

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



**TESIS**

**“ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS  
INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA  
CIUDAD DE CELENDÍN”**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

**Bach. CHÁVEZ CHÁVEZ FRANCKLIN**

**Asesor:**

**M. Cs. Ing. MINCHAN PAJARES MANUEL LINCOLN**

**Cajamarca – Perú**

**2023**

**COPYRIGHT©2023 By**  
**FRANCKLIN CHÁVEZ CHÁVEZ**  
**DERECHOS RESERVADOS**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme salud.

A mis padres y hermanos por brindarme su apoyo en todo momento.

A mi asesor el M. Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares por sus valiosas recomendaciones, orientación y tiempo brindado para la elaboración de esta tesis.

Al jurado de la presente tesis: Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, M.Cs. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas e Ing. Marcos Mendoza Linares, por sus importantes observaciones y recomendaciones.

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca por formarme como profesional.

A mis amigos y a las personas que me apoyaron en mi vida universitaria y en la realización de la presente tesis

Al personal administrativo y docentes que laboran en las instituciones educativas 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima” de la ciudad de Celendín por el apoyo y las facilidades que me brindaron en el momento de la recolección de datos.

**FRANCKLIN.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos, abuelos y demás familiares por su apoyo incondicional, amor y comprensión en todo momento de mi vida.

**FRANCKLIN.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	3
DEDICATORIA .....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación Del Problema.....	16
1.3. Justificación.....	16
1.4. Hipótesis .....	16
1.5. Objetivos .....	16
1.5.1. Objetivo Principal .....	16
1.5.2. Objetivos Específicos .....	17
1.6. Alcances o delimitación de la investigación. ....	17
1.7. Limitaciones. ....	17
1.8. Organización de la tesis.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación .....	19
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	19
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	20
2.1.3. Antecedentes Locales .....	20
2.2. Bases teóricas .....	22
2.2.1. Sismos.....	22
2.2.1.1. Causas de los Sismos.....	23
2.2.1.2. Clasificación de los Sismos.....	26
2.2.1.3. Sismos Intraplaca ocurridos en Perú en los últimos años.....	27
2.2.2. Evaluación sísmica .....	28
2.2.2.1. Magnitud Sísmica.....	29
2.2.2.2. Intensidad Sísmica .....	30

2.2.2.3. Momento Sísmico.....	30
2.2.3. Vulnerabilidad sísmica.....	31
2.2.3.1. Tipos de Vulnerabilidad.....	31
2.2.4. Peligrosidad sísmica.....	33
2.2.5. Riesgo sísmico .....	34
2.2.6. Comportamiento sísmico de las edificaciones de tierra.....	34
2.2.6.1. Fallas por tracción en los encuentros de muros.....	34
2.2.6.2. Fallas Por Flexión.....	36
2.2.6.3. Falla Por Corte .....	37
2.2.7. Principales características que contribuyen a la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de tierra. ....	38
2.2.7.1 Distribución de muros.....	38
2.2.7.2 Pérdida de verticalidad de los muros .....	39
2.2.7.3 Entrepisos y ausencia de diafragmas.....	39
2.2.7.4 Anclaje y Apoyo de elementos de entrepiso y cubiertas sobre muros	40
2.2.7.5 Uso de materiales incompatibles .....	40
2.2.7.6 Entrepisos muy flexibles o luces muy largas .....	41
2.3. Definición de términos básicos .....	42
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1. Ubicación geográfica .....	48
3.2. Tiempo en el cual se realizó la investigación .....	52
3.3. Recursos, materiales e instrumentos y técnicas utilizados en la recolección de datos. ....	53
3.4. Metodología .....	54
3.5. Diseño de la investigación .....	54
3.6. Procedimiento .....	66
3.6.1. Obtención y Recolección de Información de las Edificaciones.....	66
3.6.2. Evaluación de las estructuras de las edificaciones.....	69
3.6.2.1. Evaluación de las Edificaciones.....	69
3.6.3. Análisis de la información.....	75
3.6.3.1. Áreas tributarias .....	75
3.6.3.2. Análisis Sísmico.....	75
3.7. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....	76

3.7.1. Áreas tributarias .....	76
3.7.2. Análisis Sísmico .....	78
3.7.3. Densidad de muros .....	82
3.7.4. Verificación de muros a corte .....	86
3.7.5. Verificación de muros al volteo.....	90
3.7.6. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones .....	92
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>94</b>
4.1. Densidad de muros .....	94
4.2. Verificación de muros a corte.....	97
4.3. Estado actual de las edificaciones .....	98
4.4 Verificación de muros al volteo .....	98
4.5 Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones .....	100
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>102</b>
5.1. Conclusiones .....	102
5.2. Recomendaciones .....	103
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>107</b>
ANEXO I. Panel Fotográfico .....	107
ANEXO II. PLANOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Coordenadas de la I.E.P. 82391 “San Isidro” .....	51
TABLA 2.	Coordenadas de la I.E.P. 82392 “Nuestra Señora de Fátima” .....	52
TABLA 3.	Tipificación de la investigación .....	54
TABLA 4.	Factor de suelo (S) .....	57
TABLA 5.	Factor de Uso (U) y densidad según tipo de edificación .....	58
TABLA 6.	Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada. ....	58
TABLA 7.	Verificación de la densidad de muros .....	59
TABLA 8.	Valores C1 para elementos no estructurales .....	61
TABLA 9.	Dimensión Crítica .....	62
TABLA 10.	Parámetros para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica .....	64
TABLA 11.	Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. ....	65
TABLA 12.	Tabla de resumen de rangos .....	66
TABLA 13.	Áreas tributarias del primer nivel – San Isidro .....	76
TABLA 14.	Áreas tributarias del Segundo Nivel - San Isidro .....	77
TABLA 15.	Áreas tributarias del primer nivel – I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”. ....	77
TABLA 16.	Áreas tributarias del segundo nivel - I.E.P “Nuestra Señora de Fátima”. ....	78
TABLA 17.	Análisis por densidad de muros (H=SUCP) – I.E.P. San Isidro .....	83
TABLA 18.	Análisis por densidad de muros (H=SUCP) - I.E.P. Nuestra Señora de Fátima. ....	85
TABLA 19.	Verificación de Muros portantes por corte I.E.P. San Isidro - Primer Nivel .....	86
TABLA 20.	Verificación de Muros portantes por corte I.E.P. San Isidro - Segundo Nivel .....	88
TABLA 21.	Verificación de Muros portantes por corte I.E.P. Nuestra Señora de Fátima - Primer Nivel .....	89
TABLA 22.	Verificación de Muros portantes por corte - I.E.P. Nuestra Señora de Fátima - Segundo Nivel .....	89
TABLA 23.	Verificación de Muros por volteo – I.E.P. Nuestra Señora de Fátima. ....	91
TABLA 24.	Calificación de Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica – San Isidro (ex 85). ....	92
TABLA 25.	Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica de la edificación de tapial San Isidro – (ex 85) .....	92

TABLA 26.	Calificación de Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica – I.E.P. Nuestra Señora de Fátima(ex 89).	93
TABLA 27.	Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica de la edificación de tapial Nuestra Señora de Fátima – (ex 89)	93
TABLA 28.	Comparación general de la densidad de Muros.	96
TABLA 29.	Porcentaje de muros adecuados a corte – San Isidro (ex 85)	97
TABLA 30.	Porcentaje de muros adecuados a corte – Nuestra Señora de Fátima (ex 89)	97
TABLA 31.	Resumen de verificación de muros al volteo – Nuestra Señora de Fátima	99
TABLA 32.	Relación de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones con sus parámetros analizados.	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Círculo o Anillo de Fuego del Pacífico .....	23
FIGURA 2.	Distribución de las Placas Tectónicas .....	24
FIGURA 3.	Delimitación de las placas tectónicas.....	25
FIGURA 4.	Tipos de sismos .....	26
FIGURA 5.	Sismos interplaca e intraplaca.....	27
FIGURA 6.	(a) Falla típica en tracción, (b) Grietas en parte superior de las esquinas de una edificación de tierra, (c) Colapso de muro perpendicular a los esfuerzos de tracción generados por un sismo.....	35
FIGURA 7.	Falla en muros no portantes.....	36
FIGURA 8.	Falla típica por flexión en muros con esbeltez horizontal. ....	36
FIGURA 9.	Falla horizontal por flexión en vivienda de adobe, Ica 2007).....	37
FIGURA 10.	Falla por corte generado en vanos. ....	38
FIGURA 11.	Fallas por punzonamiento en edificaciones de tapial. ....	40
FIGURA 12.	Falta de criterio técnico en la combinación de materiales de construcción. ....	41
FIGURA 13.	Deformación de entepiso en viviendas de adobe .....	42
FIGURA 14.	Mapa político del Perú .....	48
FIGURA 15.	Mapa político de la Región Cajamarca .....	48
FIGURA 16.	Mapa político de la provincia de Celendín .....	49
FIGURA 17.	Ubicación geográfica de la Institución Educativa Pública 82391 San Isidro (Ex 85). ....	50
FIGURA 18.	Ubicación geográfica de la Institución Educativa Pública 82391 San Isidro (Ex 85). ....	50
FIGURA 19.	Ubicación geográfica de la Institución Educativa Pública 82392 Nuestra Señora de Fátima (Ex 89). ....	51
FIGURA 20.	Ubicación geográfica de la Institución Educativa Pública 82392 Nuestra Señora de Fátima (Ex 89). ....	52
FIGURA 21.	Relación L/a según el número de bordes arriostrados por Timoshenko y Woinowsky .....	63
FIGURA 22.	Reconocimiento de la I.E.P. “San Isidro”. ....	67
FIGURA 23.	Reconocimiento de la I.E.P.”Nuestra Señora de Fátima”.....	67
FIGURA 24.	Levantamiento con wincha de la I.E.P. “San Isidro”.....	68
FIGURA 25.	Levantamiento con wincha de la I.E.P.”Nuestra Señora de Fátima”. ....	69
FIGURA 26.	Grietas a lo largo de la fachada de la I.E.P. “San Isidro”. ....	70
FIGURA 27.	DETALLE de grieta en fachada de la I.E.P. “San Isidro”.....	70

FIGURA 28.	Incompatibilidad de materiales en muros de tapial de la I.E.P. “San Isidro”.	71
FIGURA 29.	Separación por incompatibilidad de materiales en muros de tapial de la I.E.P. “San Isidro”.	71
FIGURA 30.	Presencia de humedad en cielo raso y grieta en unión de muros de tapial de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.	72
FIGURA 31.	DETALLE de presencia de humedad en techo y grieta en unión de muros de tapial de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.	73
FIGURA 32.	Presencia de humedad en cielo raso de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.	74
FIGURA 33.	Detalle de presencia de humedad en techo de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.	74
FIGURA 34.	Muro de ladrillo sobre muro de tapial en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.	75
FIGURA 35.	Estabilidad de muros no portantes en la edificación Nuestra Señora de Fátima – Primer nivel	99

## **RESUMEN**

La ciudad de Celendín se caracteriza por sus edificaciones coloniales, que en su mayoría están construidas de tapial, hoy en día existen edificaciones con estas características que cumplen las funciones de instituciones educativas, albergando gran cantidad de estudiantes, y que debido a su material y técnica de construcción presentarían gran riesgo para sus ocupantes, debido a esto es que aumenta la necesidad de analizar el grado de vulnerabilidad de este tipo de instituciones ante fuerzas sísmicas, fenómenos con gran impacto destructivo en estructuras construidas con estos materiales. A raíz de esto es que la presente tesis tuvo como objetivo determinar y analizar la Vulnerabilidad Sísmica de las instituciones educativas públicas “San Isidro” y “Nuestra Señora de Fátima”, mediante una investigación de tipo descriptiva utilizando como técnica la observación directa, y para obtener los datos se realizó mediante levantamientos arquitectónicos y visitas a las edificaciones mencionadas siendo procesados utilizando fichas de reporte. De acuerdo a los parámetros tales como: Densidad de muros, estado de conservación de las edificaciones y estabilidad de muros no portantes con grados de incidencia de 60%, 30% y 10 % respectivamente, se determinó la vulnerabilidad sísmica de ambas instituciones de tapial en la ciudad de Celendín, obteniendo una calificación numérica de 2.5 para la I.E.P. “San Isidro” y 2.0 para la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”, valores dentro del rango de una calificación de vulnerabilidad sísmica alta y media respectivamente, por lo que ante un sismo considerable se espera que ambas instituciones sufran grandes daños con un posible colapso y pérdidas humanas, esto con mayor probabilidad en la I.E.P “San Isidro”.

## **PALABRAS CLAVE**

Tapial, sismo, comportamiento estructural, vulnerabilidad sísmica, análisis sísmico, edificación, muros de tapial, densidad de muros.

## **ABSTRACT**

The city of Celendín is characterized by its colonial buildings, which are mostly built of mud, today there are buildings with these characteristics that fulfill the functions of educational institutions, housing a large number of students, and that due to its material and technique construction would present a great risk to its occupants, due to this, the need to analyze the degree of vulnerability of this type of institutions to seismic forces, phenomena with great destructive impact on structures built with these materials, increases. As a result of this, the objective of this thesis was to determine and analyze the Seismic Vulnerability of the public educational institutions "San Isidro" and "Nuestra Señora de Fátima", through a descriptive investigation using direct observation as a technique, and to Obtaining the data was done through architectural surveys and visits to the aforementioned buildings, being processed using report cards. According to parameters such as: Density of walls, state of conservation of buildings and stability of non-bearing walls with degrees of incidence of 60%, 30% and 10% respectively, the seismic vulnerability of both mud institutions was determined in the city of Celendín, obtaining a numerical qualification of 2.5 for the I.E.P. "San Isidro" and 2.0 for the I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima", values within the range of a high and medium seismic vulnerability rating respectively, so that in the event of a considerable earthquake both institutions are expected to suffer great damage with a possible collapse. and human losses, this with greater probability in the I.E.P "San Isidro"

## **KEY WORDS**

Rammed earth, earthquake, structural behavior, seismic vulnerability, seismic analysis, building, rammed earth walls, wall density..

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Los sismos son fenómenos naturales producidos por la liberación de energía acumulada en forma de ondas cuyo momento de ocurrencia, magnitud y localización no es controlable por el hombre. Este fenómeno se puede dar en todo el mundo, sin embargo, existen regiones donde su frecuencia e intensidad son mayores, siendo estos los países situados en las fronteras con el océano pacífico, zona denominada círculo o anillo de fuego del pacífico (Kuroiwa 2019).

El Perú situado dentro de este denominado círculo de fuego, se ubica como una de las regiones de más alta actividad sísmica, por lo que siempre está obligado a elaborar y renovar su plan de mitigación de desastres a partir del estado actual de la infraestructura peruana, sobre todo de las edificaciones esenciales como los Centros Educativos, teniendo un especial cuidado con las edificaciones elaboradas de adobe y tapia pisada ya que debido a su calidad de material y técnica de su construcción son las más vulnerables (Kuroiwa 2019).

Los principales factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en adobe y tapial son: Irregularidades en planta y en altura, distribución inadecuada de los muros en planta, pérdida de la verticalidad o plomo de los muros, problemas de humedad, filtraciones, conexión inadecuada entre muros, pérdida de recubrimiento de muros, uso de materiales no compatibles, entresijos pesados y ausencia de diafragmas, apoyo y anclaje inadecuado de elementos de entresijo y cubiertas sobre muros, entresijos muy flexibles, luces muy largas y estructuración de cubierta deficiente (Yamín et al. 2007).

El departamento de Cajamarca, ubicado en la sierra norte del territorio peruano, con una zona sísmica III según Norma E-030, presenta gran infraestructura elaborada con tapial, muchas de ellas consideradas como patrimonio histórico, y que, debido a su antigüedad, características de su material y proceso constructivo, se prevé que presentarían un alto índice de vulnerabilidad (Gómez 2018).

Como se sabe la ciudad de Celendín (provincia de la región Cajamarca), se encuentra en riesgo latente de ocurrencia de sismos, ubicándose por su ubicación geográfica en zona sísmica II según la NORMA E-030 y en una zona de intraplaca en la cual los sismos son aún más impredecibles pudiendo verse afectada la infraestructura de

viviendas construidas con tapial originándose pérdidas humanas y materiales, como modelo de sismos ocurridos en los últimos años en zonas de intraplaca tenemos:

- El sismo ocurrió en el distrito de Lagunas, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto el 26 de mayo del 2019 con una magnitud de 8.0 en la escala de Richter (Indeci 2019).
- El sismo ocurrió en el distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín el 06 de mayo del 2020 con una magnitud de 5.7 en la escala de Richter (Indeci 2020).
- El sismo ocurrió en el distrito de Santa María de Nieva, provincia de Condorcanqui, departamento de Amazonas el 15 de agosto del 2021 con una magnitud de 5.7 en la escala de Richter (Indeci 2021).

Por último podemos afirmar que en la ciudad de Celendín las construcciones de tapial no han sido diseñadas con criterio sísmico debido a la falta de conocimiento y escasa economía. Así mismo, existen edificaciones de tapial actualmente utilizadas como instituciones educativas públicas y calificadas como esenciales, pues albergan gran cantidad de alumnos, dichas edificaciones están ubicadas en una zona sísmica severa con una densidad poblacional alta (Indeci 2006).

Así tenemos las instituciones educativas públicas de tapial: 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima” dos grandes instituciones que están construidas de tapial con una antigüedad de 52 y 117 años respectivamente, que están ubicadas dentro de la ciudad de Celendín.

