Histórico de Cajabamba tienen los siguientes resultados:

- ✓ El 30% de viviendas posee peligro sísmico alto.
- ✓ El 70% de viviendas posee peligro sísmico medio.

Figura 4. 2. Porcentaje de niveles de la evaluación del peligro sísmico



Nota. En la figura se muestra el peligro sísmico de las viviendas del centro histórico de la provincia de Cajabamba, el cual todas las viviendas tienen un peligro alto.

Estos resultados convergen con los resultados obtenidos por **Marín (2012)**, en su investigación concluyó que las zonas con mayor peligro sísmico es el Centro Histórico de la Ciudad de Huánuco por la presencia de las viviendas de adobe las cuales en general tienen un pésimo comportamiento sísmico y alta peligrosidad.

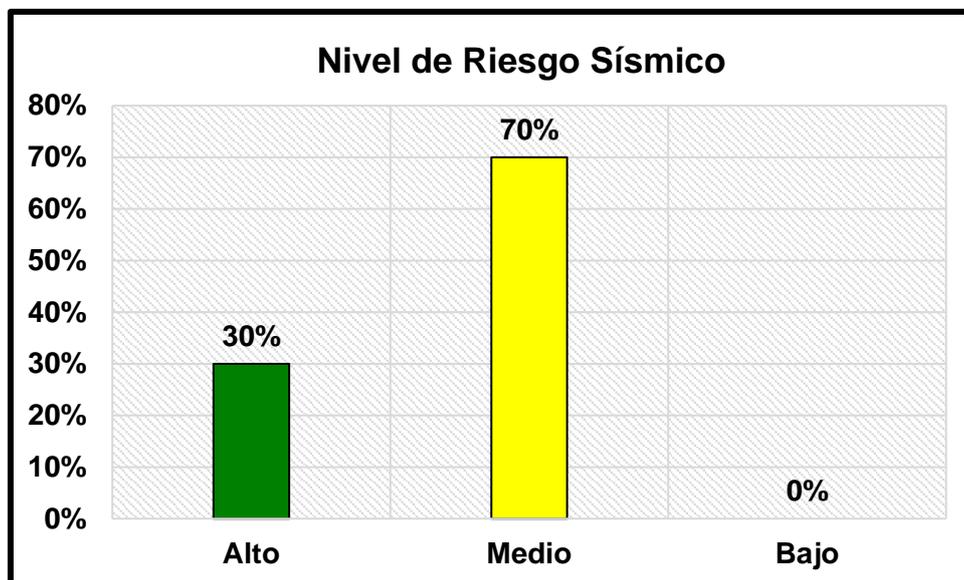
4.3. Resultados de la evaluación del Riesgo Sísmico

Finalmente se tiene como **Objetivo General a)**: Determinar el nivel de riesgo sísmico de las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba. El cual tiene como resultado que, de las diez viviendas evaluadas, 03 dan como resultado un nivel de riesgo sísmico alto y 07 edificaciones posee un nivel de riesgo sísmico medio.

De estos cálculos se obtiene que las viviendas evaluadas en el Centro Histórico de Cajabamba tienen los siguientes resultados:

- ✓ El 30% de viviendas posee riesgo sísmico alto.
- ✓ El 70% de viviendas posee riesgo sísmico medio.

Figura 4. 3. Porcentaje de niveles de evaluación del Riego sísmico



Nota. En la figura se muestra el riesgo sísmico de las viviendas del Centro Histórico de Cajabamba, de las cuales el 30% presenta un nivel de riesgo sísmico alto y el 70% presenta un nivel de riesgo sísmico medio.

Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por **Marín (2012)**, que concluyó que las zonas de mayor riesgo sísmico se ubican en todo el centro histórico, pues las edificaciones de adobe están dispersas en toda el área.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al culminar la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se determinó que las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba, el 30% de las edificaciones de adobe presentan un nivel de riesgo sísmico alto y el 70% presentan un riesgo sísmico medio.
- Se determinó que las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba, el 30% de viviendas tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica alta, el 70% tienen un nivel de vulnerabilidad sísmica media.
- Se determinó que las viviendas de adobe del Centro Histórico de Cajabamba, el 30% de viviendas presentan un nivel de peligro sísmico alto y el 70% presenta un nivel de peligro sísmico medio.