La finalidad de realizar un estudio de la vulnerabilidad sísmica en infraestructura de tapial es tener una base de datos para la ciudad de Celendín con el fin de que los ciudadanos estén conscientes del grado de vulnerabilidad sísmica valga la redundancia, de sus instituciones educativas más emblemáticas construidas de tapial y puedan tomar sus respectivas previsiones al momento de elaborar un plan de evacuación y mitigación de riesgos ante un eventual sismo; y luego de ello crear conciencia en la ciudadanía a través de charlas informativas en diversas instituciones y centros laborales de la ciudad de Celendín, redes sociales, revistas locales.

Ya que una verdadera estrategia para la reducción de desastres debe contemplar tanto la vulnerabilidad física como la vulnerabilidad social; esta última, es la parte más

débil para una gestión efectiva al respecto. Los gobiernos deben comprometerse a que los conocimientos necesarios para la reducción de los desastres lleguen a la población como parte de su educación en todos los niveles del conocimiento. En la prevención, es fundamental la participación del ciudadano en forma oportuna y consciente del riesgo al cual se enfrenta, ya que este conocimiento puede marcar la diferencia entre vivir o morir (Kuroiwa 2019).

## **1.2. Formulación Del Problema**

¿Cuál es el nivel de Vulnerabilidad Sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de Tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima” de la ciudad de Celendín?

## **1.3. Justificación**

Ante los problemas existentes en edificaciones de tapial, la antigüedad de las edificaciones y la falta de criterio sísmo resistente en su construcción, es que aumenta la necesidad de conocer y analizar el estado actual de dichas instituciones, sobre todo aquellas que albergan gran cantidad de personas como son las instituciones educativas públicas; para contar con los conocimientos básicos al momento de iniciar estudios de reconstrucción, rehabilitación, refuerzo y mantenimiento de estas edificaciones de tapial, además de ser información necesaria para poder incluirlas dentro de un plan de mitigación de desastres por parte del área de Defensa Civil de la ciudad de Celendín, para de esta manera prever posibles pérdidas humanas y materiales.

## **1.4. Hipótesis**

Las instituciones educativas públicas de tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima” de la ciudad de Celendín, están expuestas a un nivel de vulnerabilidad sísmica alta.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo Principal**

- Determinar la vulnerabilidad sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima” de la ciudad de Celendín.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la densidad de muros de las Instituciones Educativas Públicas de tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima”.
- Evaluar la resistencia de muros al corte en las Instituciones Educativas Públicas de tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima”.
- Evaluación del estado actual de conservación de las Instituciones Educativas Públicas de tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima”.
- Evaluar la estabilidad de muros de tapial al volteo de Instituciones Educativas Públicas de tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima”.

### **1.6. Alcances o delimitación de la investigación.**

El presente estudio se realizó tomando en cuenta a las dos instituciones educativas públicas más antiguas construidas de tapial ubicadas en la zona urbana de la ciudad de Celendín; por lo cual se evaluaron las I.E.P. 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima”.

### **1.7. Limitaciones.**

No se realizó ensayos de mecánica de suelos para capacidad portante, por tratarse de edificaciones históricas en las cuales no se puede intervenir.

### **1.8. Organización de la tesis.**

A continuación se describe los contenidos de cada capítulo de la investigación:

**CAPÍTULO I: “INTRODUCCIÓN”** Es de carácter informativo y se expone los aspectos que engloba la presente investigación como son: el problema, la hipótesis que enmarca la investigación, la justificación por la cual se ha desarrollado la tesis, el objetivo que plantea la investigación y una descripción de lo que se presentará en cada Capítulo de la tesis.

**CAPÍTULO II: “MARCO TEÓRICO”** se desarrolla el material bibliográfico como investigaciones realizadas del tema sus conclusiones y recomendaciones, asimismo se presenta conceptos y bases teóricas, conocimiento necesario para el desarrollo del tema, por último se presentan definiciones básicas acerca del análisis de vulnerabilidad, el tapial como base de construcción y términos utilizados en la

elaboración de la investigación, siendo necesarios para un buen entendimiento del proyecto.

**CAPÍTULO III: “MATERIALES Y MÉTODOS”** comprende los materiales necesarios para la elaboración del proyecto, materiales de medición, tipo y programas para el procesamiento de datos, además de la ubicación del proyecto de investigación, este capítulo contiene también la metodología que se aplicó para la obtención de los resultados y análisis de la vulnerabilidad sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima”.

**CAPÍTULO IV: “ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS”** se describen los resultados de la investigación, explicando y discutiendo detalladamente según los objetivos que han sido planteados. Además se explica y compara los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación con investigaciones anteriores.

**CAPÍTULO V: “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”** se presentan las conclusiones obtenidas de acorde a los resultados de la investigación, se describen también algunas recomendaciones que se cree necesario para poder ampliar o mejorar futuras investigaciones sobre este tema.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

**ANEXOS:** Se presentan fotografías de las instituciones 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima”, planos de ubicación y arquitectura, techos y cimentaciones de las instituciones mencionadas.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes teóricos de la investigación**

A continuación se presentan algunas investigaciones realizadas que guardan relación con esta investigación, las cuales sirven como base para la realización de esta tesis.

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Arteaga (2016), en su tesis, “Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca Ecuador”. Analiza de manera particular la vulnerabilidad sísmica de una edificación ubicada en el centro histórico de la ciudad de Cuenca y valora el índice de daño ante la presencia de un sismo de diseño tal cual lo establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Concluye en que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y el índice de daño se transforma en un aspecto fundamental en el estudio del patrimonio histórico para contar con un respaldo ante el escenario de un evento sísmico, además indica que la evaluación debe ser concebida a detalle y debe hacerse para cada edificación, debido a la caracterización propia de sus materiales de construcción y configuración estructural distinta.

Sánchez et. al (2017) En sus tesis “Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jojutla, Morelos, México, tras los sismos de 2017” determinó que Jojutla de Juárez presentó altos índices de vulnerabilidad ante riesgos de origen natural, resultando en la pérdida del patrimonio edificado tras el sismo de Puebla de 2017, evento que tuvo un enorme impacto en la comunidad en todos los niveles. Pueden identificarse dos problemas principales respecto a la administración del fenómeno: por un lado, la escasez de estudios científicos sobre vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos naturales en la región; por otro, la ausencia de planes de gestión de riesgos en el municipio, que son completamente necesarios y deberían haber existido mucho antes de la ocurrencia de los sismos. En cuanto a la ciencia de materiales, queda claro que es necesario reforzar la investigación de los materiales y sistemas constructivos tradicionales, tanto por cuestiones culturales como por el impacto en la sostenibilidad. En el presente trabajo se emplearon tanto pruebas de caracterización comunes en el estudio de los materiales de construcción, como otras de carácter novedoso en bloques de adobe, como la calorimetría, que pudo ayudar a corroborar la estabilización de los adobes, cambiando las propiedades plásticas y cromáticas de las arcillas. Cabe destacar que la mayoría de las viviendas de adobe existentes en

Jojutla fueron construidas con anterioridad a los sismos de 1985 y de 2017, por lo tanto no se diseñaron con las especificaciones correspondientes. Igualmente, la construcción con tierra en México no está normada y únicamente se cuenta con ciertas recomendaciones difíciles de acceder para los usuarios y constructores no especializados. En las visitas de campo realizadas junto a los expertos del Instituto Tecnológico de Zacatepec pudo observarse una gran alteración de la vivienda tradicional, con la incorporación de sistemas y materiales no compatibles y severas modificaciones de las construcciones originales; aspectos que han sido probados como ineficientes y de riesgo ante solicitaciones sísmicas.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Timoteo (2018), en su tesis “Análisis sísmico de viviendas de dos pisos construidas de tapial en la periferia de la ciudad de Tarma – Junín” concluye que las viviendas de dos pisos construidas en tapial presentan una vulnerabilidad alta, principalmente por desconocimiento por parte de los constructores y propietarios, de los diferentes problemas de estructuración y configuración sísmica.

Estrella (2019), en su tesis “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en el área urbana del distrito de Yanahuanca – provincia Daniel Alcides Carrión – región Pasco - 2,018” determinó la vulnerabilidad sísmica de distintos sistemas estructurales incluido la tipología adobe/tapial para lo cual escogió un número de 40/604 edificaciones respectivamente, concluyendo que el 99.07% presenta una vulnerabilidad sísmica alta y el 0.93% presenta una vulnerabilidad sísmica media, esto debido a las propiedades del material, que se acrecenta más debido a la antigüedad, y a que son construidos empíricamente sin considerar el Reglamento Nacional de Edificaciones (norma E 080), diseño y construcción con tierra reforzada.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Paredes (2018) con su tesis “Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas de Adobe y Tapial de la capital del distrito de Chadín, provincia de Chota” concluyó que: El 14.29% de edificaciones de tapial presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica alta, 35.71% presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica media y 50.00 % presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica baja. La única casa estudiada de adobe presenta una vulnerabilidad sísmica alta y el 53.33% presenta una densidad de muros adecuada. El 92.86 % de edificaciones presentan un peligro medio, esto debido a que la zona

en la que se emplaza la localidad de Chadín está catalogada de sismicidad media. La única casa estudiada de adobe presenta un peligro sísmico medio. El riesgo sísmico de la zona de estudio: el 21.43 % de edificaciones tiene riesgo sísmico alto, las cuales sufrirían daño severo ante un acontecimiento tectónico, las 78.57% restantes están expuestas a un riesgo sísmico medio, mientras que ninguna de ellas presenta un riesgo sísmico bajo. La única casa estudiada de adobe presenta un riesgo sísmico alto.

Gómez (2018) con su tesis “Vulnerabilidad Sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de Adobe en el Centro Histórico de Cajamarca” concluyó que: Las instituciones Educativas públicas de adobe Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced, ubicadas en el centro histórico de Cajamarca presentan una vulnerabilidad sísmica alta, a causa de su inadecuada densidad de muros, inestabilidad de muros no portantes y al regular estado actual de la edificación. La edificación Nuestra Señora de la Merced presenta una densidad de muros de 9.07% y 5.84% en su primer nivel y 6.11% y 5.16% en su segundo nivel tanto para el eje “X” como para el eje “Y” respectivamente, y no cumple con el 15% de la Norma E.080, de igual manera, la edificación Juan Clemente Vergel presenta una densidad de muros de 3.16% y 2.44%, en su eje “X” y “Y” respectivamente, lo cual tampoco cumple con el 15% de la Norma E.080; además se determinó que en el caso de la edificación Nuestra Señora de la Merced la cantidad de muros no portantes inestables al volteo fue del 50% (en su primer nivel) y más del 80% (en el segundo), mientras que para el caso de la edificación Juan Clemente Vergel, la edificación presentó más del 70% de muros no portantes inestables.

Guerrero y Minchán (2019) con su tesis “Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas de tapial del sector “D” del distrito de Hualgayoc - Cajamarca 2016” evaluaron 34 viviendas del sector “D” del distrito de Hualgayoc de lo cual concluyeron que: El 68%(23 viviendas) presentan una vulnerabilidad sísmica alta, EL 26%(9 viviendas) presentan vulnerabilidad sísmica media y 6%(2 viviendas) presentan una vulnerabilidad sísmica baja; que el estado actual de las viviendas es buena en un 70%(24 viviendas), media en un 15%(5 viviendas), y mala en un 15%(5 viviendas); además, el 75% de muros tiene una densidad inadecuada, 22% necesitan verificar a corte y apenas el 3% tiene una densidad de muros adecuada. Por otra parte lograron analizar la estabilidad de muros a corte concluyendo que en 22 viviendas de los ejes

“X” e “Y” los muros son inadecuados; por último determinaron que en el 56%(19 viviendas) presentan muros inestables.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Sismos**

El instituto Geofísico del Perú lo define como la liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de roca en el interior de la tierra, entre su corteza y manto superior, que se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres (PREDES 2016).

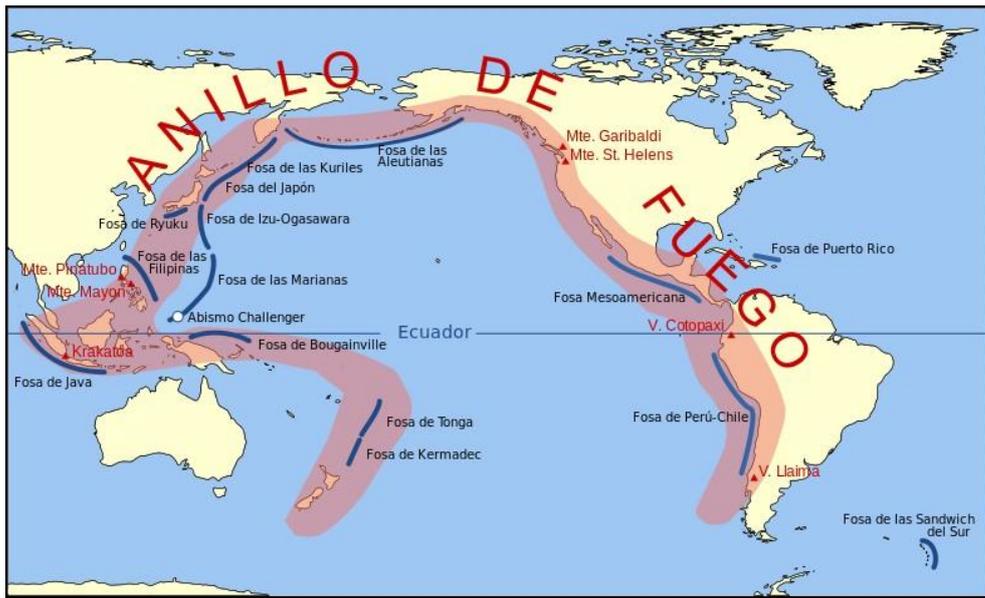
Los sismos son fenómenos naturales producidos por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas cuyo momento de ocurrencia, magnitud y localización no es controlable por el hombre. Este fenómeno se puede dar en todo el mundo sin embargo existen regiones donde su frecuencia e intensidad son mayores, siendo estos los países situados en las fronteras con el océano pacífico denominado círculo o anillo de fuego del pacífico (PREDES 2016).

El Perú está ubicado al borde del encuentro de dos placas tectónicas, la placa Sudamericana y la placa Nazca ubicados dentro de este círculo del pacífico, las cuales interactúan entre sí, produciéndose un proceso de subducción, que es la causa de la mayor parte de los macrosismos en la parte occidental de nuestro territorio (PREDES, 2016).

Los sismos locales y regionales tienen su origen en la existencia de fallas geológicas locales. Estos movimientos telúricos son de menor magnitud, pero al producirse muy cerca de la superficie, tienen un gran poder destructor (PREDES, 2016).

El terremoto más destructivo en la historia peruana se produjo en mayo de 1970, el cual causó alrededor de 70 000 víctimas, entre muertos y desaparecidos, en su mayor parte en el departamento de Ancash (PREDES 2016).

**FIGURA 1. : Círculo o Anillo de Fuego del Pacífico**



**Fuente:** Wikipedia, Enciclopedia virtual. Noviembre 2016.

### 2.2.1.1. Causas de los Sismos

A lo largo de los años los investigadores se han planteado teorías que puedan resolver las interrogantes que a pesar de investigaciones en varios campos de la tierra aún no habían sido resueltas. Claro ejemplo es la evolución que han sufrido las teorías sobre el estudio de los fenómenos sísmicos (Kuroiwa 2019).

Por ejemplo, la teoría de “La Deriva de los Continentes” propuesta por el meteorólogo alemán Alfredo Wegener en 1912 la cual sostenía que los continentes formaban una gran masa única, que después se fraccionaría hasta llegar a formar los que son ahora los continentes, A raíz de esto surgieron interrogantes que aún faltaban resolver, llevando el desarrollo de nuevas teorías (Kuroiwa 2019).

La teoría del Rebote Elástico propuesta por Reid afirma que cuando una parte de la superficie terrestre se desplaza de manera continua respecto a una zona adyacente, las masas de roca se distorsionan y acumulan energía, pero al llegar a su límite de resistencia, se produce ruptura; la parte distorsionada recupera su posición original y el corrimiento de una zona con respecto a la vecina se marca permanentemente en las carreteras, cercos y líneas de árboles las cuales quedan desfasadas y continuas. Esta teoría del Rebote elástico explica los sismos que ocurren en California, pero

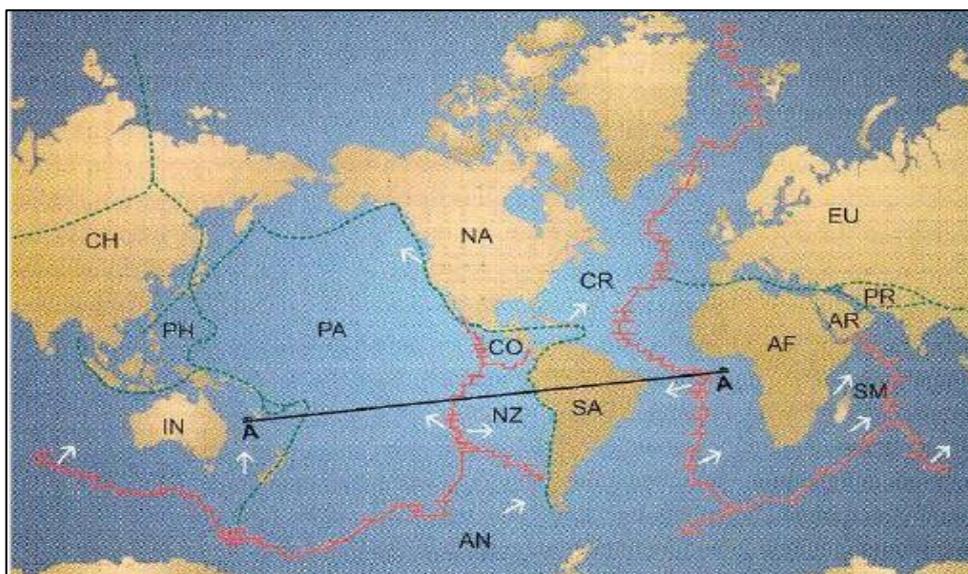
presenta dificultades cuando trata de aplicarse a sismos que ocurren en otros lugares, como en la costa occidental de Sudamérica. Estos fenómenos sumados a otros problemas crearon interrogantes en los sismólogos que trataban de resolver mediante investigaciones más precisas y nuevos inventos (Kuroiwa 2019).

En 1963 se propuso la teoría de expansión de los fondos oceánicos el cual indica que los fondos marinos se mueven arrastrando consigo los continentes la cual complementaba a la teórica de la Deriva de los continentes de Wegener, llegando recientemente así a la Nueva Tectónica Global (Kuroiwa 2019).

Gracias a los aportes de la teoría de la Deriva de los Continentes y su complementación con la teórica de la Expansión de los fondos Oceánicos es que se empezó a estudiar los mecanismos de los sismos desde estos nuevos enfoques. El avance más significativo que se ha obtenido es la comprensión, en términos físicos de las causas y de qué manera se acumula energía en zonas muy restringidas de la tierra y como ocurren los diferentes tipos de sismos (Kuroiwa 2019).

La comprobación de que las placas oceánicas se generan en las dorsales y se consumen en las zonas de subducción, y la determinación precisa de la ubicación de los sismos que ocurren en el mundo, ha llevado a la conclusión que la superficie terrestre está conformada por placas (Kuroiwa 2019).

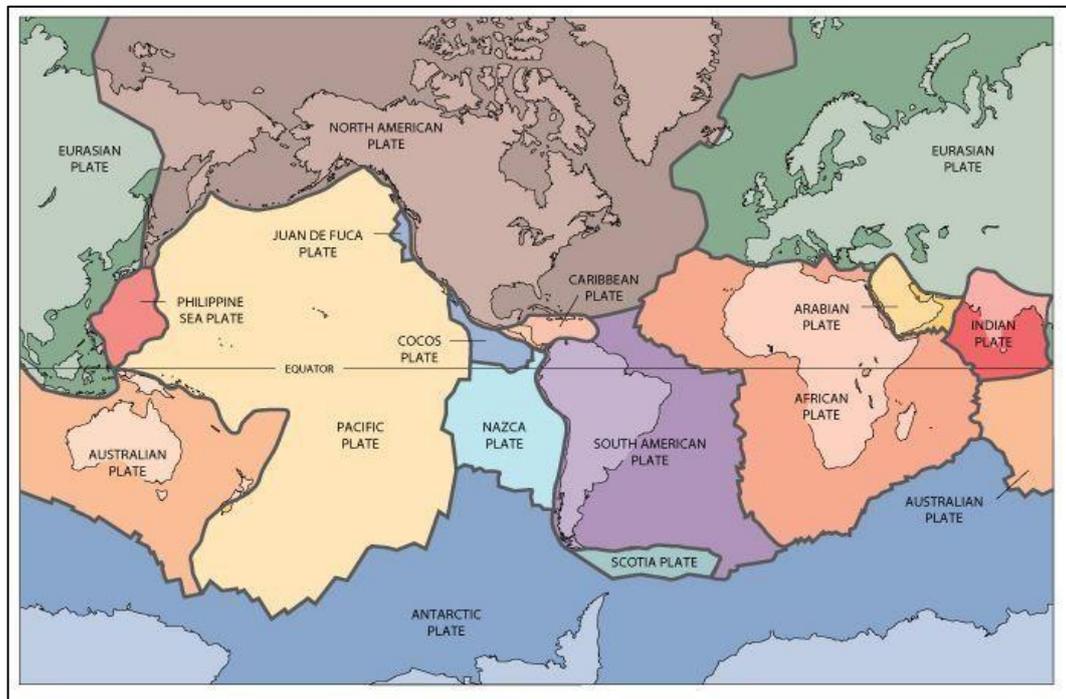
**FIGURA 2. Distribución de las Placas Tectónicas**



**Fuente:** Viviendo en Armonía con la Naturaleza, Kuroiwa 2019.

El estudio y las teorías sobre estas zonas han marcado los inicios de la tectónica de placas, que constituye toda una rama especializada de la geofísica. Las zonas con peligrosidad alta se encuentran en áreas delimitadas por las diferentes placas tectónicas (Marín 2012).

**FIGURA 3. Delimitación de las placas tectónicas**



**Fuente:** Wikipedia, Enciclopedia virtual. Noviembre 2016.

En el borde donde se generan estas placas y cerca al mismo ocurren dos tipos de sismos superficiales; el primero debido al tipo de falla Normal, causado por la tensión de las placas que se están separando en direcciones opuestas; y el segundo, por el corrimiento en las fracturas transversales.

**FIGURA 4. Tipos de sismos**



**Fuente:** Viviendo en Armonía con la Naturaleza, Kuroiwa 2019.

### 2.2.1.2. Clasificación de los Sismos

Los sismos, por su origen, se clasifican en:

- Tectónicos
- Volcánicos, y
- De colapso (Kuroiwa 2019).

Según la profundidad de su foco pueden ser:

- Superficiales: Si el foco se ubica entre 0 y 60 km
- Intermedios: Entre 60 y 300 km de profundidad, y
- Profundos: de 300 a 700 km, que es la máxima profundidad focal registrada (Kuroiwa 2019). (Ver mapa sísmico del Perú en Anexos)

Según su fuente de origen y cercanía a los límites o fronteras entre las placas tectónicas:

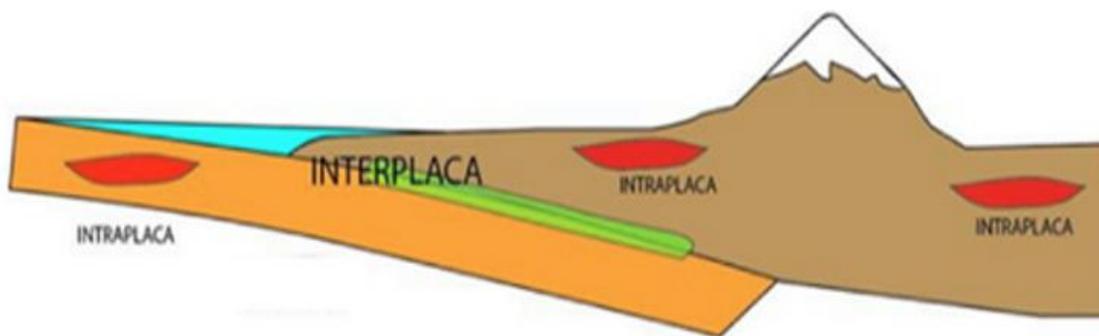
#### **Sismos interplaca**

Son los que ocurren directamente al contacto entre dos placas, por ejemplo entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana.

## Sismos intraplaca

Son aquellos que ocurren como deformación interna de las placas, pueden ocurrir en cualquier lugar donde existan fallas geológicas activas. Estos sismos son menos comunes y generalmente de menor magnitud. Los sismos intraplaca son aún menos predecibles ya que no se sabe con certeza la región donde se podría esperar uno de estos sismos porque depende principalmente de las características geológicas propias del lugar del evento y el deslizamiento en esas fallas es muy lento.

**FIGURA 5. Sismos interplaca e intraplaca**



**Fuente:** <http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/faqs/sismologia/que-es-la-zona-de-fractura-de-panama-3>

### 2.2.1.3. Sismos Intraplaca ocurridos en Perú en los últimos años.

- El 26 de mayo de 2019 a las 02:41:12 horas, se registró un movimiento sísmico de **magnitud 8.0**, profundidad 135 Km, referencia 60 Km al Sur de **Lagunas** y 64 Km al Este de Yurimaguas, **Alto Amazonas – Loreto**, con intensidad VI – VII en Lagunas, Yurimaguas Latitud -5.74 y Longitud -75.5. En el cual se reportaron los siguientes daños: 1 persona fallecida, 16 heridas, 207 viviendas inhabitables, 238 viviendas afectadas, 25 centros de salud afectados y 4 instituciones educativas inhabitables (Indeci 2019).

Como podemos notar los daños generados no corresponden a un sismo de esa magnitud, esto es debido a la poca densidad poblacional en el lugar del epicentro.

- El 6 de mayo de 2020, a las 19:49:10 horas, se registró un movimiento sísmico de **magnitud 5.7**, profundidad 34 Km, referencia (Continente) 45 Km al NE de **Moyobamba, Moyobamba – San Martín**, Intensidad IV Moyobamba, Latitud – 5.66 y Longitud – 76.81, en el cual no se reportaron daños (Indeci 2020).
- El 15 de agosto de 2021, a las 00:40:01 horas, se registró movimiento sísmico de **magnitud 5.7**, profundidad 121 Km, referencia (Continente) 123 km al NE de **Santa María de Nieva, Condorcanqui, Amazonas** IV-V Santa María de Nieva, Latitud -3.68 y Longitud -77.23 en el cual no se reportaron daños (Indeci 2021).

### 2.2.2. Evaluación sísmica

En la actualidad, estudios apoyados con nuevas tecnologías han permitido mejorar el amplio conocimiento sobre los sismos ocurridos a lo largo de los años, sin embargo, existe aún la incertidumbre y el descontento por parte de los sismólogos sobre la predicción, ubicación y la cuantificación de la fuerza que será liberada durante un sismo (Kuroiwa 2019).

Este problema ha sido investigado profundamente y sin grandes resultados debido a su complejidad, ya que solamente existen muy pocos casos de sismos superficiales, el ejemplo más conocido internacionalmente es la predicción del sismo de origen tectónico de Haicheng provincia de Liaoning China, en 1975 (Kuroiwa 2019).

Aunque aún no existe un método certero para este problema existen métodos empíricos que pueden ayudar a la predicción de estos eventos, aunque no son confiables, de manera excepcional y utilizando métodos más rigurosos se han podido predecir sismos de pequeña magnitud en Estados Unidos y Rusia, existen también teorías de utilidad práctica que pueden ayudar en la predicción sísmica ya sea a mediano o largo plazo denominada Teoría del silencio sísmico (Kuroiwa 2019).

A pesar del gran esfuerzo desplegado por los sismólogos chinos, norteamericanos, japoneses y de otras nacionalidades, son muy pocos los aciertos, y numerosos los fracasos en la predicción de los sismos (Kuroiwa 2019).

Sin embargo, existen grandes avances en el estudio y conocimiento del origen, evaluación y forma de propagación de los sismos. En las últimas décadas ha existido un avance en el estudio de la sismología técnica y computacional que ha permitido reducir la variabilidad en la evaluación de los movimientos del terreno. El tamaño de un sismo se puede caracterizar por la intensidad, magnitud o por el momento sísmico, siendo éste último la caracterización más adecuada, debido a que está relacionado directamente con el producto del área de la ruptura de la falla y el desplazamiento promedio de la misma (Marín 2012).

### **2.2.2.1. Magnitud Sísmica**

Es una medida indirecta de la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas durante el evento sísmico, la que puede estimarse de las amplitudes de las ondas sísmicas registradas en los sismógrafos, que son instrumentos muy sensibles especialmente diseñados para este fin, que generalmente se colocan sobre suelo rocoso. Este parámetro es independiente de la distancia entre el hipocentro y el sitio de observación, y resulta de un valor único que mediante un análisis matemático de los registros, llamados sismogramas, de varias estaciones, es posible determinar el epicentro, la profundidad focal y calcular la magnitud del sismo. Existen diversas escalas que calculan la magnitud de un sismo entre ellas tenemos Magnitud de ondas superficiales, Magnitud de ondas de cuerpo, Magnitud local, magnitud de momento y magnitud local o de Richter siendo esta última la más utilizada (Kuroiwa 2019).

**Magnitud Local o de Richter:** Es la escala de magnitud más conocida es precisamente la propuesta por Richter, definiéndolo como una medida cuantitativa del tamaño de un terremoto. Richter la relacionó indirectamente con la liberación de la energía la cual es independiente del lugar de observación, se expresa en números arábigos, con aproximaciones hasta los décimos. Por ejemplo, el sismo de Ancash del 31 de mayo de 1970, fue de magnitud 7,8. Como la relación entre la escala de magnitud y la energía se expresa exponencialmente ( $10^{1.5} = 31,5$ ), un sismo de un grado mayor que otro, es 31,5 veces más grande y unas mil veces mayor que otros 2 grados menor (Kuroiwa 2019).

### 2.2.2.2. Intensidad Sísmica

La intensidad o escala de observaciones es la medida o estimación empírica de la vibración o sacudimiento del suelo, a través de como el hombre percibe las vibraciones sísmicas en el ambiente en que vive, el grado de daños que causan en las construcciones y los efectos que tienen sobre la naturaleza.

Como se trata de factores arbitrarios y subjetivos, se confeccionaron varias escalas descriptivas de los hechos para una normalización a nivel mundial. La Mercalli Modificada, usada en las Américas y la MSK, usada en Europa, son las dos escalas más conocidas (Kuroiwa 2019).

**Escala de Mercalli Modificada** Es la más difundida que cuenta con doce grados del I al XII desarrollada para evaluar la intensidad de los sismos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras, esta no está determinada por su magnitud, sino que se basa en sus consecuencias, empíricamente observadas, Para su determinación se realiza encuesta a personas dispersas en una gran área, que incluya la zona donde se tiene algún conocimiento que fue la de mayor el daño producido. Con esta información consignada en dichas encuestas se procede a determinar la intensidad del sismo en cada una de ellas, previa calificación del encuestado, luego se dibujan líneas que unan puntos de igual intensidad sísmica las que se denominan Isosistas. Las cuales muestran las intensidades del sismo, ubicando teóricamente la de mayor intensidad en el centro. El área de las líneas Isosista da una idea de la profundidad del Foco, ya que áreas pequeñas indican sismos superficiales y áreas grandes corresponderá a sismos profundos (Estrada 2012).

### 2.2.2.3. Momento Sísmico

El momento de un terremoto o momento sísmico  $M_0$  es quizás el mejor parámetro que puede utilizarse para medir el tamaño de un sismo. Mientras que la magnitud es una medida conveniente del tamaño de un sismo determinado directamente de un sismograma,  $M_0$  es una medida físicamente significativa del tamaño del sismo, sin estar sujeta a los problemas que se encuentran en la magnitud. De hecho,  $M_0$  está directamente relacionada con los parámetros fundamentales del proceso de falla.

Esta medida está siendo cada vez más usada por los sismólogos debido a su mayor fiabilidad. (Mena 2002).

### **2.2.3. Vulnerabilidad sísmica**

Se define como el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre, durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación: Aporticado, albañilería confinada, adobe o tapial; la calidad de materiales y la técnica de construcción.

Existen diversos métodos para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones, las cuales dependen de los aspectos estructurales, funcionales, operativos y urbanos, para que pueda proporcionar información útil para la prevención de desastres. A pesar de esto no existe una metodología estándar para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica por lo que el método utilizado dependerá de las características de la estructura y del alcance de la investigación (Kuroiwa 2019).

#### **2.2.3.1. Tipos de Vulnerabilidad**

##### **2.2.3.1.1 Vulnerabilidad física.**

La vulnerabilidad física de una edificación o un grupo de ellas, está definida como el grado de susceptibilidad o predisposición de los elementos estructurales y no estructurales a sufrir daño (fisuras, grietas, rajaduras, asentamientos) o pérdida (colapso de la estructura), puede ser de tipo estructural o no estructural a causa de acciones físicas como sismos.

##### **A. Vulnerabilidad estructural**

Se define como el grado de susceptibilidad en que pueden afectarse los elementos que componen el sistema de soporte de la edificación (muros de carga, pórticos de concreto o acero, entre otros), los cuales son el resultado de la calidad de la construcción, su estado de conservación, la configuración y forma, así como el tipo de estructura y las características del suelo y la fundación (Peralta 2002).

Calidad de la construcción: se refiere a la calidad de los materiales utilizados para la construcción, calidad del diseño, preparación del personal técnico, calidad de la mano

de obra, que garantizan una adecuada resistencia y capacidad de la edificación para absorber y disipar la energía sísmica (Peralta 2002).

Estado de conservación de la construcción: se refiere a las condiciones de deterioro representadas en lesiones físicas (humedad, erosión, etc.), mecánicas (deformaciones, grietas, fisuras, desprendimientos, etc.) y puede calificarse como muy buen estado, buen estado, malo o pésimo estado de conservación (Peralta 2002).

Tipo de estructura: generalmente pueden considerarse cinco tipos estructurales los conformados por entramados o pórticos de concreto reforzado, acero estructural o madera, adobe y tapial, también por muros o paredes portantes, normalmente de bloque, ladrillos o paneles y por la combinación de los anteriores, es decir, estructuras compuestas.

Características del suelo y la cimentación: A pesar que una estructura ofrezca una apariencia de rigidez y resistencia aceptable, puede ocurrir que la misma no pueda soportar en forma adecuada un movimiento sísmico debido a la inestabilidad del suelo sobre el cual fue cimentada. (Peralta 2002).

## **B. Vulnerabilidad no estructural**

Es el grado de susceptibilidad de los elementos arquitectónicos, tales como cielorrasos, paneles, tabiques, ventanas, áticos, cornisas, adornos, etc., además de equipos e instalaciones eléctricas, mecánicas, sanitarias, entre otros, a sufrir daño o pérdida, ocasionando la inhabilitación temporal o permanente de una edificación para la adecuada prestación de su servicio (Peralta 2002).

Los elementos no estructurales pueden llegar a convertirse en elementos potencialmente peligrosos cuando no están ligados o amarrados adecuadamente al resto de la edificación, introduciendo cambios en la estructuración y en los mecanismos de transmisión de las cargas, que pueden propiciar su falla (Peralta, 2002).