5.2. Recomendaciones.

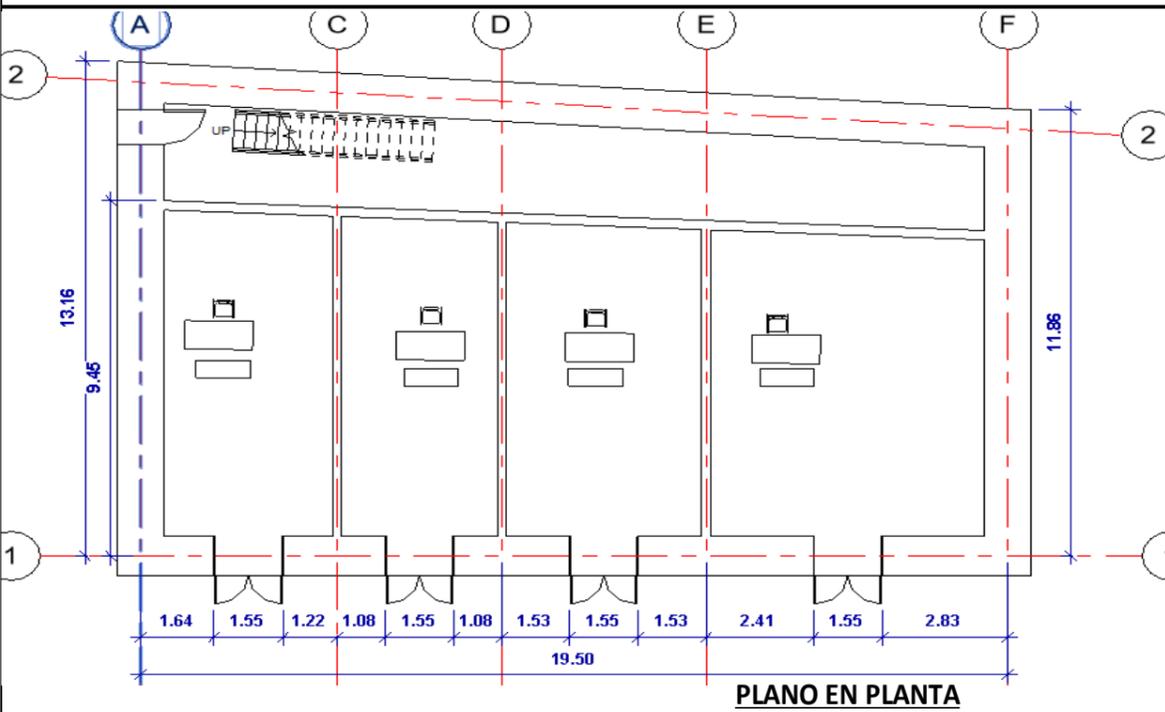
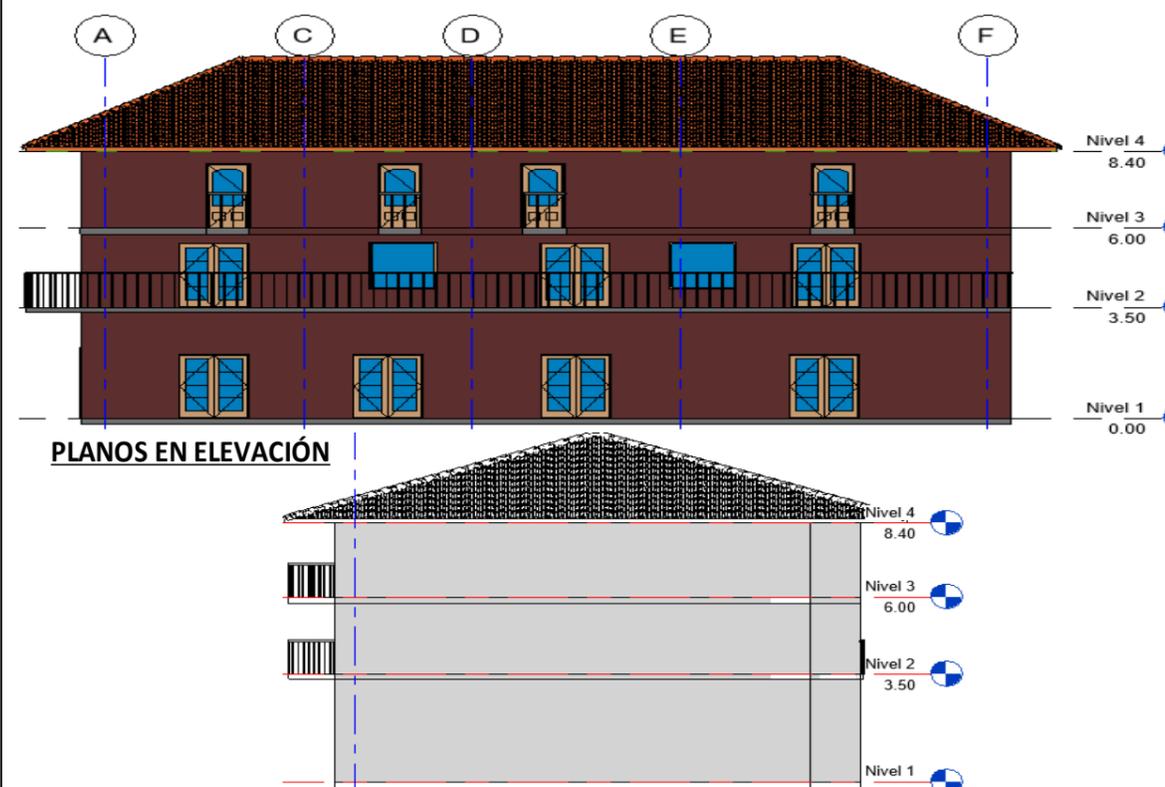
- Se recomienda a las autoridades competentes confeccionar un mapa de riesgos sísmicos, debido a que la mayoría de viviendas presentan un riesgo sísmico de medio a alto, además, muchas de ellas han sido construidas sin ninguna norma, por consiguiente, los riesgos pueden seguir incrementándose y el desenlace podría ser fatal.
- La vulnerabilidad sísmica clasificada como media y alta, muestra que dichas viviendas, debido a la existencia de irregularidades, tanto en planta como altura, adicionado a la construcción sin guía profesional y diseño antisísmico, deben analizarse con mayor detalle, por un especialista en la materia.
- El peligro sísmico alto, nos indica que es necesario que las autoridades realicen análisis más detallados, con el fin de prevenir cualquier tipo de desastre, para ello, es necesario realizar capacitaciones a la población de este centro histórico y plantear mejoras a cada una de las viviendas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blondet, M., Villa, G, & Brzev, S. (2003). Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremotos. Enciclopedia Mundial de Vivienda Del EERI/IAEE, Wwww.World-Housing.Net. www.eeri.org
- Castro, M. (2019). Inspección sísmica visual rápida de los edificios de la Universidad de Piura por el método FEMA 154. [tesis de pregrado]. Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3940>
- E.080. (2017). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA - RM N° 121-2017-VIVIENDA. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- INDECI. (2006). INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL PERU. Manual Básico Para La Estimación Del Riesgo. www.indeci.gob.pe
- Kuroiwa, J. (2002). Reducción de Desastres, Viviendo en armonía con la naturaleza. OPS.
<https://www.libreriaingeniero.com/2022/08/reduccion-de-desastres-viviendo-en-armonia-con-la-naturaleza-julio-kuroiwa.html>
- Preciado, A., Ramirez-Gaytan, A., Santos, J. C., & Rodriguez, O. (2020). Seismic vulnerability assessment and reduction at a territorial scale on masonry and adobe housing by rapid vulnerability indicators: The case of Tlajomulco, Mexico. International Journal of Disaster Risk Reduction, 44, 101425. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2019.101425>

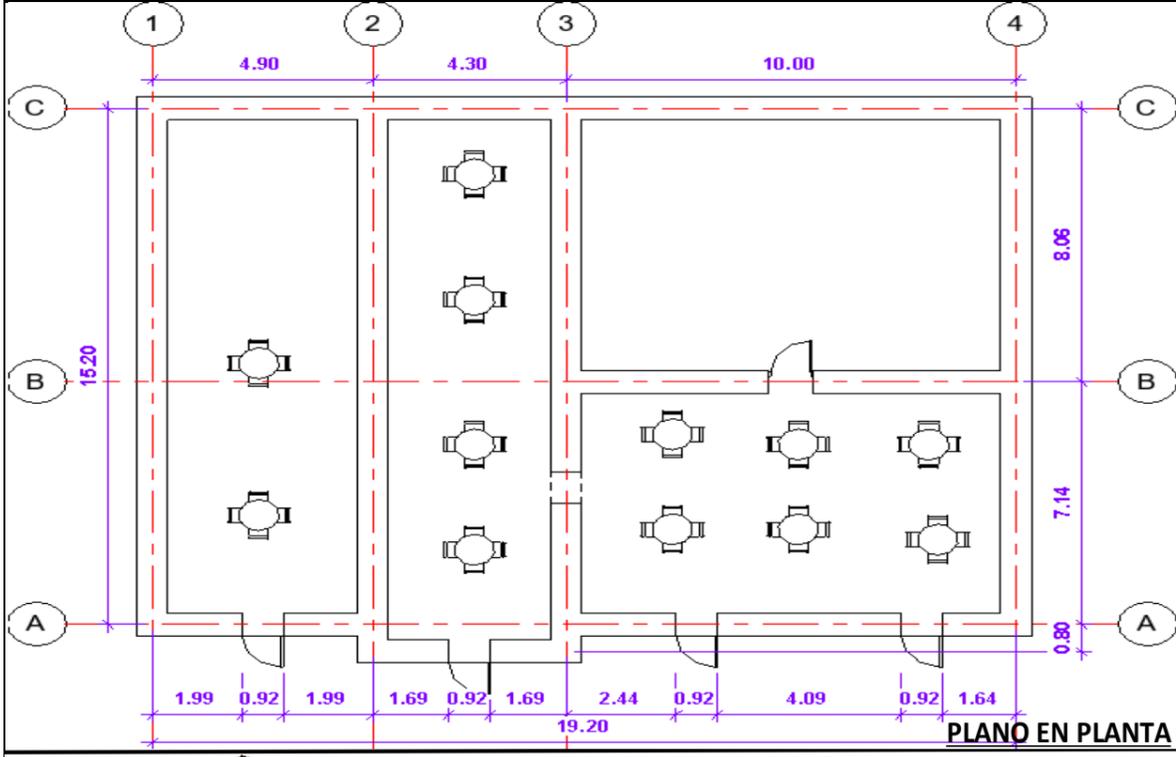
ANEXOS

Anexo 1. DATOS DE LA VIVIENDA 01.

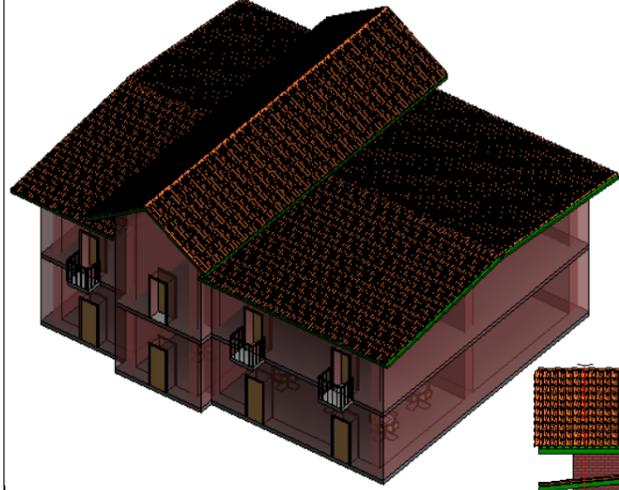
Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales												Sismicidad ALTA																											
FEMA 154. Planilla de colección de datos																																							
 <p style="text-align: center;">PLANO EN PLANTA</p>												Dirección:		Jr. Bolognesi N° 680-690-698																									
												Cód. Post.		6351																									
												Otra Identif.		Cajabamba - Cajamarca																									
												N° Pisos:		03																									
												Año de Construcción:		1922																									
												Fecha:		22/10/2022																									
												Inspector		Lucila Vargas Niquín																									
												Área de construcción:		238.865 m ²																									
												Propietario:		Jamer Castillo Castañeda																									
												Uso:		Uso Comercial y Vivienda																									
 <p style="text-align: center;">PLANOS EN ELEVACIÓN</p>																																							
																								OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGROS ESTRUCTURALES					
																								Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	N° Personas	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
																								Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10 11-100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Chimenea	Parapet	Revest. Pesado	Otros		
																								Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000 >1000	Dura	Media	Denso	Duro	Suave	Pobre	No Reforz					
																								CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"															
																								TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
																								CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8
																								Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0
																								Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0																								
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5																								
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2																								
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A																								
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4																								
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6																								
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8																								
CUENTA FINAL, S.															0.50																								
COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones.											Requiere Evaluación Detallada																											
	La edificación fue autocosntruída.											<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO																											
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)																																						

Anexo 2. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 02.

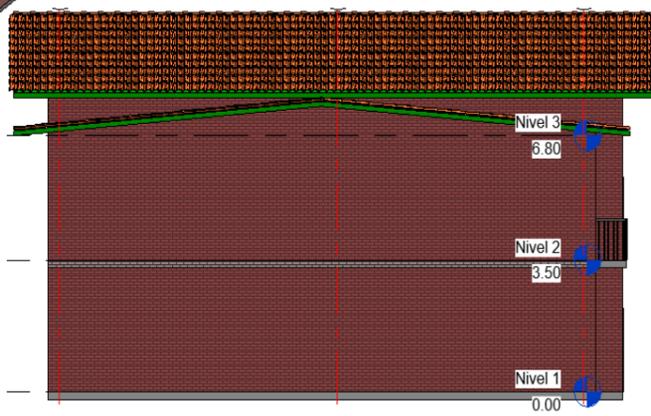
Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales
 FEMA 154. Planilla de colección de datos Sismicidad ALTA



Dirección:	Jr. Bolognesi N° 646-660-673
Cód. Post.	06351
Otra Identif.	Cajabamba - Cajamarca
N° Pisos:	
Año de Construcción:	1922
Fecha:	22/10/2022
Inspector	Lucila Vargas Niquín
Área de construcción:	291.84 m ²
Propietario:	Carlos Rubio Escudero
Uso:	1° Piso - Uso Comercial y 2° Piso Vivienda