### **2.2.3.1.2 Vulnerabilidad funcional**

La vulnerabilidad funcional describe la predisposición de un sistema, o instalación de ver perturbado su funcionamiento como consecuencia del incremento de la demanda de sus servicios. La propia naturaleza de las edificaciones esenciales exige que, ante una crisis sísmica, sus instalaciones o dependencias deban mantenerse en funcionamiento para la cual fueron creadas. Los daños físicos en la estructura y componentes no estructurales también supondrán una disminución de su capacidad operativa y funcional. (Guevara, 2000)

### **2.2.4. Peligrosidad sísmica**

La peligrosidad sísmica o amenaza natural es la probabilidad de que ocurra un fenómeno físico como consecuencia de un terremoto, como pueden ser el movimiento mismo del terreno, así como la licuefacción, los deslizamientos de tierra, inundaciones, ruptura de fallas, etc., a los que llamaremos efectos colaterales de un terremoto (Kuroiwa 2019).

Los parámetros más significativos que influyen en el peligro sísmico son: ubicación del epicentro, dado por sus coordenadas y su profundidad focal. Con lo que queda señalada la ubicación del foco; el tamaño o magnitud del sismo; el mecanismo de generación y la direccionalidad de la propagación de la ruptura; las características del medio a través del cual viajan las ondas sísmicas; la distancia epicentral; y las características locales del sitio de observación (Kuroiwa 2019).

El peligro sísmico es una magnitud geofísica que da la probabilidad de ocurrencia de sismos en un área geográfica específica durante un intervalo de tiempo determinado e involucrando aceleraciones del suelo por encima de cierto valor dado. Da idea por tanto de la probabilidad de que se produzcan determinadas aceleraciones del suelo. Ya que a menudo se confunden los términos de peligro sísmico y riesgo sísmico, es necesario indicar que éste se refiere a la probabilidad de ocurrencia de pérdidas o daños ocasionados por sismos (involucra variables antrópicas). Mientras el peligro sísmico es más elevado en la costa de Alaska que en la costa de Argelia, el riesgo es mayor en la segunda debido a la mayor densidad de población. Las estimaciones de

peligro sísmico, están frecuentemente basadas en análisis estadísticos de la historia sísmica del área de interés (Loayza y Gómez 2014).

En esta situación una posible estimación de la peligrosidad sísmica puede obtenerse a partir del análisis de la historia sísmica del sitio, utilizando los datos macro sísmicos históricos de lo que se disponga, particularmente en regiones caracterizadas por largos periodos de retorno. No obstante esta información puede dar lugar a problemas de interpretación debido a los datos históricos son cualitativos y fueron obtenidos en épocas completamente diferentes, sin utilizar una escala macro sísmica común, debido a estos problemas, la caracterización de cada nivel de intensidad en un sitio tiene que ser calculado en términos probabilísticos, expresando el nivel de probabilidad asociado a cada grado de intensidad (Loayza y Gómez 2014).

#### **2.2.5. Riesgo sísmico**

El riesgo sísmico debe entenderse como la probabilidad de pérdida, riesgo, por causa de la ocurrencia del sismo. Los componentes del riesgo son: El peligro y la vulnerabilidad, por ejemplo: En el caso de un edificio, se relaciona con la probabilidad de que éste sufra un determinado nivel de daño, cuando ocurra la acción sísmica esperada. El coste suele cuantificarse en términos económicos, que, para el caso de un edificio, sería el valor de reparación, o reposición, del edificio dañado (Pujades et al. 2021).

#### **2.2.6. Comportamiento sísmico de las edificaciones de tierra**

Durante las vibraciones sísmicas horizontales, si el suelo se mueve en una dirección, las fuerzas de inercia que se generan en los muros de una edificación serán en sentido contrario, esto provoca fallas en las construcciones de tierra que debido a su poca resistencia en tracción. Los principales tipos de fallas que se presentan en edificaciones de tierra son por tracción, flexión y fallas por corte.

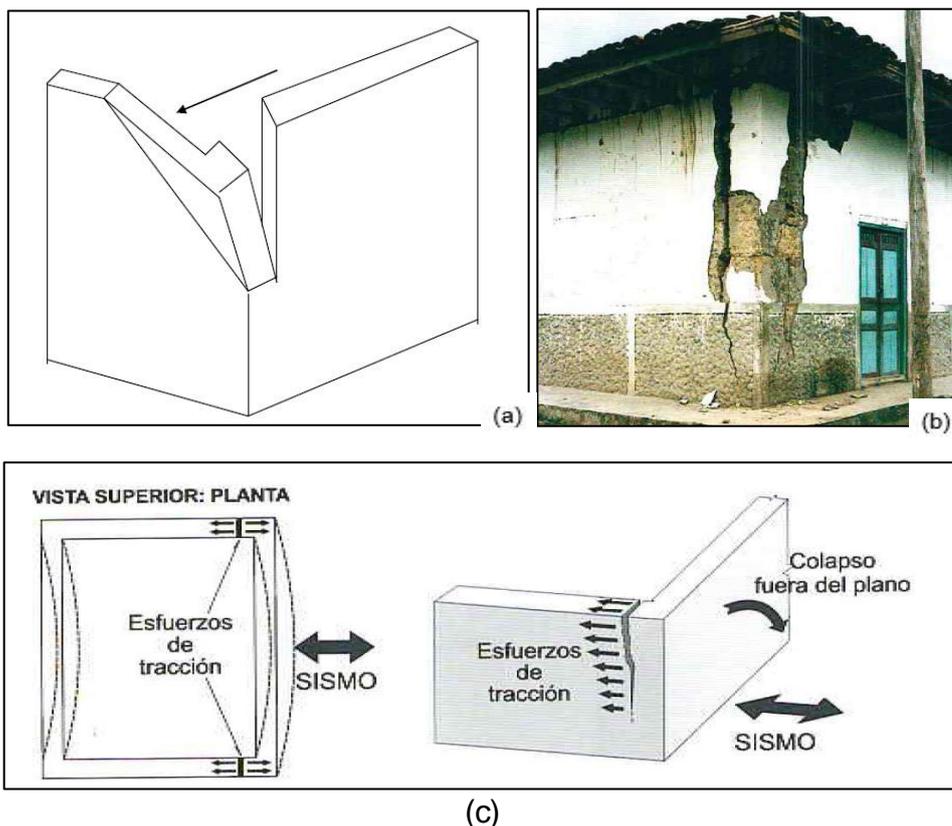
##### **2.2.6.1. Fallas por tracción en los encuentros de muros.**

Este tipo de fallas se debe principalmente a esfuerzos de tracción directa que se produce en uno de los muros al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro, ver

figura (6.a), esta situación se agrava cuando a este se superpone los esfuerzos de flexión.

Estas grietas se presentan en la parte superior de las esquinas (encuentro de muros) y se propagan hacia abajo, en la figura (6.b) se observa las fallas en las esquinas causadas por fuerzas de inercia perpendiculares a los muros, esto debilita la unión entre muros generando luego una tendencia de volteo del muro o colapso fuera de su plano como se observa en la figura (6.c).

**FIGURA 6. (a) Falla típica en tracción, (b) Grietas en parte superior de las esquinas de una edificación de tierra, (c) Colapso de muro perpendicular a los esfuerzos de tracción generados por un sismo.**

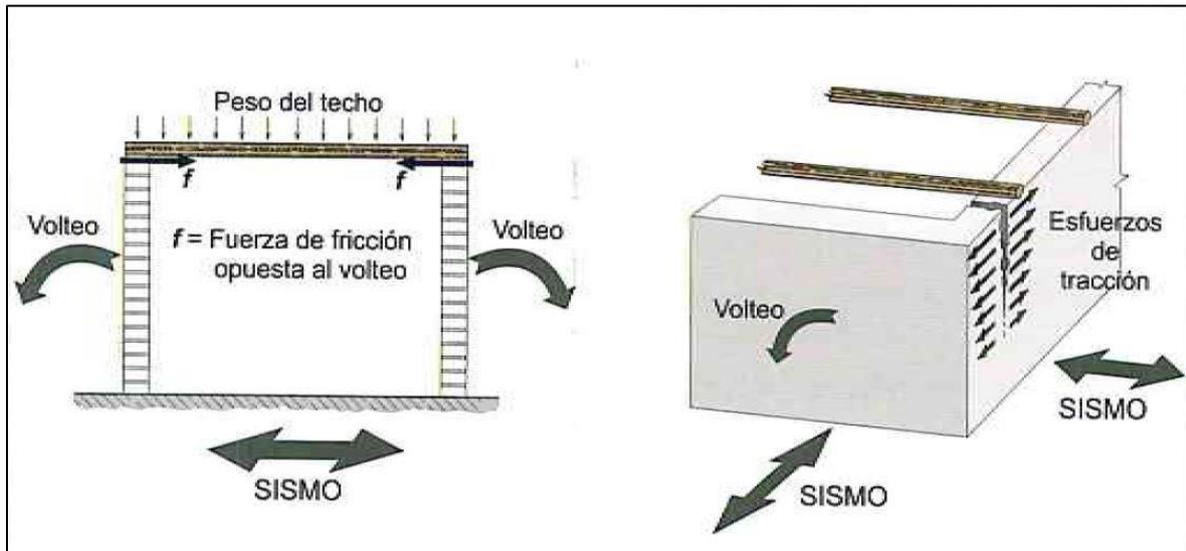


**Fuente:** (a) Diseño Sísmico de Construcciones de Adobe - Investigación Experimental de Construcciones de Adobe y Bloque Estabilizado (Morales Morales, Yamashiro Kamimoto, y Sánchez Olano).

(b) y (c) Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistentes, Kuroiwa 2008.

En este tipo de falla los muros no portantes son los más vulnerables, al no contar con el arriostre que aportan las vigas del techo, las cuales sirven de arriostre lateral, mientras no se exceda la fuerza de fricción.

**FIGURA 7. Falla en muros no portantes.**

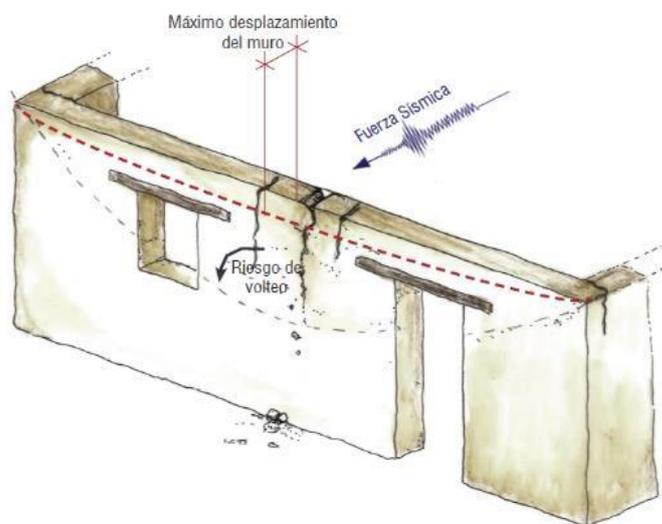


**Fuente:** Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistentes, Kuroiwa 2008.

### 2.2.6.2. Fallas Por Flexión

Existen variantes en las fallas por flexión y estas generalmente dependen de la esbeltez del muro, por ejemplo se pueden presentar grietas verticales en el centro superior de los muros largos, de gran esbeltez horizontal, desplomándose y formando una gran muesca de trayectoria curva en la parte central, debido a la gran separación de muros, este tipo de falla por flexión tiene forma de U.

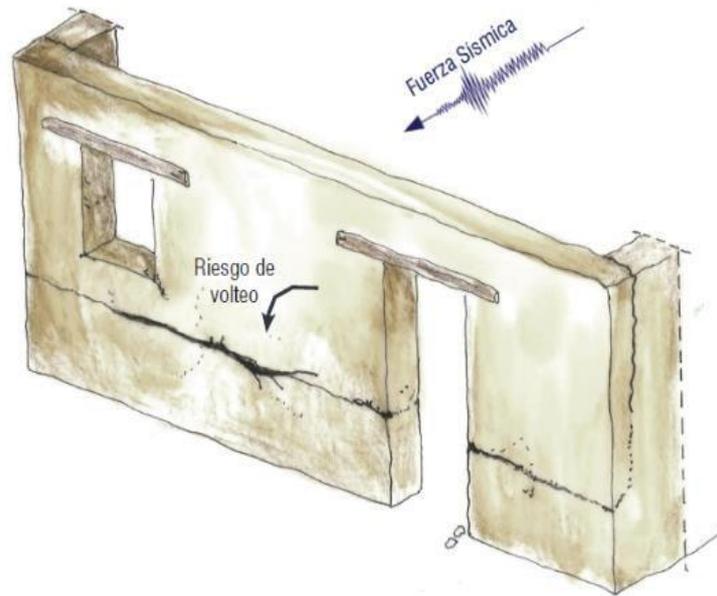
**FIGURA 8. Falla típica por flexión en muros con esbeltez horizontal.**



**Fuente:** Fichas para la Reparación de Viviendas de Adobe, Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento 2014.

Otra variante se presenta en los muros con mucha altura y poco espesor (esbeltez vertical) y cuando los sismos actúan en dirección perpendicular este se separa de los muros transversales, debido al agrietamiento en las esquinas, y corre peligro de quebrarse o voltearse hacia afuera, girando alrededor de una grieta horizontal, puede tender a voltearse casi desde su base, o a la mitad de su altura.

**FIGURA 9. Falla horizontal por flexión en vivienda de adobe, Ica 2007).**

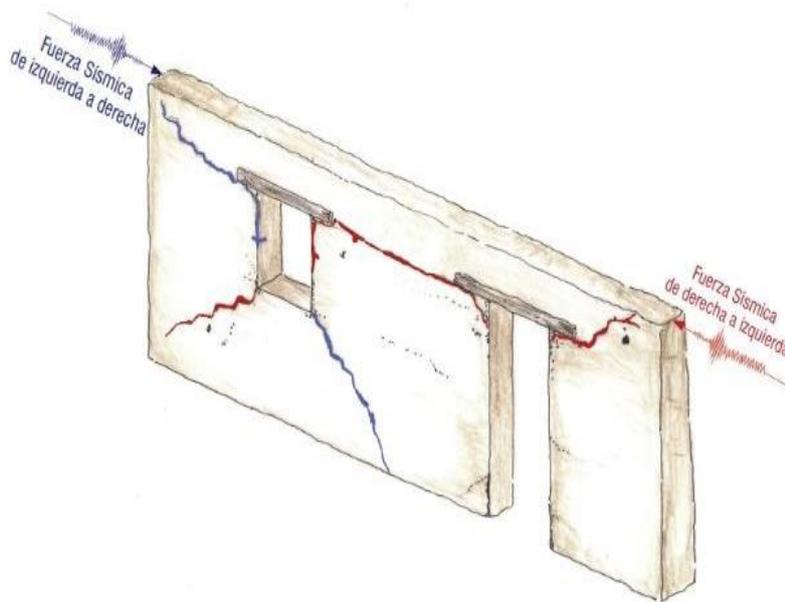


**Fuente:** Fichas para la Reparación de Viviendas de Adobe, Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento 2014.

### **2.2.6.3. Falla Por Corte**

Si se controla la falla de las esquinas (falla por tracción y flexión) ya sea porque los muros son gruesos o porque existe un amarre al nivel superior de los muros, se producen otro tipo de fallas, en este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal en forma de X y se produce cuando el muro trabaja como muro de corte, esto se debe principalmente a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales a causa de fuerzas cortantes en el plano del muro, también es común las grietas en X se presentan donde hay aberturas de ventana o puertas como se observa en la figura siguiente.

**FIGURA 10. Falla por corte generado en vanos.**



**Fuente:** Fichas para la Reparación de Viviendas de Adobe, Ministerio De Vivienda, Construcción y Saneamiento 2014.

### **2.2.7. Principales características que contribuyen a la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de tierra.**

Existen características y fallas comunes en edificaciones de tapial y adobe que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica. Frecuentemente la edad de la edificación y el deterioro de las propiedades mecánicas de sus materiales hacen que en caso de un sismo su capacidad de soportarlo sea mínima.

A continuación se presentan los principales problemas que afectan a las edificaciones de tierra:

#### **2.2.7.1 Distribución de muros**

Las edificaciones de tierra deben respetar y considerar las dimensiones establecidas por la norma, así como tener en cuenta la continuidad de muros de tapial, ubicación correcta de vanos.

### 2.2.7.2 Pérdida de verticalidad de los muros

La falta de verticalidad de los muros de una edificación genera mayores solicitaciones en los elementos estructurales y un mal comportamiento en un caso de un evento sísmico. Adicionalmente se pueden presentar fallas locales e inestabilidad de algunos elementos debido a la mala transferencia de las cargas horizontales y verticales. Esto generalmente se debe a asentamientos por falta de cimientos o como consecuencia de un movimiento sísmico reciente.

### 2.2.7.3 Entrepisos y ausencia de diafragmas

La ausencia de un entrepiso que cumpla la función de comportarse como un diafragma rígido en su propio plano hace que la distribución de las cargas laterales inducidas por el sismo sea usualmente muy perjudicial, facilitando la acción de fuerzas perpendiculares excesivas contra los muros generando las conocidas fallas por flexión.

**Figura 16:** (a) Entrepisos en edificaciones de tierra. (b) Fallas en entrepiso vivienda de adobe, Ica 2007.

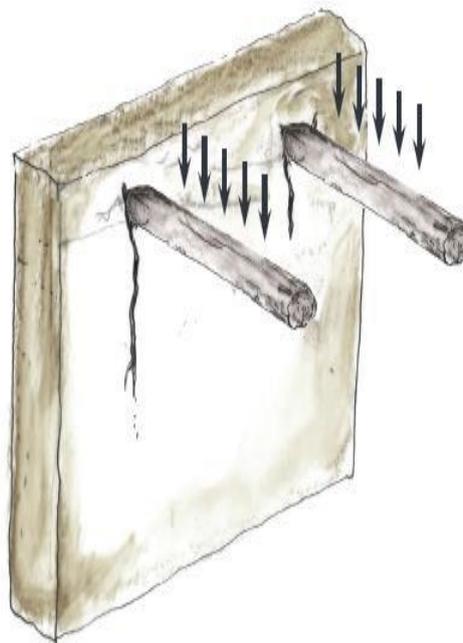


**Fuente:** Seminario de la Normatividad para el Diseño y Construcción de Edificaciones Seguras Ica. Perú, Kuroiwa 2012.

#### 2.2.7.4 Anclaje y Apoyo de elementos de entrepiso y cubiertas sobre muros

La falta de una longitud de apoyo adecuada entre elementos principales de entrepisos (cubiertas, apoyo de vigas de entrepisos, balcones, etc.) generan riesgo de volteo o colapso del muro, facilitando la pérdida de la estabilidad de la estructura debido a los desplazamientos inducidos en los muros portantes, además se pueden generar grietas causadas por la concentración de esfuerzos, producidas por el funcionamiento y sobrecarga en las vigas, transmitida directamente hacia los muros que reciben estas cargas.

**FIGURA 11. Fallas por punzonamiento en edificaciones de tapial.**



**Fuente:** Vulnerabilidad Sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de Adobe en el Centro Histórico de Cajamarca, Gómez 2018.

#### 2.2.7.5 Uso de materiales incompatibles

El uso de materiales diferentes al tapial, con dureza o rigidez perjudican de alguna manera la estabilidad y resistencia de los muros durante un movimiento sísmico.

**FIGURA 12. Falta de criterio técnico en la combinación de materiales de construcción.**

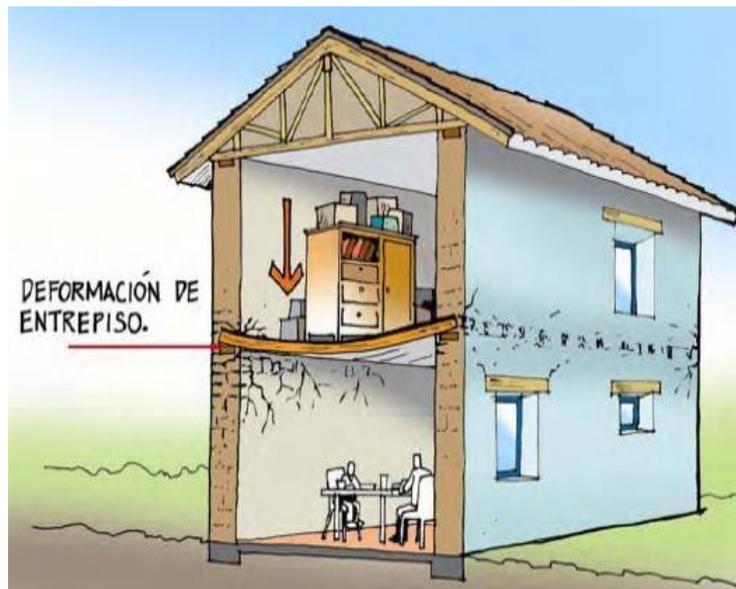


**Fuente:** Vulnerabilidad Sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de Adobe en el Centro Histórico de Cajamarca, Gómez 2018.

#### **2.2.7.6 Entrepisos muy flexibles o luces muy largas**

Otras características importantes que debilitan las estructuras de una edificación de adobe son las que presentan un sistema de entrepiso muy flexible o con luces muy largas generando deflexiones verticales importantes las cuales pueden generar daños en los elementos estructurales y no estructurales. Adicionalmente se pueden presentar sobreesfuerzos en los elementos que conforman el sistema de entrepiso la cual puede inducir colapso parcial o total en la estructura.

**FIGURA 13. Deformación de entrepiso en viviendas de adobe**



**Fuente:** Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe ,AIS 2005.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Arriostre.** Componente que impide significativamente el libre desplazamiento del borde del muro, considerándose un apoyo. El arriostre puede ser vertical (muro transversal o contrafuerte) u horizontal.

**Asentamientos diferenciales.** Son los movimientos o desplazamientos relativos de las diferentes partes de una estructura a causa de un asentamiento irregular de la misma, provocados por un desequilibrio de esfuerzos en el suelo.

**Colapso.** Derrumbe súbito estructural de muros o techos que puedan segar la vida a los ocupantes de una construcción. Puede ser un derrumbe parcial o total. (Norma E.080 2017).

**Compresión.** Presión a que está sometido un cuerpo por la acción de fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen.

**Contrafuerte.** Es un arriostre vertical construido con este único fin. De preferencia puede ser del mismo material o un material compatible (por ejemplo, piedra).

**Cubierta.** Conjunto de elementos que constituyen el cerramiento superior de una edificación.

**Daño estructural.** Daño que sufren los sistemas estructurales: vigas, columnas, losas o las cimentaciones durante un sismo. Es decir, es el deterioro de aquellos elementos o componentes que forman parte del sistema resistente o estructural de la edificación.

**Deformación.** Cambio relativo en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una fuerza o varias fuerzas sobre este.

**Deformación elástica.** Aquella deformación del material que es directamente proporcional a la fuerza aplicada, siendo la deformación producida reversible y no permanente. Es el comportamiento descrito por la Ley de Hooke.

**Deformación plástica.** – Aquella deformación que permanece cuando se elimina la carga que la causa. Se trata de la parte permanente de la deformación más allá del límite elástico de un material.

**Densidad de muros.** - Cociente entre la suma de áreas transversales de los muros paralelos a cada eje principal de la planta de la construcción y el área total techada. (Norma E.080 2017).

**Deriva.** - Se entiende por deriva el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación.

**Diafragma.** - Un diafragma es una estructura que tiene la función de amarrar los muros de la construcción, de tal manera que formen un conjunto

**Diafragma Rígido.** - Un diafragma rígido es una colección plana de nodos que ejemplifica una rigidez infinita en el plano y se mueve en el plano del diafragma como un cuerpo rígido.

**Distancia Epicentral.** - Define a la distancia existente entre un observador y el epicentro de un sismo, medida sobre la superficie de la tierra. Al momento de georeferenciar el epicentro de un sismo se toma como referencia la plaza principal de la ciudad y/o localidad y su ubicación con respecto al norte geográfico. (Instituto Geofísico del Perú 2016).

**Edificación.** - Es el término que se utiliza para definir toda construcción diseñada, planificada y ejecutada por el hombre, en un espacio determinado. Puede tener distintos tamaños, espacios y formas, además de cumplir con múltiples propósitos.

**Entrepiso.** – Es el conjunto de elementos que separa un piso de otro en una edificación. (Norma E.080 2017)

**Epicentro.** - Se define como Epicentro al punto exacto en la superficie que representa la proyección del hipocentro o foco sísmico. (Instituto Geofísico Del Perú, 2016)

**Esbeltez.** - Relación entre la altura libre del muro y su espesor. (Norma E.080 2017).

**Estabilidad.** - Propiedad de un cuerpo de mantenerse en equilibrio estable o de volver a dicho estado tras sufrir una perturbación.

**Esfuerzos Cortantes.** – Son esfuerzos internos producidos por fuerzas que actúan paralelamente al plano que las resiste. También llamadas esfuerzos tangenciales. (Pytel y Singer 1994)

**Flexión.** – Combinación de esfuerzos de compresión y de tracción. Mientras que las fibras superiores de la pieza están sometidas a un esfuerzo de flexión (se alargan), las inferiores se acortan, o viceversa, produciendo una deformación en un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

**Fisura.** – Son aberturas superficiales que no suponen riesgo para la estructura del edificio ya que son meramente estéticas y superficiales. Su reparación suele ser fácil, rápida y económica.

**Fuerza sísmica.** - Es cualquiera de las fuerzas causadas por movimientos terrestres provocados por un sismo, terremoto que provoca un conjunto de fuerzas horizontales que se aplican sobre la rasante de un edificio. Como tal, tiene una frecuencia y aceleración máxima.

**Grieta.** – Son aberturas de mayor dimensión que pueden llegar a ser peligrosas ya que generalmente son estructurales, para solucionarlas se requiere la intervención de un especialista.

**Hipocentro.** – Lugar donde se originan las ondas vibratorias como efecto de los movimientos sísmicos, Es sinónimo de foco sísmico. (Instituto Nacional de Defensa Civil 2006).

**Inercia.** - En física, la inercia es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de reposo o movimientos relativos. Dicho, de forma general, es la resistencia que opone la materia a que se modifique su estado de movimiento, incluyendo cambios en la velocidad o en la dirección del movimiento.

**Institución educativa.** - Es una organización que imparte educación, ya sea como objetivo principal o complementario, puede ser pública así como una empresa privada, una organización no gubernamental.

**Luz.** – Distancia, en proyección horizontal, existente entre los apoyos de una viga o un arco.

**Mapa sísmico.** - Presenta la distribución espacial de los eventos con magnitudes igual o mayores a 4.0 en la escala “magnitud momento” ( $M_w$ ) ocurridos durante el periodo 1960-2017.

**Mitigación.** – Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Todas las medidas que se toman para reducir las pérdidas de vidas humanas, de bienes materiales y de producción causadas por desastres naturales o tecnológicos. (Instituto Nacional De Defensa Civil 2006).

**Momento Sísmico.** - El momento de un terremoto o momento sísmico  $M_o$  es quizás el mejor parámetro que puede utilizarse para medir el tamaño de un sismo.

**Muesca.** - Se refiere a un defecto deliberadamente introducido en forma de V, en forma de U o circular en un material plano por el cual se concentra la tensión. Las geometrías de muesca juegan un papel importante en la mecánica de fracturas y la caracterización de materiales.

**Muro Portante.** - Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel a un nivel inferior o a la cimentación. (Norma E.070 2017)

**Onda sísmica.** - La onda sísmica es un tipo de onda elástica fuerte en la propagación de perturbaciones temporales del campo de tensiones que generan pequeños movimientos en las placas tectónicas.

**Parapeto.** Valla o barandilla que cierra lugares altos, como un mirador, una escalera o un puente, para que las personas se apoyen en ella y no se caigan

**Peligro.** - Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un período específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología. (Instituto Nacional de Defensa Civil 2006)

**Peligro sísmico.** Es la probabilidad que se presente un sismo potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado. Representa el peligro latente natural asociado al fenómeno sísmico capaz de producir daños sobre las personas, bienes y medio ambiente. (OPS 1993)

**Placa tectónica.** Es un fragmento de litosfera relativamente rígido que se mueve sobre la astenosfera, una zona relativamente plástica del manto superior. Toda la litosfera está dividida en placas tectónicas, quince de ellas de gran tamaño y más de cuarenta microplacas

**Prevención.** – Medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye medidas de ingeniería, legislación sobre el uso de la tierra y del agua, ordenamiento urbano y construcción de edificaciones. (Instituto Nacional de Defensa Civil 2006)

**Punzonamiento.** – Es una rotura de carácter frágil que puede darse bajo la aplicación de presiones concentradas debidas bien a cargas externas o a las reacciones en apoyos aislados.

**Riesgo.** - Estimación o evaluación matemática de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un período específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. (Instituto Nacional de Defensa Civil 2006).

**Sistemas estructurales.** - Son el conjunto de elementos resistentes que vinculados entre sí transmiten las cargas de la edificación a los apoyos garantizando el equilibrio, la estabilidad y sin sufrir deformaciones incompatibles.

**Tabiquería.** - Son muros delgados sin cargas que se utilizan como paredes o divisiones internas. Se debe procurar que tengan poco peso para conseguir un aligeramiento de las cargas a los pilares y, por tanto, al terreno

**Tapial.** - Molde empleado para fabricar tapias que está compuesto de dos tablas paralelas sujetas a cierta distancia mediante unas barras agujereadas y unos listones que las atraviesan, también conocido como tapia pisada.

**Tracción.** – Esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

**Vano.** - El vano hace referencia al espacio que se deja en las construcciones en obra para identificar dónde irán ubicadas puertas y ventanas en exteriores o interiores o aquellos espacios que se dejan para que entre luz natural.

**Vulnerabilidad.** - Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros. (Instituto Nacional de Defensa Civil 2006).

**Vulnerabilidad Sísmica.** -Se define como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.



**FIGURA 16. Mapa político de la provincia de Celendín**



**Fuente:** <https://es.m.wikipedia.org/>

Esta investigación se aplicó a las instituciones educativas públicas de tapial 82391 “San Isidro” y 82392 “Nuestra Señora de Fátima”, ubicadas geográficamente como se indica a continuación.

- **I.E.P. 82391 “San Isidro”**, ubicado en el departamento de Cajamarca, Provincia de Celendín, distrito de Celendín, está localizado en el Jr. Miguel Grau cuadra N°1, a 5 cuadras de la plaza de armas de la ciudad de Celendín.

A continuación, se detalla las coordenadas y altitud de los lugares en mención.

**FIGURA 17. Ubicación geográfica de la Institución Educativa Pública 82391 San Isidro (Ex 85).**



Fuente: Google earth.

**FIGURA 18. Ubicación geográfica de la Institución Educativa Pública 82391 San Isidro (Ex 85).**



Fuente: Elaboración propia.

**Descripción:** Reconocimiento de la fachada de la I.E.P “San Isidro”.

TABLA 1. **Coordenadas de la I.E.P. 82391 “San Isidro”**

DISTRITO	Coordenadas UTM		Rango Altitudinal	
	ESTE (m)	NORTE (m)	m.s.n.m.	Región
CELENDIN	815074	9240065	2656	Sierra

**Fuente:** Elaboración propia.

- **I.E.P. 82392 “Nuestra Señora de Fátima”**, ubicado en el departamento de Cajamarca, Provincia de Celendín, distrito de Celendín, está localizado en el Jr. Ayacucho cuadra N°5, a 2 cuadras de la plaza de armas de la ciudad de Celendín.

A continuación, se detalla las coordenadas y altitud de los lugares en mención.

**FIGURA 19. Ubicación geográfica de la Institución Educativa Pública 82392 Nuestra Señora de Fátima (Ex 89).**



**Fuente:** Elaboración propia.

**FIGURA 20. Ubicación geográfica de la Institución Educativa Pública 82392 Nuestra Señora de Fátima (Ex 89).**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Reconocimiento de la fachada de la I.E.P “Nuestra Señora de Fátima”

**TABLA 2. Coordenadas de la I.E.P. 82392 “Nuestra Señora de Fátima”**

DISTRITO	Coordenadas UTM		Rango Altitudinal	
	ESTE (m)	NORTE (m)	m.s.n.m.	Región
CELENDIN	815373	9240015	2635	Sierra

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2. Tiempo en el cual se realizó la investigación

La elaboración de esta investigación tuvo lugar entre los meses de mayo de 2022- noviembre del 2022.

### **3.3. Recursos, materiales e instrumentos y técnicas utilizados en la recolección de datos.**

#### **3.3.1. Recursos Humanos**

- Tesista: Bach. Francklin Chávez Chávez: A modo de observación realizó la evaluación de las características y la descripción del estado actual de las instituciones educativas así mismo realizó los levantamientos topográficos y análisis de la investigación y las entrevistas al personal que labora en dichas instituciones para obtener datos relevantes sobre antigüedad, mantenimientos, reconstrucciones y remodelaciones que han tenido las edificaciones de tapial.
- Asesor M. Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares: Quien brindó sus conocimientos durante el desarrollo de la investigación, siendo indispensable para la culminación de esta tesis.
- Colaboradores: Apoyaron y brindaron las facilidades para realizar la recolección de datos y el levantamiento topográfico de las edificaciones de tapial.

#### **3.3.2. Materiales**

Los instrumentos que se utilizaron tanto para el estudio, recolección y elaboración de la investigación fueron:

- Wincha
- GPS
- Internet
- Cámara Fotográfica
- Hoja de apuntes
- Computadora (programas como AutoCAD, Excel, Word, etc.)

#### **3.3.3. Instrumentos y técnicas**

La presente investigación fue de tipo descriptiva, pues no existe intervención del investigador; es decir, se registró los datos en campo que reflejarán la evolución natural de los eventos.

La técnica utilizada es la observación directa porque los datos son recogidos de una fuente primaria (medición directa en campo) y los instrumentos usados fueron

fichas de reporte adaptadas de la PUCP, levantamiento arquitectónico, planos y revisión de investigaciones similares.

### 3.4. Metodología

La presente investigación es de tipo inductiva ya que se ha realizado un análisis selectivo y concreto de las edificaciones de tapial partiendo de lo particular hacia lo general mediante el análisis y observación de las estructuras que lo conforman, a su vez se aplicó la metodología basada en el cálculo de riesgo sísmico de edificaciones autosustentables en la costa peruana (Mosqueira y Tarque, 2005) mediante fichas de reporte adaptadas y aplicadas a edificaciones de tapial. (Fichas De Reporte de Adobe – PUCP 2004) .

TABLA 3. **Tipificación de la investigación**

<b>CRITERIO</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>
Objetivos Generales	Descriptiva
Control en el Diseño de la Prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.5. Diseño de la investigación

Esta investigación presenta un diseño no experimental descriptivo, pues analiza y evalúa las variables y características que presentan las edificaciones en estudio, está fundamentada en la ecuación propuesta por (Kuroiwa 2002) la cual relaciona el riesgo sísmico, peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica de una edificación, a partir de esto es que sugiere el cálculo numérico de la vulnerabilidad sísmica con su respectiva calificación de buena, regular o mala, a través de dos factores; vulnerabilidad estructural y vulnerabilidad no estructural, las cuales han sido aplicadas y fundamentadas en investigaciones de la Pontificia Universidad Católica del Perú mediante fichas de reporte elaboradas en Excel para edificaciones de albañilería confinada (Mosqueira y Tarque 2005) y edificaciones de adobe (Diaz 2015).