PLANOS EN ELEVACIÓN

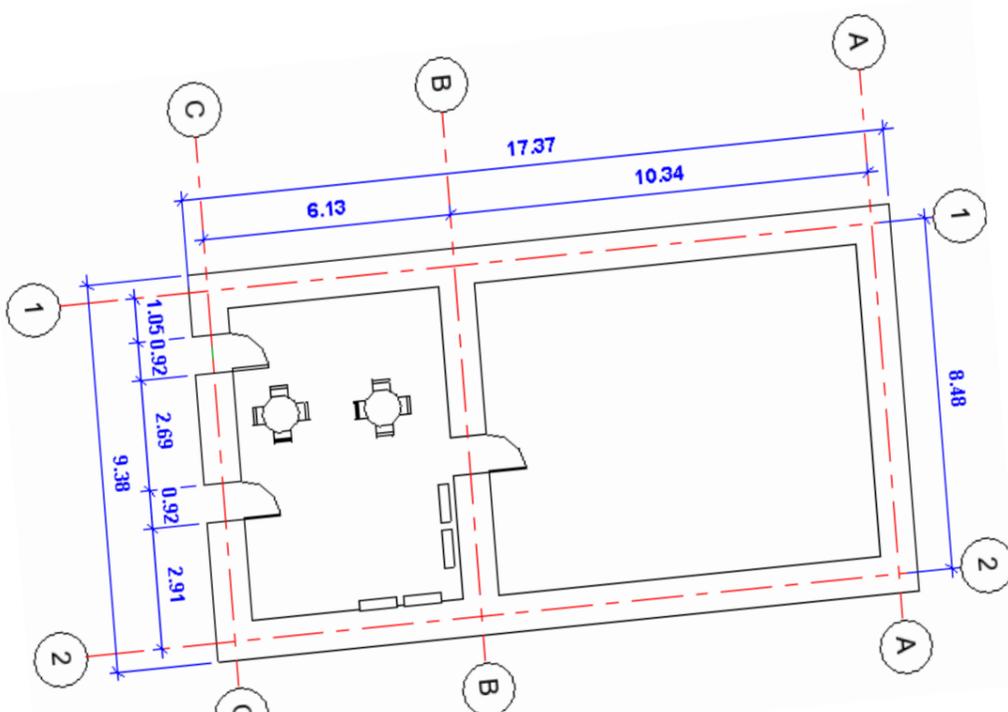
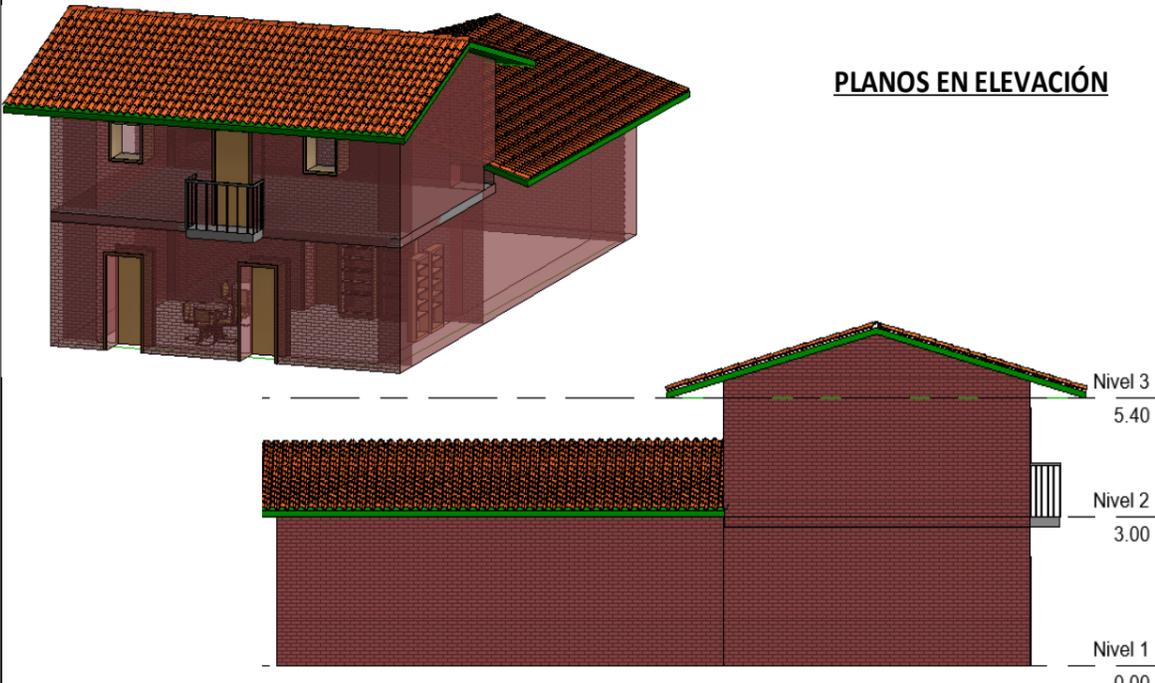


OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGROS ESTRUCTURALES			
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	N° Personas	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10 11-100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Chimenea	Parapet	Revest. Pesado	Otros
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000 >1000	Dura	Media	Denso	Duro	Suave	Pobre	No Reforz			