Las fichas de reporte presentarán dos etapas:

En la primera etapa de las fichas tenemos los antecedentes, donde se especifica y describe la ubicación, características y rasgos generales el estado actual de la edificación, esta parte ayuda a mostrar de forma concisa la edificación que se va a analizar. (Gómez 2018)

Seguido a esto se presentan los aspectos técnicos, tales como los elementos de las edificaciones, describiendo los tipos de materiales y las medidas de los elementos estructurales de la edificación. Especificando en lo posible características de los materiales y describiendo las probables deficiencias observados en los elementos estructurales. (Gómez 2018)

Luego se presenta la deficiencia de la estructura donde se han agrupado los problemas que pueden tener las edificaciones. Estos problemas están referidos a la ubicación de las edificaciones en estudio, a los problemas constructivos y estructurales, y a la calidad de mano de obra que tuvo la construcción. Seguido de esto se muestran los peligros naturales potenciales a los que las edificaciones, dependiendo de su ubicación, pueden estar sometidos. (Gómez 2018)

Finalmente en la parte de comentarios y observaciones podemos explicar con mayor detalle como las edificaciones pueden estar expuestas a peligros naturales, así mismo describir alguna característica importante que no se considere en otros ítems.

En la segunda etapa de las fichas de reporte se realizan los cálculos necesarios para analizar y determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, los mismos que se detallarán en los siguientes párrafos. (Gómez 2018)

Como se mencionó en los párrafos anteriores la vulnerabilidad sísmica está en función de la vulnerabilidad estructural y a la vulnerabilidad no estructural, además partiendo del concepto que los muros son los elementos más importantes en la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de tierra. (Norma E.080 2017), es que la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de tapial estará en función de dos parámetros: Verificación de la densidad de muros de las edificaciones (realizando una verificación adicional de esfuerzos a corte de cada muro por planta) y en función del estado actual de las edificaciones, por último tenemos que la vulnerabilidad no estructural estará en

función a un solo parámetro el cual será el análisis de la estabilidad de muros al volteo, los cuales serán presentados en las fichas de reporte. (Gómez 2018)

Para la verificación de la densidad de los muros de tapial y así determinar si la edificación tiene una adecuada densidad de muros, se establecerá la comparación entre el área existente y el área requerida de muros. Cabe resaltar que a diferencia de los muros de albañilería, en muros de tapial no existe limitación de longitud de muros ya que estos trabajan independientemente, puesto que estas construcciones no cuentan con diafragmas horizontales rígidos a nivel de los techos y no habrá una transferencia de fuerza sísmica del diafragma hacia el muro. (Norma E.080 2017)

Para el cálculo del área requerida en los muros de tapial se utilizará la siguiente ecuación (Fichas De Reporte de Adobe - PUCP 2004).

$$A_r = \frac{S.C.W.N.A_t}{v'.m} \quad (1)$$

Donde:

$A_r$ : Área Requerida

$S$ : Factor de suelo

$C$ : Coeficiente sísmico

$w$ : Peso promedio por Área

$N$ : Número de pisos

$A_t$ : Área total Techada (m<sup>2</sup>)

$v'm$ : Esfuerzo a corte

Dicha ecuación está basada en las Fuerzas sísmicas horizontales (cortante sísmico) según lo estipulado en la Norma E.080 2017.

$$H=S.U.C.P \quad (2)$$

Donde:

H: Fuerza Sísmica horizontal

S: Factor de suelo

U: Factor de Uso

C: Coeficiente Sísmico

P: Peso de la edificación Número de pisos

De acuerdo a la Norma E.080 (2017) los tipos de suelo y su respectivo factor se obtendrán según la siguiente tabla:

**TABLA 4. Factor de suelo (S)**

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor S</b>
<b>I</b>	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 3.06 kg.f/ cm <sup>2</sup> o 0.3Mpa	1.0
<b>II</b>	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible >1.02 1 kg.f/ cm <sup>2</sup> o 0.1Mpa	1.4

**Fuente:** Norma E. 080, 2017.

Los valores de Factor de Uso y densidad de muros según el tipo de edificación lo encontramos en la siguiente tabla referenciada de la Norma E.080 2017.

**TABLA 5. Factor de Uso (U) y densidad según tipo de edificación**

Tipo de Edificación	Factor de Uso	Densidad
NT A.030 Hospedaje	1.4	15%
NT A.040 Educación		
NT A.050 Salud		
NT A.090 Servicios comunales		
NT A.100 Recreación y deportes		
NT A.110 Transporte y Comunicaciones		
NT A.060 Industria	1.2	12%
NT A.070 Comercio		
NT A.080 Oficinas		
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1.0	8%

**Fuente:** Norma E. 080, 2017.

El coeficiente sísmico C según la ubicación donde se desarrolla la investigación, se seleccionan los valores para cada caso según Norma E.080 2017.

**TABLA 6. Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada.**

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico C
4	0.25
3	0.20
2	0.15
1	0.10

**Fuente:** Norma E. 080 2017.

En general, en edificaciones de adobe o tapial, los muros del primer nivel continúan en el segundo nivel, sin embargo en estas edificaciones no sucede lo mismo, por lo que el área de cada piso será diferente y se realizará el análisis por cada nivel.

Luego, realizando la comparación entre ambos parámetros “Ae” y “Ar” tendremos:

**TABLA 7. Verificación de la densidad de muros**

<b>Relación</b>	<b>Resultado</b>
$\frac{Ae}{Ar} < 0.6$	Edificación con la densidad de muros inadecuada.
$\frac{Ae}{Ar} > 1.0$	Edificación con la densidad de muros adecuada.
$0.6 \leq \frac{Ae}{Ar} \leq 1.0$	Es indispensable realizar una verificación de algunos muros a corte.

**Fuente:** Adaptado de Fichas de Reporte De Adobe – PUCP 2004.

Donde:

Ae: Área existente

Ar: Área Requerida

Para realizar la verificación adicional de los muros a corte se realizará una comparación entre estos y los esfuerzos admisibles, que según indica la norma tiene un valor promedio de 25 kPa (Norma E.080 2017), esta comparación nos indicará si el muro es adecuado o inadecuado según sea el caso, para ello utilizaremos la siguiente expresión. (Fichas De Reporte de Adobe - Pucp 2004).

$$Esc = \frac{S.C.W.A_t}{e.L} \quad (3)$$

Donde:

Esc: Esfuerzos admisibles a corte

S: Factor de suelo

C: Coeficiente sísmico

w: Peso promedio por Área

N: Número de pisos

At: Área total Techada (m<sup>2</sup>)

e : Espesor del muro

L : longitud de Muro

El estado actual de la edificación tendrá las calificaciones de buena, regular, o mala calidad según la evaluación y diagnóstico de las vigas, entrepiso, cobertura, fisuras o grietas en los muros y demás estructuras de la edificación, las cuales serán presentadas en la primera parte de las fichas de reporte.

La evaluación de estabilidad de muros al volteo se realizará haciendo una comparación entre el momento resistente  $M_r$  y el momento actuante  $M_a$  que soportan los tabiques, parapetos y cercos, debido a cargas perpendiculares a sus planos, en este caso se utilizará la siguiente expresión.

$$M_a = 0,8.Z.C1.m.P.a^2 \quad (4)$$

Donde

$M_a$  = Momento Actuante

P: Peso de muro

Los valores de Z corresponden a los indicados en la tabla 6

Los valores de C1 según la norma actual de diseño sismoresistente E.0.30 son:

**TABLA 8. Valores C1 para elementos no estructurales**

<b>Elemento no Estructural</b>	<b>Valor</b>
Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación en la cual la dirección de la fuerza es perpendicular a su plano. (PARAPETOS)	C1 = 3
Muros dentro de una edificación (dirección de la fuerza perpendicular a su plano). (TABIQUES)	C1 = 2
CERCOS	C1 = 0.6

**Fuente:** Norma E. 030 Diseño sismorresistente 2019.

El cálculo de la dimensión crítica “a” de acuerdo al número de bordes arriostrados de un determinado muro presentados en la siguiente tabla:

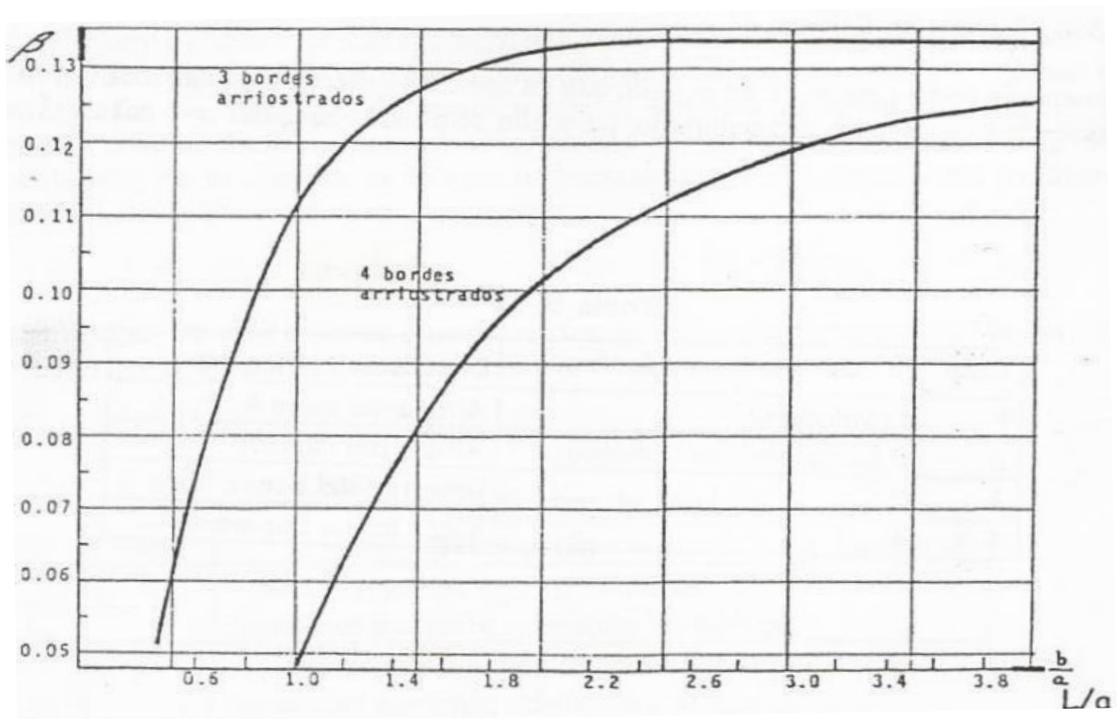
TABLA 9. Dimensión Crítica

Caso	Nº de bordes arriostrados	Dimensión Crítica: a (L: longitud de muro, h: altura de muro)
1	1 (voladizo)	$a = h$
2	2 (simplemente apoyado)	$a = h$
3	3	$a = h$ o $L$ (La que presente el borde libre)
4	4	$a = h$ o $L$ (La que presente la menor longitud)

Fuente: Tejada 2001.

m: Coeficiente según diferentes condiciones de borde, se estima empleando un gráfico preparado por Timoshenko y Woinowsky – kriegler, según el número de bordes arriostrados del muro que para el caso 1:  $m=0.5$  (voladizo), para el caso 2:  $m=0.125$  (simplemente apoyado) y para los casos 3 y 4 el valor de m se obtiene calculando previamente el valor de  $L/a$ , con el cual se ingresa al gráfico hasta alcanzar la curva correspondiente y determinar el valor buscado de m. (Tejada, 2001), cabe resaltar que estos valores han sido ajustados a funciones logarítmicas ( $y=a.\ln(x+b)+c$ ), según la gráfica original de Timoshenko. (Fichas de Reporte de Adobe - Pucp 2004).

**FIGURA 21. Relación  $L/a$  según el número de bordes arriostrados por Timoshenko y Woinowsky**



Fuente: Tomado de Tejada, 2001.

Una vez calculado el momento actuante, procedemos con el cálculo del momento resistente del muro ( $M_r$ ) con la siguiente expresión:

$$M_r = 6,667 \cdot t^2 \quad (5)$$

Donde:

$M_r$ : Momento resistente

$t$ : espesor de muro (m)

Luego comparamos los valores obtenidos en las ecuaciones 4 y 5, concluyendo lo siguiente:

Si  $M_a \leq M_r$ , Muro es estable.

Si  $M_a > M_r$ , Muro es inestable.

Finalmente para el análisis de la vulnerabilidad sísmica se contará con las calificaciones de alta, media o baja, las cuales serán definidas según la densidad de muros, el estado actual de la edificación y la verificación de muros al volteo con los porcentajes de incidencia de la siguiente tabla.

TABLA 10. **Parámetros para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica.**

<b>Vulnerabilidad Sísmica</b>					
<b>Vulnerabilidad Estructural</b>				<b>Vulnerabilidad No estructural</b>	
<b>Densidad de muros de tapial (60%)</b>		<b>Estado actual de la institución de tapial analizada (30%)</b>		<b>Verificación de muros al volteo (10%)</b>	
Adecuada	<b>1</b>	Buena Calidad	<b>1</b>	Todos Estables	<b>1</b>
Aceptable	<b>2</b>	Regular Calidad	<b>2</b>	Algunos Estables	<b>2</b>
Inadecuada	<b>3</b>	Mala Calidad	<b>3</b>	Todos Inestables	<b>3</b>

**Fuente:**“Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana” Lima 2005.

Es decir, la ecuación general para el cálculo y calificación de la vulnerabilidad sísmica es:

$$\text{Vulnerabilidad Sísmica} = (0,6 \times \text{Densidad de muros}) + (0,3 \times \text{Estado actual de la edificación}) + (0,1 \times \text{Verificación de muros al volteo}) \quad \mathbf{(6)}$$

A continuación se presentan las diferentes combinaciones posibles de los parámetros que califican la vulnerabilidad sísmica de la edificación de tapial.

TABLA 11. Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

VULNERABILIDAD SÍSMICA	Estructural						No estructural			Valor numérico
	Comportamiento sísmico de los muros de adobe (60%)			Estado actual de la edificación de adobe			Verificación de muros al volteo			
	Adecuada	Aceptable	inadecuada	Buena	Regular	Mala	Estables	Algunos estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1.0
	X			X				X		1.1
	X			X					X	1.2
	X				X		X			1.3
	X				X			X		1.4
MEDIA	X				X				X	1.5
	X					X	X			1.6
	X					X		X		1.7
	X					X			X	1.8
		X		X			X			1.6
		X		X				X		1.7
		X		X					X	1.8
		X			X		X			1.9
		X			X			X		2.0
		X			X				X	2.1
	ALTA		X				X	X		
		X				X		X		2.3
		X				X			X	2.4
			X	X			X			2.2
			X	X				X		2.3
			X	X					X	2.4
			X		X		X			2.5
			X		X			X		2.6
			X		X				X	2.7
			X			X	X			2.8
			X			X		X		2.9
			X			X			X	3.0

Fuente: "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

TABLA 12. **Tabla de resumen de rangos**

<b>Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica</b>	<b>Rango de valores</b>		
<b>Baja</b>	1	a	1.4
<b>Media</b>	1.5	a	2.1
<b>Alta</b>	2.2	a	3

**Fuente:**“Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana” Lima 2005.

Por lo tanto los valores asignados a cada parámetro de la tabla 10, se reemplazan en la ecuación 6, dicho valor se ubica dentro de la tabla de resumen de rangos (tabla 12) Para así dar la calificación de Vulnerabilidad Baja, Media o Alta según corresponda.

### **3.6. Procedimiento**

#### **3.6.1. Obtención y Recolección de Información de las Edificaciones**

Se realizaron diferentes visitas a las Instituciones educativas públicas San Isidro y Nuestra Señora de Fátima, estas se realizaron con el permiso de las autoridades a cargo, los cuales se mostraron siempre comprometidos con el trabajo de esta tesis otorgando las facilidades necesarias para el desarrollo de esta investigación.

Una vez que se contó con los permisos en ambas instituciones se procedió a realizar un reconocimiento general a fin de familiarizarse con la distribución y plantear el mejor camino para el desarrollo de los levantamientos de las edificaciones en estudio.

**FIGURA 22. Reconocimiento de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Reconocimiento general y evaluación del estado de conservación de infraestructura de la I.E.P “San Isidro”.

**FIGURA 23. Reconocimiento de la I.E.P.”Nuestra Señora de Fátima”.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Reconocimiento general y evaluación del estado de conservación de infraestructura de la I.E.P “Nuestra Señora de Fátima”.

Luego se realizaron los levantamientos con wincha de las instituciones educativas de tapial determinando así la geometría de los elementos de la edificación mediante la elaboración de los planos realizados en el programa AutoCad, cabe resaltar que el procedimiento fue el mismo para ambas edificaciones.

**FIGURA 24. Levantamiento con wincha de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Tomando longitudes, alturas y espesores de muros, medidas de los vanos, longitudes de coberturas de la I.E.P. “San Isidro”.

**FIGURA 25.** Levantamiento con wincha de la I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima".



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Tomando longitudes, alturas y espesores de muros, medidas de los vanos, longitudes de coberturas de la I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima".

### **3.6.2. Evaluación de las estructuras de las edificaciones**

#### **3.6.2.1. Evaluación de las Edificaciones**

La evaluación del estado actual se realiza de manera visual donde se hace un diagnóstico de toda la edificación de tapial verificando el estado de las estructuras. Se ubican las fallas más comunes, verificando si los elementos estructurales han sido afectados por factores de humedad, tiempo o uso de la edificación.

Verificamos además si los trabajos de mantenimiento y/o remodelación realizados en la edificación aumentan su vulnerabilidad o afectan su comportamiento estructural, como el uso de materiales incompatibles en los muros.