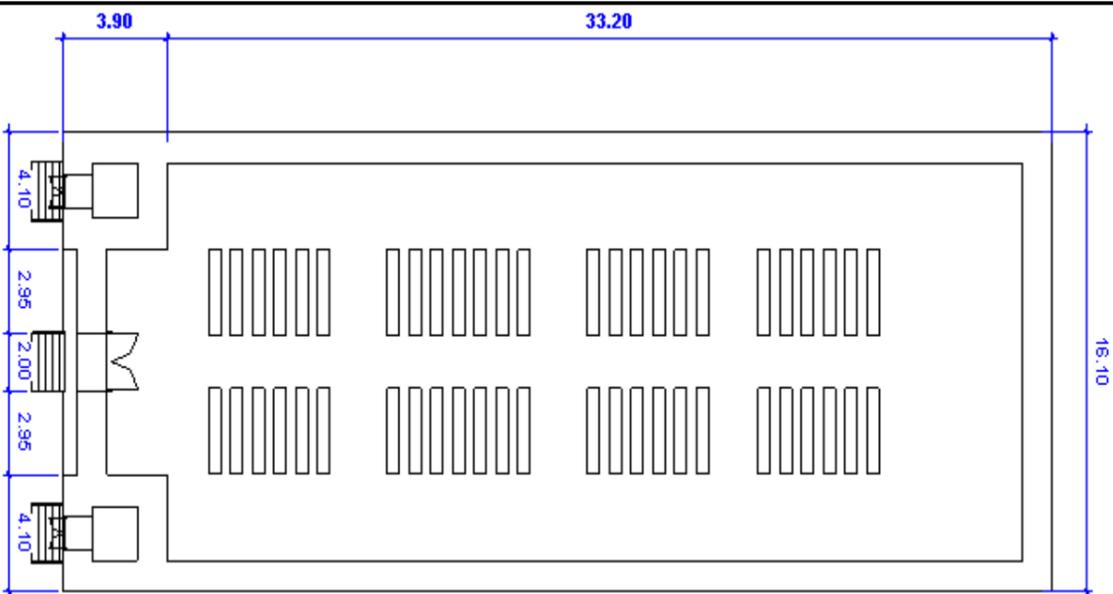
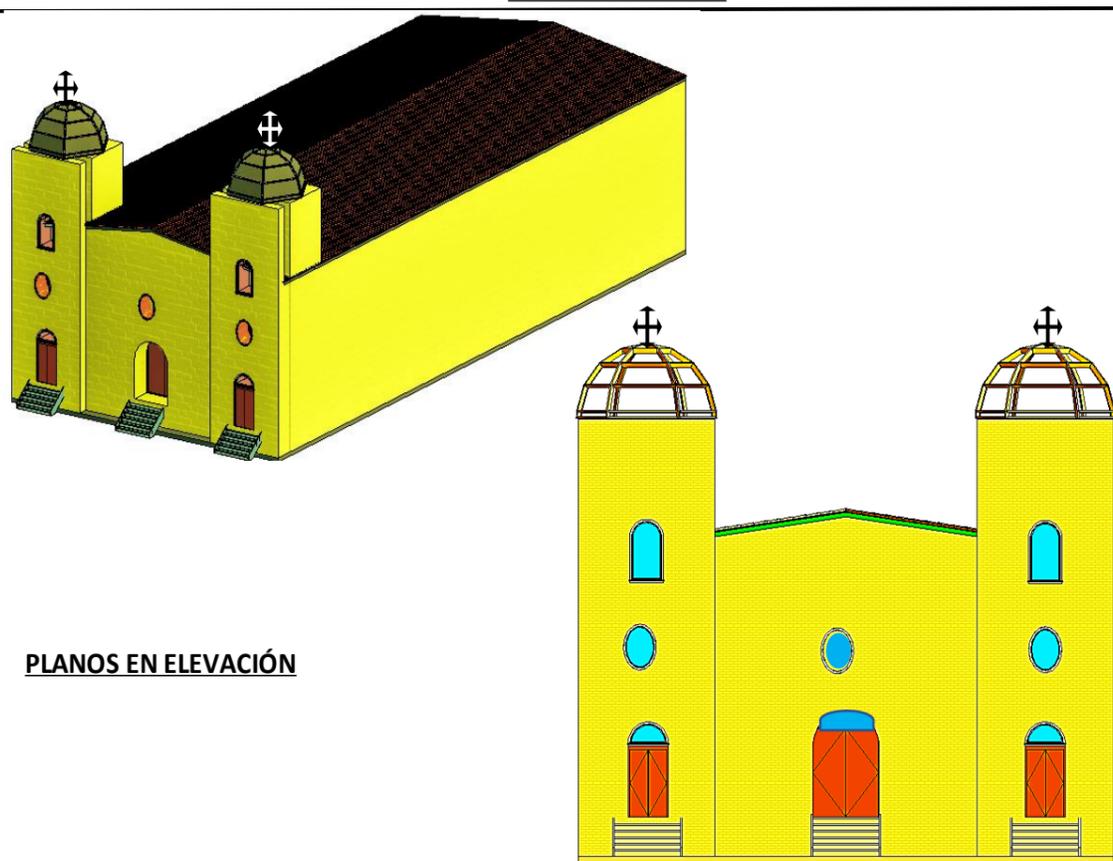
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"															
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8
CUENTA FINAL, S.															-0.50

COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones.	Requiere Evaluación Detallada	
	La edificación fue autocosntruída.	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)		

Anexo 3. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 03.

Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales												Sismicidad ALTA											
FEMA 154. Planilla de colección de datos																							
 <p style="text-align: center;">PLANO EN PLANTA</p>												Dirección:		Jr. Bolognesi N° 640-642									
												Cód. Post.		06351									
Otra Identif.		Cajabamba - Cajamarca																					
N° Pisos:		02																					
Año de Construcción:		1821																					
Fecha:		22/10/2022																					
Inspector		Lucila Vargas Niquín																					
Área de construcción:		291.84 m ²																					
Nombre del propietario:		Mario Reyes Rivera																					
Uso:		1° piso - Comercial y 2° piso - residencial																					
 <p style="text-align: center;">PLANOS EN ELEVACIÓN</p>																							
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGROS ESTRUCTURALES													
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	N° Personas		A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10	11-100	Roca Dura	Roca Media	Suelo Denso	Suelo Duro	Suelo Suave	Suelo Pobre	Chimenea No Reforz	Parapet	Revest. Pesado	Otros									
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000	>1000																			
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"																							
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM								
CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8								
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0								
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A								
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0								
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5								
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2								
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A								
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4								
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6								
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8								
CUENTA FINAL, S.															0.00								
COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones.											Requiere Evaluación Detallada											
	La edificación fue autocosnruída.											<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO											
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)																						

Anexo 4. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 04.

Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales													Sismicidad ALTA			
FEMA 154. Planilla de colección de datos																
 <p style="text-align: center;">PLANO EN PLANTA</p>													Dirección: Jr. Grau Cdra 07 Cód. Post.: 06351 Otra Identif.: Cajabamba - Cajamarca N° Pisos: 01 Año de Construcción: 1862 Fecha: 24/10/2022 Inspector: Lucila Vargas Niquín Área de construcción: 597.31 m ² Nombre de la Edificación: Iglesia "San Nicolas de Tolentino" Uso: Reunión de creyentes.			
 <p style="text-align: center;">PLANOS EN ELEVACIÓN</p>																
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGROS ESTRUCTURALES						
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	N° Personas	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10 11-100	Roca Dura	Roca Media	Suelo Denso	Suelo Duro	Suelo Suave	Suelo Pobre	Chimenea No Reforz	Parapet	Revest. Pesado	Otros			
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000 >1000													
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"																
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	
CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8	
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0	
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A	
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2	
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A	
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8	
CUENTA FINAL, S.															0.00	
COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones. Tiene dos torres que difieren de la altura general											Requiere Evaluación Detallada				
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)											<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			

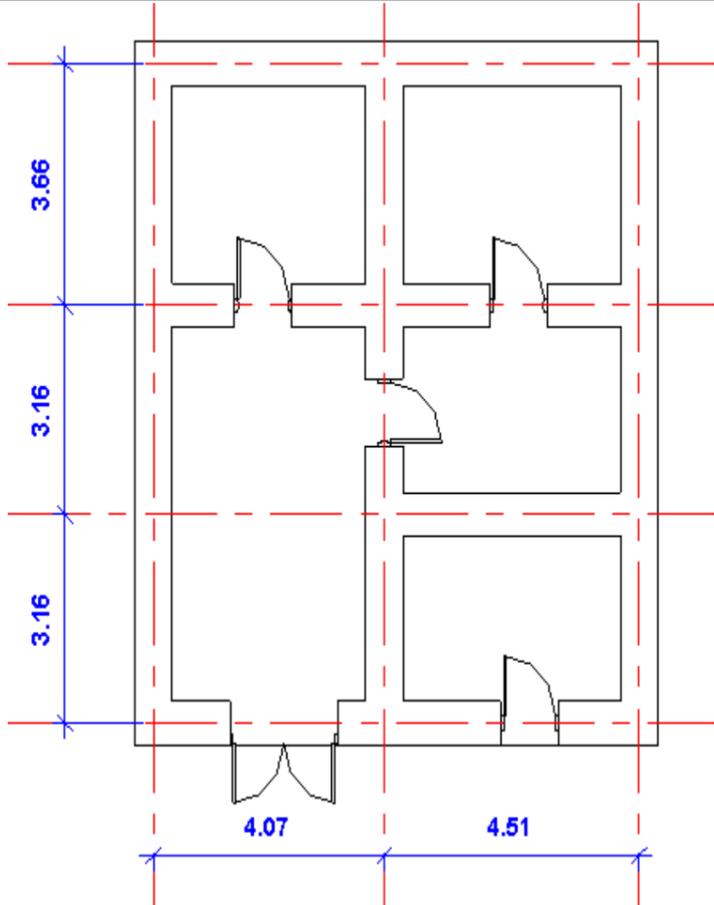
Anexo 6. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 06.

Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales												Sismicidad ALTA											
FEMA 154. Planilla de colección de datos																							
<p style="text-align: right;">PLANO EN PLANTA</p>												Dirección:		Jr. Leoncio Prado N° 177									
												Cód. Post.		06351									
Otra Identif.		Cajabamba - Cajamarca																					
N° Pisos:		02																					
Año de Construcción:		1900																					
Fecha:		20/10/2022																					
Inspector		Lucila Vargas Niquín																					
Área de construcción:		305.03 m ²																					
Propietario:		Gloria Noriega Meregildo																					
Uso:		1° Piso - Uso Comercial y 2° Piso Vivienda																					
<p style="text-align: center;">PLANOS EN ELEVACIÓN</p>																							
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGROS ESTRUCTURALES													
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	N° Personas	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>										
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10 11-100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Chimenea	Parapet	Revest. Pesado	Otros										
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000 >1000	Dura	Media	Denso	Duro	Suave	Pobre	No Reforz													
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"																							
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM								
CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8								
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0								
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A								
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0								
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5								
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2								
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A								
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4								
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6								
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8								
CUENTA FINAL, S.															0.50								
COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones.										Requiere Evaluación Detallada												
	La edificación fue autocosntruida.										<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO												
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)																						

Anexo 7. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 07.

Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales													Sismicidad ALTA											
FEMA 154. Planilla de colección de datos																								
<p>PLANO EN PLANTA</p>													Dirección:		Jr. Alfonso Ugarte N° 604-610-636									
													Cód. Post.		06351									
Otra Identif.		Cajabamba - Cajamarca																						
N° Pisos:		02																						
Año de Construcción:		1855																						
Fecha:		19/10/2022																						
Inspector		Lucila Vargas Niquín																						
Área de construcción:		968.54 m ²																						
Nombre de la edificación:		Municipalidad Provincial de Cjabama																						
Uso:		Oficinas Gubernamentales																						
																	<p>PLANOS EN ELEVACIÓN</p>							
OCUPACIÓN					TIPO DE SUELO					PELIGROS ESTRUCTURALES														
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	N° Personas		A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>										
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10	11-100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Chimenea No Reforz	Parapet	Revest. Pesado	Otros										
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000	>1000	Dura	Media	Denso	Duro	Suave	Pobre														
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"																								
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM									
CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8									
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0									
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A									
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0									
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5									
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2									
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A									
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4									
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6									
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8									
CUENTA FINAL, S.	Ubicación en														0.50									
COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones, en forma de C.											Requiere Evaluación Detallada												
	La edificación fue autocosntruida.											<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO												
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)											<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO												

Anexo 8. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 08.

Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales												Sismicidad ALTA											
FEMA 154. Planilla de colección de datos																							
												Dirección:		Jr. Alfonso Ugarte N° 658-660									
												Cód. Post.		06351									
Otra Identif.		Cajabamba - Cajamarca																					
N° Pisos:		02																					
Año de Construcción:		1921																					
Fecha:		19/10/2022																					
Inspector		Lucila Vargas Niquín																					
Área de construcción:		85.63 m ²																					
Propietario		Luzgardo Iparraquirre Claudet																					
Uso:		1° piso Comercial - 2° piso uso residencial																					
																							
OCUPACIÓN Asambleas <input type="checkbox"/> Edif. Gobierno <input type="checkbox"/> Oficina <input type="checkbox"/> N° Personas <input type="checkbox"/> Comerciales <input type="checkbox"/> Sitios Públicos <input type="checkbox"/> Residencial <input checked="" type="checkbox"/> 0-10 <input type="checkbox"/> 11-100 <input type="checkbox"/> Serv. Emerg. <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Escuela <input type="checkbox"/> 101-1000 <input type="checkbox"/> >1000 <input type="checkbox"/>				TIPO DE SUELO A B C D E F Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Dura Media Denso Duro Suave Pobre						PELIGROS ESTRUCTURALES <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Chimenea No Reforz Parapet Revest. Pesado Otros													
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"																							
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM								
CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8								
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0								
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A								
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0								
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5								
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2								
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A								
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4								
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6								
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8								
CUENTA FINAL, S.															1.00								
COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones, en forma de C.											Requiere Evaluación Detallada											
	La edificación fue autocosnruída.											<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO											
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)																						

Anexo 9. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 09.

Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales												Sismicidad ALTA											
FEMA 154. Planilla de colección de datos																							
<p style="text-align: right;">PLANO EN PLANTA</p>												Dirección:		Jr. Alfonso Ugarte N° 656									
												Cód. Post.		06351									
Otra Identif.		Cajabamba - Cajamarca																					
N° Pisos:		02																					
Año de Construcción:		1921																					
Fecha:		19/10/2022																					
Inspector		Lucila Vargas Niquín																					
Área de construcción:		49.20 m ²																					
Nombre de la Edificación		Beneficiencia Pública																					
Uso:		Oficinas																					
<p style="text-align: center;">PLANOS EN ELEVACIÓN</p>																							
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGROS ESTRUCTURALES													
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	N° Personas	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>										
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10 11-100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Chimenea	Parapet	Revest. Pesado	Otros										
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000 >1000	Dura	Media	Denso	Duro	Suave	Pobre	No Reforz													
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"																							
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM								
CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8								
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0								
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A								
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0								
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5								
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2								
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A								
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4								
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6								
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8								
CUENTA FINAL, S.	1.00																						
COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones.										Requiere Evaluación Detallada												
	La edificación fue autocosnruída.										<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO												
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)																						

Anexo 10. PLANTILLA DE DATOS DE LA VIVIENDA 10.

Inspección Visual Rápida de Edificios con Amenazas Sísmicas Potenciales										Sismicidad ALTA									
FEMA 154. Planilla de colección de datos																			
<p style="text-align: center;">PLANO EN PLANTA</p>										Dirección:		Jr. Grau N° 840							
										Cód. Post.		06351							
Otra Identif.		Cajabamba - Cajamarca																	
N° Pisos:		03																	
Año de Construcción:		1925																	
Fecha:		18/10/2022																	
Inspector		Lucila Vargas Niquín																	
Área de construcción:		35.48 m ²																	
Nombre del propietario:		Doris Rodriguez Moreno																	
Uso:		1° piso - Comercial, 2° y 3° piso - residencial																	
<p style="text-align: center;">PLANOS EN ELEVACIÓN</p>																			
OCUPACIÓN				TIPO DE SUELO						PELIGROS ESTRUCTURALES									
Asambleas	Edif. Gobierno	Oficina	N° Personas	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
Comerciales	Sitios Públicos	Residencial	0-10	Roca Dura	Roca Media	Suelo Denso	Suelo Duro	Suelo Suave	Suelo Pobre	Chimenea No Reforz	Parapet	Revest. Pesado	Otros						
Serv. Emerg.	Industrial	Escuela	101-1000	>1000															
CUENTA BÁSICA, MODIFICADORES Y CUENTA FINAL "S"																			
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MSW)	S5	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM				
CUENTA BÁSICA	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8				
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0				
Gran Altura (>7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A				
Irregularidad Vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0				
Irregularidad en Planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
Año Pre Código	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-2.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2				
Año Post Código	2.4	2.4	2.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A				
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4				
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6				
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8				
CUENTA FINAL, S.	0.50																		
COMETARIOS:	La infraestructura esta compuesta por paredes de adobe en dos direcciones.										Requiere Evaluación Detallada								
	La edificación fue autocosntruída.										<input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO								
	La edificación se encuentra en la zona monumental de Cajabamba (Centro Histórico de Cajabamba)																		

PANEL FOTOGRÁFICO:



Fotografía 01: vivienda N° 01, edificación de 03 pisos, sin irregularidades en altura. Posee balcones y parapetos. Los muros de esta edificación miden alrededor de 0.90 m de ancho.



Fotografía 02: Condiciones del techo de la vivienda N° 01.



Fotografía 03: vivienda N° 02, edificación de 02 pisos, presenta irregularidades en planta y en elevación. Posee balcones y parapetos. Los muros de esta edificación miden alrededor de 0.60 m de ancho.



Fotografía 04: edificación N° 04, edificación de 01 piso, corresponde a la Iglesia San Nicolas de Tolentino, presenta irregularidades en elevación por la presencia de las dos torres. La dimensión de los muros es de 0.60 m de ancho.



Fotografía 05: edificación N° 04, edificación de 01 piso, corresponde a la Iglesia San Nicolas de Tolentino, presenta irregularidades en elevación por la presencia de las dos torres. El espesor de los muros es 0.60 m de ancho. Se observa la existencia de cornisas.



Fotografía 06: edificación N° 05, edificación de 02 pisos, presenta irregularidades en planta. El espesor de los muros es de 0.90 m de ancho. Se observa la existencia de cornisas, balcones y parapetos.



Fotografía 07: edificación N° 06, edificación de 02 pisos. El espesor de los muros es de 0.80 m de ancho. Se observa la existencia de cornisas, balcones y parapetos.



Fotografía 08: edificación N° 07, edificación de 02 pisos, corresponde a la Municipalidad Provincial de Cajabamba. Se observa la existencia de cornisas, balcones y parapetos.



Fotografía 09 y 10: edificación N° 07, en el interior de esta edificación se puede observar la presencia de balcones.