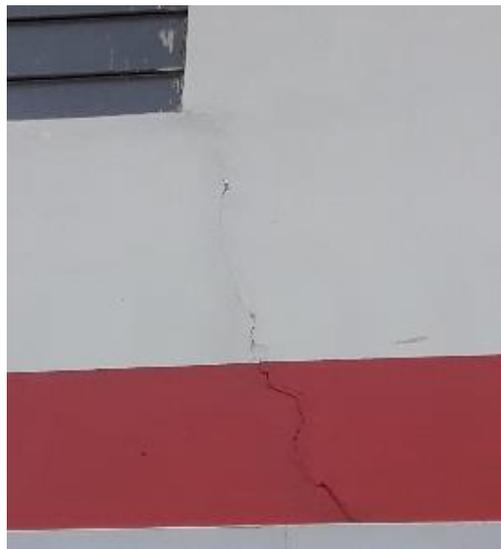
**FIGURA 26. Grietas a lo largo de la fachada de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observan grietas de estas características a lo largo de toda la fachada de la I.E.P. “San Isidro”, dichas grietas nacen en las esquinas de las ventanas, lo cual corresponde a fallas por corte.

**FIGURA 27. DETALLE de grieta en fachada de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observan grietas de estas características a lo largo de toda la fachada de la I.E.P. “San Isidro”, dichas grietas nacen en las esquinas de las ventanas, lo cual corresponde a fallas por corte.

**FIGURA 28. Incompatibilidad de materiales en muros de tapial de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa asentado de muro de ladrillo sobre muro de tapial en la I.E.P. “San Isidro”, lo cual es un grave error ya que estos dos materiales no tienen adherencia.

**FIGURA 29. Separación por incompatibilidad de materiales en muros de tapial de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa separación de materiales entre piso de concreto y muro de tapial en la I.E.P. “San Isidro”. Ya que el concreto no tiene adherencia con la tierra.

**FIGURA 30. Presencia de humedad en cielo raso y grieta en unión de muros de tapial de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto de la mala colocación de teja artesanal en cobertura de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”; además, podemos observar que existe una separación de muros de tapial en la unión de la esquina superior, este tipo de grietas es típico de una falla por tracción.

**FIGURA 31. DETALLE de presencia de humedad en techo y grieta en unión de muros de tapial de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto de la mala colocación de teja artesanal en cobertura de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”; además, podemos observar que existe una separación de muros de tapial en la unión de la esquina superior, este tipo de grietas es típico de una falla por tracción.

**FIGURA 32. Presencia de humedad en cielo raso de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto de la mala colocación de teja artesanal en cobertura de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.

**FIGURA 33. Detalle de presencia de humedad en techo de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto de la mala colocación de teja artesanal en cobertura de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.

**FIGURA 34. Muro de ladrillo sobre muro de tapial en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa asentado de muro de ladrillo sobre muro de tapial en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”, lo cual es un grave error ya que estos dos materiales no tienen adherencia.

### **3.6.3. Análisis de la información**

#### **3.6.3.1. Áreas tributarias**

Las áreas tributarias se calculan con la ayuda de los planos elaborados en AutoCad de cada edificación de tapial, los valores de las áreas tributarias de la Institución “San Isidro” se muestran en tabla 13 y 14 y las áreas tributarias de la Institución “Nuestra Señora de Fátima” se muestran en las tablas 15 y 16.

#### **3.6.3.2. Análisis Sísmico**

A partir de esto procedemos a realizar el análisis sísmico según la metodología explicada en el acápite 3.5. Los datos de estos análisis se muestran en el acápite 3.7.2

Todas las áreas tributarias de las edificaciones se muestran en el acápite 3.7.1.

### 3.7. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

#### 3.7.1. Áreas tributarias

A continuación se presenta en las tablas las áreas tributarias correspondientes a cada Nivel según la institución educativa que corresponda.

TABLA 13. Áreas tributarias del primer nivel – San Isidro.

I.E.P. "San Isidro"			
Primer Nivel			
Sentido X		Sentido Y	
Código de muro	Áreas tributarias	Código de muro	Áreas tributarias
M1X	7.43	M1Y	11.65
M2X	14.86	M2Y	11.65
M3X	14.86	M3Y	7.97
M4X	12.96	M4Y	7.97
M5X	21.77	M5Y	12.33
M6X	16.24	M6Y	12.33
M7X	3.10	M7Y	1.82
M8X	3.10	M8Y	1.82
M9X	13.93	M9Y	7.84
M10X	13.93	M10Y	12.49
M11X	3.24	M11Y	9.49
M12X	11.44	M12Y	12.04
M13X	11.44	M13Y	12.04
M14X	11.88	M14Y	9.68
M15X	11.88	M15Y	10.27
M16X	7.70	M16Y	18.82
M17X	15.40	M17Y	13.39
M18X	15.40	M18Y	15.42
M19X	7.70	M19Y	15.42
M20X	1.63	M20Y	11.36
		M21Y	11.36

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 14. **Áreas tributarias del Segundo Nivel - San Isidro.**

<b>I.E.P. "San Isidro"</b>			
<b>Segundo Nivel</b>			
<b>Sentido X</b>		<b>Sentido Y</b>	
Código de muro	Áreas tributarias	Código de muro	Áreas tributarias
M21X	16.24	M22Y	1.82
M22X	16.24	M23Y	1.82
M23X	22.77	M24Y	7.84
M24X	22.77	M25Y	12.68
M25X	3.27	M26Y	12.04
M26X	11.44	M27Y	12.04
M27X	11.44	M28Y	13.04
M28X	11.88	M29Y	14.04
M29X	11.88	M30Y	15.04
M30X	1.63	M31Y	16.04
M31X	1.63		
M32X	7.70		
M33X	7.70		
M34X	5.53		

**Fuente:** Elaboración propia.

TABLA 15. **Áreas tributarias del primer nivel – I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima".**

<b>I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima"</b>			
<b>Primer Nivel</b>			
<b>Sentido X</b>		<b>Sentido Y</b>	
Código de muro	Áreas tributarias(m2)	Código de muro	Áreas tributarias(m2)
M1X	11.60	M1Y	3.80
M2X	11.60	M2Y	7.55
M3X	2.98	M3Y	8.94
M4X	2.98	M4Y	8.99
M5X	9.26	M5Y	3.80
M6X	9.26		

**Fuente:** Elaboración propia .

TABLA 16. **Áreas tributarias del segundo nivel - I.E.P “Nuestra Señora de Fátima”.**

<b>I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”</b>			
<b>Segundo Nivel</b>			
<b>Sentido X</b>		<b>Sentido Y</b>	
<b>Código de muro</b>	<b>Áreas tributarias(m2)</b>	<b>Código de muro</b>	<b>Áreas tributarias(m2)</b>
M7X	19.21	M6Y	3.80
M8X	19.21	M7Y	7.60
M9X	14.02	M8Y	3.80
M10X	14.02		

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.7.2. Análisis Sísmico**

Se realizó utilizando las ecuaciones mencionadas en el diseño de la investigación (acápites 3.5), las cuales han sido adaptadas y aplicadas mediante fichas de reporte.

A continuación se presenta los resultados de la primera etapa el cual indica y muestra algunas de las características de la edificación, la presentación de esta primera etapa está adaptado a la edificación San Isidro y Nuestra señora de Fátima según el formato de (Fichas De Reporte De Adobe - Pucp 2004).

Estas características se han obtenido luego de realizar un análisis a las edificaciones en estudio, las imágenes correspondientes al diagnóstico de las edificaciones de estudio las podemos encontrar en el anexo I.

## Ficha de reporte I.E.P. 82391 "San Isidro"(ex 85)

### Estudio de vulnerabilidad de edificaciones de tapial – Celendín-Cajamarca Ficha de reporte

		Tipo de sistema estructural	Tapial		
<b>ANTECEDENTES</b>					
Departamento:	Cajamarca	Provincia:	Celendín		
Distrito:	Celendín	Dirección:	Jr. Grau cuadra N°01		
Dirección técnica en el diseño	Autoconstrucción				
Pisos construidos	2	Pisos proyectados	1	Antigüedad:	52 años
Peligros naturales potenciales que afectan la vivienda:					
Lluvias intensas en algunas épocas del año.					
Topografía y geotecnia:	Topografía con pendiente baja y presenta un suelo de tipo rocoso con arenisca.				
Estado de la vivienda:	El estado de la vivienda es regular, cabe mencionar que la construcción se llevó en 2 etapas: Primera etapa(año 1970) se construyó el primer piso de los tres pabellones existentes y en la segunda etapa(año 1995) se construyó el segundo piso de uno de los pabellones.				
<b>ASPECTOS TÉCNICOS</b>					
Elementos de la vivienda:		segundo piso de uno de los pabellones.			
Elementos	Características				
Cimiento	Piedra de 6"-8", 0.50m de ancho y 0.60m de profundidad.				
Sobrecimientos	No tiene.				
Muros	Tapial de 0.50m de ancho, las alturas totales de muros varían desde los 4 hasta los 6.40m.				
Contrafuertes	No tiene.				
Techo	Techo de calamina con tijerales de 2"x2".				
Columnas	No tiene.				
Vigas	Vigas de madera rolliza de 5".				
Otros	Pequeñas muestras de humedad en techo, y varias fisuras a lo largo de la fachada.				
Deficiencias de la estructura					
<b>PROBLEMAS DE UBICACIÓN</b>			<b>PROBLEMAS ESTRUCTURALES</b>		
<input type="checkbox"/>	Vivienda sobre suelo no consolidado		<input checked="" type="checkbox"/>	Muros sin viga solera de madera o concreto	
<input type="checkbox"/>	Vivienda con asentamiento		<input checked="" type="checkbox"/>	Muros sin confinar resistentes a sismo	
<input type="checkbox"/>	Vivienda en pendiente		<input type="checkbox"/>	Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados	
<input checked="" type="checkbox"/>	Otros:		<input type="checkbox"/>	Dinteles con reducida longitud de apoyo	
Edificación en baja pendiente			<input type="checkbox"/>	Tabiquería no arriestrada	
<b>PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS</b>			<input type="checkbox"/>	Torsión en planta	
<input type="checkbox"/>	Muros expuestos a lluvia		<input checked="" type="checkbox"/>	Vivienda sin junta sísmica	
<input type="checkbox"/>	Juntas de construcción mal ubicadas		<input type="checkbox"/>	Otros:	
<input checked="" type="checkbox"/>	Combinación del ladrillo con adobe o tapial en muros				
<input checked="" type="checkbox"/>	Unión muro techo no monolítica				
<input type="checkbox"/>	Muros inadecuados para soportar empuje lateral		<input type="checkbox"/>	Buena	
<input type="checkbox"/>	Unidades de tapial de baja calidad		<input checked="" type="checkbox"/>	Regular	
<input type="checkbox"/>	Otros		<input type="checkbox"/>	Mala	
<b>MANO DE OBRA</b>					
OTROS					
<b>PELIGROS NATURALES POTENCIALES</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	Sismos		<input checked="" type="checkbox"/>	Lluvia	
<input type="checkbox"/>	Deslizamiento		<input type="checkbox"/>	Inundación	
			<input type="checkbox"/>	Otros	

<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS</b>					
<p>La edificación presenta grietas a los largo de la fachada que se prolongan a partir de las esquinas de los vanos del segundo nivel, ello es producto de fallas por corte, además se puede observar en los ambientes separaciones por incompatibilidad de materiales entre piso-pared (concreto - tapial respectivamente), muros(ladrillo – tapial) , humedecimiento y fisuras en el cielo raso producto de la falta de mantenimiento de la cobertura de calamina y a las constantes lluvias en la región, sin embargo se aprecia que se realizan trabajos de mantenimiento de forma constante, a razón de lo cual podemos decir que la I.E.P. “San Isidro” presenta un <b>REGULAR estado de conservación</b>.</p>					

**Fuente:** Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe – Pucp 2004.

## Ficha de reporte I.E.P. 82392 "Nuestra Señora de Fátima"(ex 89)

### Estudio de vulnerabilidad de edificaciones de tapial – Celendín-Cajamarca Ficha de reporte

		Tipo de sistema estructural	Tapial		
<b>ANTECEDENTES</b>					
Departamento:	Cajamarca		Provincia:	Celendín	
Distrito:	Celendín		Dirección:	Jr. Grau Ayacucho cuadra N°05	
Dirección técnica en el diseño	Autoconstrucción				
Pisos construidos	2	Pisos proyectados	2	Antigüedad:	117 años
Peligros naturales potenciales que afectan la vivienda:					
Lluvias intensas en algunas épocas del año.					
Topografía y geotecnia:	Topografía con pendiente muy baja y presenta un suelo de tipo arcilloso.				
Estado de la vivienda:	Regular				
<b>ASPECTOS TÉCNICOS</b>					
Elementos de la vivienda:					
Elementos	Características				
Cimiento	Piedra de 6"-8", anchos de 0.45, 0.55 y 0.65m y 0.60m de profundidad.				
Sobrecimientos	No tiene.				
Muros	Tapial anchos de 0.45, 0.55 y 0.65m, la altura total es de 7.10m				
Contrafuertes	No tiene.				
Techo	Techo de calamina con tijerales de 3"x3".				
Columnas	No tiene.				
Vigas	Vigas rectangulares de 6"x6"				
Otros	Pequeñas muestras de humedad en techo, y algunas vigas de madera en malas condiciones				
Deficiencias de la estructura					
<b>PROBLEMAS DE UBICACIÓN</b>			<b>PROBLEMAS ESTRUCTURALES</b>		
<input type="checkbox"/>	Vivienda sobre suelo no consolidado		<input type="checkbox"/>	Muros sin viga solera de madera o concreto	
<input type="checkbox"/>	Vivienda con asentamiento		<input checked="" type="checkbox"/>	Muros sin confinar resistentes a sismo	
<input type="checkbox"/>	Vivienda en pendiente		<input type="checkbox"/>	Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados	
<input type="checkbox"/>	Otros:		<input type="checkbox"/>	Dinteles con reducida longitud de apoyo	
<b>PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS</b>			<input type="checkbox"/>	Tabiquería no arriostrada	
<input type="checkbox"/>	Muros expuestos a lluvia		<input type="checkbox"/>	Torsión en planta	
<input type="checkbox"/>	Juntas de construcción mal ubicadas		<input checked="" type="checkbox"/>	Vivienda sin junta sísmica	
<input checked="" type="checkbox"/>	Combinación del ladrillo con adobe o tapial en muros		<input type="checkbox"/>	Otros:	
<input checked="" type="checkbox"/>	Unión muro techo no monolítica		<b>MANO DE OBRA</b>		
<input type="checkbox"/>	Muros inadecuados para soportar empuje lateral		<input type="checkbox"/>	Buena	<input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala
<input type="checkbox"/>	Unidades de tapial de baja calidad		OTROS		
<input type="checkbox"/>	Otros				
<b>PELIGROS NATURALES POTENCIALES</b>					
<input checked="" type="checkbox"/>	Sismos	<input checked="" type="checkbox"/>	Lluvia	<input type="checkbox"/>	Otros
<input type="checkbox"/>	Deslizamiento	<input type="checkbox"/>	Inundación		

<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS</b>					
------------------------------------	--	--	--	--	--

La edificación presenta humedecimiento en ciertas zonas del techo se debe a la mala colocación de la cobertura, en este caso teja artesanal; así como, a las constantes lluvias en la región, además podemos observar incompatibilidad de materiales en uno de los muros en el eje "Y" (tapial - ladrillo), además de la separación en la unión de 2 muros en el segundo nivel lo cual es producto de una falla por tracción; sin embargo se aprecia un mantenimiento constante de la infraestructura de la edificación por lo cual pese a su antigüedad podemos afirmar entonces que la I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima" presenta un **REGULAR estado de conservación**.

**Fuente:** Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe – Pucp 2004.

### **3.7.3. Densidad de muros**

A continuación se presenta un cuadro con los resultados de la aplicación a la I.E.P. "San Isidro" correspondiente a la densidad de muros.

TABLA 17. Análisis por densidad de muros (H=SUCP) – I.E.P. San Isidro.

Nº de Pisos=	2	S=	1.4	C=	0.15			
Peso prom.x m <sup>2</sup> =			16	kN/m <sup>2</sup>	v'm=	25	kPa	
Área en planta Ap m <sup>2</sup>	Peso prom. por área kN/m <sup>2</sup>	Cort. Basal		Área de muros		Relación	Resultado	Según Norma E.080 2017
		H=SUCP	Existente Ae	Requerida Ar	Ae / Ar	Adim.		
Primer Nivel								
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")								
577.25	16	3879.1	70.03	155.2	<b>0.45</b>	<b>Inadecuada</b>	<b>12.13</b>	<b>No cumple</b>
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")								
577.25	16	3879.1	69.75	155.2	<b>0.45</b>	<b>Inadecuada</b>	<b>12.08</b>	<b>No cumple</b>
Segundo Nivel								
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")								
457.37	16	3073.5	55.33	122.9	<b>0.45</b>	<b>Inadecuada</b>	<b>12.10</b>	<b>No cumple</b>
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")								
457.37	16	3073.5	29.2	122.9	<b>0.24</b>	<b>Inadecuada</b>	<b>6.38</b>	<b>No cumple</b>

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

El valor de la densidad mínima para la edificación corresponde a edificaciones de uso Educativo, dispuesta en la Tabla 2 de La norma E.080 2017 Diseño y Construcción con tierra reforzada.

Así mismo se presenta un cuadro con los resultados de la aplicación a la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.

TABLA 18. Análisis por densidad de muros (H=SUCP) - I.E.P. Nuestra Señora de Fátima.