Fotografía 11: edificación N° 07, la edificación tiene forma de C en planta.



Fotografía 12: edificación N° 08, edificación de 02 pisos, no presenta irregularidades nie en planta ni altura, sin embargo, el muro del segundo piso es de menor dimensión al del primer piso. El muro del primer piso es de 0.90 m y el muro del segundo piso es de 0.70 m.



Fotografía 13: edificación N° 08, se observa la existencia de balcones y parapetos.



Fotografía 14: edificación N° 09, edificación de 02 pisos, no presenta irregularidades nie en planta ni altura, sin embargo, el muro del segundo piso es de menor dimensión al del primer piso. El muro del primer piso es de 0.90 m y el muro del segundo piso es de 0.70 m. Se observa la presencia de balcones y parapetos.



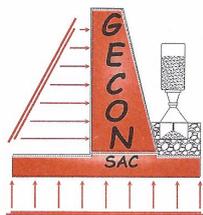
Fotografía 15: edificación N° 10, edificación de 03 pisos, presenta irregularidades en planta. Los muros tienen un espesor de 0.60 m. Se observa la presencia de balcones y parapetos.



Fotografía 16 y 17: toma de medidas.



ESTUDIO DE SUELOS (Proyecto peatonal Cajabamba)



GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

3.0 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

Con la información integrada, tanto de campo como en laboratorio, se ha establecido los horizontes de los materiales que se encuentran en la vía. Cada exploración de campo de los suelos y con los resultados de laboratorio se ha establecido técnicamente los tipos de suelos y se ha generado los estratos, verificándose la homogeneidad de los materiales.

Sin duda, las propiedades de los materiales constituyen uno de los factores más importantes en el diseño estructural del pavimento, así como en el comportamiento que presente durante su vida útil.

A continuación, se hace una descripción de los suelos existentes a lo largo del tramo en el estudio.

- Descripción de calicatas

UBICACION	CALICATA	PROF. (m)	DESCRIPCION
Jr. Grau cdra. 6	PC-01	0.10– 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 33.69 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 30.33 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color marrón claro, con un contenido de humedad de 13.40 % presenta límites de consistencia (LL=27.0%, LP=18.09, IP=8.91%)
Jr. Grau cdra. 6	PC-02	0.00– 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 70.32 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 14.32 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color marrón claro, con un contenido de humedad de 19.30 % presenta límites de consistencia (LL=25.0%, LP=15.68, IP=9.32%)
Jr. Grau cdra. 5	PC-03	0.10– 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 68.37 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 15.83 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color marrón claro, con un contenido de humedad de 16.23 % presenta límites de consistencia (LL=25.0%, LP=15.68, IP=9.32%)
Jr. Grau cdra. 5	PC-04	0.00– 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 33.80 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 28.07 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color beige oscuro, con un contenido de humedad de 9.39 % presenta límites de consistencia (LL=28.0%, LP=16.52, IP=11.48%)
Jr. Grau cdra. 4	PC-05	0.00– 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 73.93 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 13.77 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color marrón claro, con un contenido de humedad de 21.61 % presenta límites de consistencia (LL=25.0%, LP=14.29, IP=10.71%)



GECONSAC
GEOTECNIA & CONSTRUCCIÓN S.A.C.

Ing. Jorge L. Quipuzcoa Urdanivia
C.I.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06
RPC: 993756435 RPC: 993756247
Movistar: 948180393 RPM: #948180393
E-mail: geconsac_laboratorio@hotmail.com



GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

UBICACION	CALICATA	PROF. (m)	DESCRIPCION
Jr. Grau cdra. 4	PC-06	0.10- 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 34.01 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 29.40 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color marrón claro, con un contenido de humedad de 12.97 % presenta límites de consistencia (LL=27.0%, LP=17.74, IP=9.26%)
Jr. Lara cdra. 6	PC-07	0.00- 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 70.60 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 14.55 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color marrón claro, con un contenido de humedad de 18.44 % presenta límites de consistencia (LL=27.0%, LP=18.66, IP=8.34%)
Jr. Lara cdra. 6	PC-08	0.10- 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 62.37 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 15.79 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color marrón claro, con un contenido de humedad de 16.16 % presenta límites de consistencia (LL=26.0%, LP=17.0, IP=9.0%)
Jr. Grau cdra. 3	PC-09	0.00- 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 31.94 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 28.67% de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color beige oscuro, con un contenido de humedad de 8.33 % presenta límites de consistencia (LL=27.0%, LP=17.12, IP=9.88%)
Jr. Grau cdra. 3	PC-10	0.00- 1.50	Grava arcillosa con arena; contiene 69.05 % de grava gruesa a fina, de forma subangulosa, de regular dureza al golpe; contiene 16.22 % de arena gruesa, media y fina, con finos limosos no plásticos, estrato medianamente compacto, estrato denso, color marrón claro, con un contenido de humedad de 22.46 % presenta límites de consistencia (LL=27.0%, LP=17.36, IP=9.64%)

4.0 EVALUACION DE SALES EN EL SUELO

La mayor parte de los procesos de destrucción del concreto causados por la formación de sales solubles son debidos a la acción agresiva de los sulfatos. La corrosión de los sulfatos se diferencia de la causada por las aguas blandas, en que no tiene lugar una lixiviación, sino que la pasta endurecida de cemento, a consecuencia de un aumento de volumen, se desmorona y expansión, formándose grietas y el ablandamiento del concreto.

En la Tabla 4.4.3 de la NTE E.060 Concreto se indican los grados de ataque químico por sulfatos en aguas y suelos subterráneos y la medida correctiva a usar en cada caso.

La determinación cuantitativa de sales solubles de sulfatos en aguas y suelos se hará mediante el RNE, las NTP 339:074:1982, NTP 400.014:1977, respectivamente. Según los resultados obtenidos en el análisis químico, tal como lo indica el Cuadro N°05 "Resultados del Análisis Químico" la evaluación de sales en el suelo de cimentación se ha estimado en base a los resultados de ensayos realizados son



GECON SAC
GEOTECNIA & CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Ing. Jorge L. Quipezcoa Urdanivia
C.J.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06
RPC: 993756435 RPC: 993756247
Movistar: 948180393 RPM: #948180393
E-mail: geconsac_laboratorio@hotmail.com