Nº de Pisos=	2	S=	1.4	C=	0.15				
Peso prom.x m <sup>2</sup> =		16	kN/m <sup>2</sup>	v'm=	25	kPa			
Área en planta Ap	Peso prom. Por área	Cort. Basal	Área de muros		Relación	Resultado	Según Norma E.080 2017		
		H=SUCP	Existente Ae	Requerida Ar	Ae / Ar				
m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Adim.				
<b>Primer Nivel</b>									
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")									
116.42	16	782.3	26.50	31.29	<b>0.85</b>	<b>Verif. muros</b>	<b>22.76</b>	<b>Cumple</b>	
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")									
116.42	16	782.3	9.17	31.29	<b>0.29</b>	<b>Inadecuada</b>	<b>7.88</b>	<b>No cumple</b>	
<b>Segundo Nivel</b>									
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")									
160.08	16	1075.7	26.50	43.03	<b>0.62</b>	<b>Verif. muros</b>	<b>16.55</b>	<b>Cumple</b>	
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")									
160.08	16	1075.7	5.66	43.03	<b>0.13</b>	<b>Inadecuada</b>	<b>3.54</b>	<b>No cumple</b>	

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

### 3.7.4. Verificación de muros a corte

Siguiendo con la metodología planteada, se presenta el cuadro con los resultados de la verificación a esfuerzos cortantes de cada edificación.

TABLA 19. Verificación de Muros portantes por corte I.E.P. San Isidro - Primer Nivel.

Identificación de muro	Parámetros de Verificación				Esfuerzo Sísmico a Corte kPa	Esfuerzo Admisible vadm=25 kPa
	e m	L m	A trib. m <sup>2</sup>	Peso kN		
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")						
M1X	0.50	6.45	7.43	237.76	15.5	<b>OK</b>
M2X	0.50	6.45	14.86	475.52	31.0	<b>Inadecuado</b>
M3X	0.50	6.45	14.86	475.52	31.0	<b>Inadecuado</b>
M4X	0.50	6.45	12.96	414.72	27.0	<b>Inadecuado</b>
M5X	0.50	9.60	21.77	696.64	30.5	<b>Inadecuado</b>
M6X	0.50	9.60	16.24	519.68	22.7	<b>OK</b>
M7X	0.50	4.02	3.10	99.20	10.4	<b>OK</b>
M8X	0.50	4.02	3.10	99.20	10.4	<b>OK</b>
M9X	0.50	9.03	13.93	445.76	20.7	<b>OK</b>
M10X	0.50	9.03	13.93	445.76	20.7	<b>OK</b>
M11X	0.50	3.60	3.24	103.68	12.1	<b>OK</b>
M12X	0.50	7.90	11.44	366.08	19.5	<b>OK</b>
M13X	0.50	7.90	11.44	366.08	19.5	<b>OK</b>
M14X	0.50	8.60	11.88	380.16	18.6	<b>OK</b>
M15X	0.50	8.60	11.88	380.16	18.6	<b>OK</b>
M16X	0.50	6.55	7.70	246.40	15.8	<b>OK</b>
M17X	0.50	6.55	15.40	492.80	31.6	<b>Inadecuado</b>
M18X	0.50	6.55	15.40	492.80	31.6	<b>Inadecuado</b>
M19X	0.50	6.55	7.70	246.40	15.8	<b>OK</b>
M20X	0.50	2.55	1.63	52.16	8.6	<b>OK</b>

Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")						
M1Y	0.50	8.00	11.65	372.80	19.6	<b>OK</b>
M2Y	0.50	8.00	11.65	372.80	19.6	<b>OK</b>
M3Y	0.50	6.15	7.97	255.04	17.4	<b>OK</b>
M4Y	0.50	6.15	7.97	255.04	17.4	<b>OK</b>
M5Y	0.50	7.75	12.33	394.56	21.4	<b>OK</b>
M6Y	0.50	7.75	12.33	394.56	21.4	<b>OK</b>
M7Y	0.50	3.20	1.82	58.24	7.6	<b>OK</b>
M8Y	0.50	3.20	1.82	58.24	7.6	<b>OK</b>
M9Y	0.50	6.10	7.84	250.88	17.3	<b>OK</b>
M10Y	0.50	6.10	12.49	399.68	27.5	<b>Inadecuado</b>
M11Y	0.50	5.40	9.49	303.68	23.6	<b>OK</b>
M12Y	0.50	5.40	12.04	385.28	30.0	<b>Inadecuado</b>
M13Y	0.50	5.40	12.04	385.28	30.0	<b>Inadecuado</b>
M14Y	0.50	5.40	9.68	309.76	24.1	<b>OK</b>
M15Y	0.50	5.40	10.27	328.64	25.6	<b>Inadecuado</b>
M16Y	0.50	8.60	18.82	602.24	29.4	<b>Inadecuado</b>
M17Y	0.50	8.60	13.39	428.48	20.9	<b>OK</b>
M18Y	0.50	8.83	15.42	493.44	23.5	<b>OK</b>
M19Y	0.50	8.83	15.42	493.44	23.5	<b>OK</b>
M20Y	0.50	7.37	11.36	363.52	20.7	<b>OK</b>
M21Y	0.50	7.37	11.36	363.52	20.7	<b>OK</b>

**Fuente:** Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004

TABLA 20. Verificación de Muros portantes por corte I.E.P. San Isidro - Segundo Nivel.

Identificación de muro	Parámetros de Verificación				Esfuerzo Sísmico a Corte kPa	Esfuerzo Admisible vadm=25kPa
	e m	L m	A trib. m <sup>2</sup>	Peso kN		
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")						
M21X	0.50	9.60	16.24	519.68	22.7	OK
M22X	0.50	9.60	16.24	519.68	22.7	OK
M23X	0.50	13.05	22.77	728.64	23.5	OK
M24X	0.50	13.05	22.77	728.64	23.5	OK
M25X	0.50	3.60	3.27	104.64	12.2	OK
M26X	0.50	7.90	11.44	366.08	19.5	OK
M27X	0.50	7.90	11.44	366.08	19.5	OK
M28X	0.50	8.10	11.88	380.16	19.7	OK
M29X	0.50	8.10	11.88	380.16	19.7	OK
M30X	0.50	3.05	1.63	52.16	7.2	OK
M31X	0.50	3.05	1.63	52.16	7.2	OK
M32X	0.50	6.55	7.70	246.40	15.8	OK
M33X	0.50	6.55	7.70	246.40	15.8	OK
M34X	0.50	6.45	5.53	176.96	11.5	OK
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")						
M22Y	0.50	3.20	1.82	58.24	7.6	OK
M23Y	0.50	3.20	1.82	58.24	7.6	OK
M24Y	0.50	6.60	7.84	250.88	16.0	OK
M25Y	0.50	6.60	12.68	405.76	25.8	Inadecuado
M26Y	0.50	5.40	12.04	385.28	30.0	Inadecuado
M27Y	0.50	5.40	12.04	385.28	30.0	Inadecuado
M28Y	0.50	5.40	13.04	417.28	32.5	Inadecuado
M29Y	0.50	5.40	14.04	449.28	34.9	Inadecuado
M30Y	0.50	8.60	15.04	481.28	23.5	OK
M31Y	0.50	8.60	16.04	513.28	25.1	Inadecuado

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp 2004.

TABLA 21. Verificación de Muros portantes por corte I.E.P. Nuestra Señora de Fátima - Primer Nivel

Identificación de muro	Parámetros de Verificación				Esfuerzo Sísmico a Corte kPa	Esfuerzo Admisible vadm=25kPa
	e m	L m	A trib. m <sup>2</sup>	Peso kN		
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")						
M1X	0.65	8.45	11.60	371.20	14.2	OK
M2X	0.65	8.45	11.60	371.20	14.2	OK
M3X	0.65	4.35	2.98	95.36	7.1	OK
M4X	0.65	4.35	2.98	95.36	7.1	OK
M5X	0.65	7.59	9.26	296.32	12.6	OK
M6X	0.65	7.59	9.26	296.32	12.6	OK
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")						
M1Y	0.45	5.20	3.80	121.60	10.9	OK
M2Y	0.45	5.20	7.55	241.60	21.7	OK
M3Y	0.45	5.20	8.94	286.08	25.7	Inadecuado
M4Y	0.45	5.20	8.99	287.68	25.8	Inadecuado
M5Y	0.45	5.20	3.80	121.60	10.9	OK

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe – Pucp 2004.

TABLA 22. Verificación de Muros portantes por corte - I.E.P. Nuestra Señora de Fátima - Segundo Nivel

Identificación de muro	Parámetros de Verificación				Esfuerzo Sísmico a Corte kPa	Esfuerzo Admisible vadm=25kPa
	e m	L m	A trib. m <sup>2</sup>	Peso kN		
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")						
M7X	0.65	12.35	19.21	614.72	16.1	OK
M8X	0.65	12.35	19.21	614.72	16.1	OK
M9X	0.65	10.04	14.02	448.64	14.4	OK
M10X	0.65	10.04	14.02	448.64	14.4	OK
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")						
M6Y	0.45	5.20	3.80	121.60	10.9	OK
M7Y	0.45	5.20	7.60	243.20	21.8	OK
M8Y	0.45	5.20	3.80	121.60	10.9	OK

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

Luego de verificar los muros del eje "x" a corte se determina que la densidad de muros es adecuada en dicho eje.

### **3.7.5. Verificación de muros al volteo**

A continuación se presentan los resultados elaborados en Excel de la verificación de muros al volteo.

-La I.E.P. San Isidro (ex 85), no presenta tabiques, parapetos o cercos de tapial en la mencionada institución por lo que en parte NO ESTRUCTURAL se dará la calificación de "TODOS ESTABLES" para efectos de poder evaluar la vulnerabilidad sísmica.

-La I.E.P. Nuestra Señora de Fátima (ex 89), presenta 4 muros no portantes que por sus características fueron clasificados como "cercos" de tapial y su evaluación es la siguiente:

TABLA 23. Verificación de Muros por volteo – I.E.P. Nuestra Señora de Fátima.

Peso volumétrico del muro=		16	kN/m <sup>3</sup>		Z=	0.25						
Muro	Identific. de muro	a<b			Lados Arriostrados	Factores		Valor	M. Actuante	Mresist	Resultado	
		a	b	t		P	C1	m	0.8ZC1mPa <sup>2</sup>	6,667t <sup>2</sup>	Ma/Mr	
		m	m	m			kN/m <sup>2</sup>	Adim.	Adim.	kN-m/m	kN-m/m	Adim.
<b>Primer Nivel</b>												
<b>Cerco</b>	T11X	3.50	17.70	0.55	3	8.8	0.6	0.133	1.72	2.02	<b>Estable</b>	
<b>Cerco</b>	T9Y	3.70	9.13	0.55	3	8.8	0.6	0.133	1.93	2.02	<b>Estable</b>	
<b>Cerco</b>	T10Y	3.90	6.05	0.55	3	8.8	0.6	0.127	2.04	2.02	<b>Inestable</b>	
<b>Cerco</b>	T11Y	3.50	8.20	0.55	3	8.8	0.6	0.133	1.72	2.02	<b>Estable</b>	

Nota: Los valores de m fueron ajustados a una función  $y=a \cdot \ln(x+b)+c$ , según la gráfica original de Timoshenko y Woinosky-Krieger.

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

### 3.7.6. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones

Con los datos obtenidos, usando la metodología explicada y de acuerdo a las tablas 13 y 14 se determinó la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

TABLA 24. **Calificación de Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica – San Isidro (ex 85).**

Factores influyentes para la vulnerabilidad sísmica			
Vulnerabilidad			
Estructural		No estructural	
Densidad	Estado Actual de las edificaciones	Tabiquería	
Adecuada	Buena calidad	Todos estables	<b>x</b>
Aceptable	Regular calidad	<b>x</b> Algunos estables	
Inadecuada	<b>X</b> Mala calidad	Todos inestables	

**Fuente:** Elaboración propia

De la tabla anterior (Tabla 24), aplicando la ecuación (6) y verificando los rangos en la tabla 11 tenemos que la vulnerabilidad sísmica en la edificación de tapial correspondiente a la I.E.P. San Isidro es **ALTA (Valor numérico 2.5)**.

TABLA 25. **Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica de la edificación de tapial San Isidro – ex 85.**

<b>Calificación Edificación</b>
<b>San Isidro – ex 85</b>
<b>Vulnerabilidad sísmica</b>
<b>ALTA</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

TABLA 26. **Calificación de Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica – I.E.P. Nuestra Señora de Fátima(ex 89).**

Factores influyentes para la vulnerabilidad sísmica		
Vulnerabilidad		
	Estructural	No estructural
Densidad	Estado Actual de las edificaciones	
		Tabiquería
Adecuada	Buena calidad	Todos estables
Aceptable	<b>X</b> Regular calidad	<b>x</b> Algunos estables
Inadecuada	Mala calidad	Todos inestables

**Fuente:** Elaboración propia

De la tabla anterior, aplicando la ecuación (6) y verificando los rangos en la tabla 11 tenemos que la vulnerabilidad sísmica en la edificación de tapial correspondiente a I.E.P. Nuestra Señora de Fátima es **MEDIA (Valor numérico 2.0)**.

Calificación de Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa Nuestra Señora de Fátima – Ex 89.

TABLA 27. **Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica de la edificación de tapial Nuestra Señora de Fátima – ex 89.**

<b>Calificación Edificación</b>
<b>Nuestra Señora de Fátima – ex 89</b>
<b>Vulnerabilidad sísmica</b>
<b>MEDIA</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Densidad de muros

#### 4.1.1. I.E.P “San Isidro”

La institución educativa “San Isidro” presenta una densidad de muros inadecuada en los ejes “X” e “Y” de ambos niveles, siendo la relación área existente sobre área requerida de 0.45 en los ejes “X” e “Y” en el primer nivel y de 0.45 y 0.24 en los ejes “X” e “Y” respectivamente en el segundo nivel, cuyos valores son inferiores a 0.60 según la tabla N°10; además **no cumple** con los requisitos de la **norma E.080** pues no supera el 15% en densidad de muros necesario para este tipo de edificación (educación), teniendo como resultado el 12.13% y 12.08% en los ejes “X” e “Y” respectivamente en el primer nivel y de 12.10% y 6.38% en los ejes “X” e “Y” respectivamente en el segundo nivel, dicho esto confirmamos que la I.E.P “San Isidro” presenta una **DENSIDAD DE MUROS INADECUADA**.

#### 4.1.2. I.E.P “Nuestra Señora de Fátima”

La institución educativa “Nuestra Señora de Fátima” presenta una densidad de muros mayor en el eje “X” (paralelo a la fachada), siendo la relación área existente sobre área requerida de 0.85 en el primer nivel y de 0.62 en el segundo nivel, ambos valores se encuentran entre 0.60 y 1 por lo que según la tabla N°10 se tendría que evaluar previamente el comportamiento de dichos muros al corte para determinar si la densidad es adecuada o no y dado que el 100% de los muros en el eje “X” de ambos niveles son adecuados a corte podemos decir que la I.E.P “Nuestra Señora de Fátima” presenta una **densidad de muros adecuada en el eje “X”**, que además **cumple** con los requisitos de la **norma E.080** pues supera el 15% en densidad de muros necesario para este tipo de edificación (educación), teniendo como resultado el 22.76% en el primer nivel y 16.55% en el segundo nivel.

Sin embargo esta institución presenta una densidad de muros menor en el eje “Y”, siendo la relación área existente sobre área requerida de 0.29 en el primer nivel y de 0.13 en el segundo nivel cuyos valores son inferiores a 0.60 según la tabla N°10; además **no cumple** con los requisitos de la **norma E.080** pues no supera el 15% en densidad de muros necesario para este tipo de edificación (educación), teniendo como resultado el 7.88% en el primer nivel y 3.54% en el segundo nivel, dicho esto la

I.E.P “Nuestra Señora de Fátima” presenta una **densidad de muros inadecuada en el eje “Y”**.

En conclusión como en el eje “X” tenemos una densidad de muros adecuada pero en el eje “Y” la densidad de muros es inadecuada; por lo tanto, afirmamos que la I.E.P “Nuestra Señora de Fátima” tiene una **DENSIDAD DE MUROS ACEPTABLE**.

La siguiente tabla muestra un resumen general de las edificaciones analizadas, muestra la densidad de muros de cada edificación y realiza una comparación con el valor mínimo dispuesto por la (Norma E.080, 2017) “densidad mínima de 15% para edificaciones educativas de tierra”.

TABLA 28. Comparación general de la densidad de Muros.

Edificación de Tapial			Área en planta(m2)	Densidad de muros requerida	Densidad de Muros Existente	Relación Ae/Ar	Comparación	%	Densidad de muros Norma E.080	Comparación
<b>I.E.P. "San Isidro"</b>	Primer Nivel	Eje X	577.25	155.2	70.03	0.45	<b>Inadecuada</b>	12.13%	15%	<b>No cumple</b>
		Eje Y	577.25	155.2	69.75	0.45	<b>Inadecuada</b>	12.08%	15%	<b>No cumple</b>
	Segundo Nivel	Eje X	457.37	122.9	55.33	0.45	<b>Inadecuada</b>	12.10%	15%	<b>No cumple</b>
		Eje Y	457.37	122.9	29.2	0.24	<b>Inadecuada</b>	6.38%	15%	<b>No cumple</b>
<b>I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima"</b>	Primer Nivel	Eje X	116.42	31.29	26.5	0.85	<b>Adecuada</b>	22.76%	15%	<b>Cumple</b>
		Eje Y	116.42	31.29	9.17	0.29	<b>Inadecuada</b>	7.88%	15%	<b>No cumple</b>
	Segundo Nivel	Eje X	160.08	43.03	26.5	0.62	<b>Adecuada</b>	16.55%	15%	<b>Cumple</b>
		Eje Y	160.08	43.03	5.66	0.13	<b>Inadecuada</b>	3.54%	15%	<b>No cumple</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Verificación de muros a corte

Al evaluar los muros portantes de la edificación “San Isidro” obtenemos los siguientes valores:

TABLA 29. **Porcentaje de muros adecuados a corte – San Isidro (ex 85).**

Eje	N° de muros a evaluar	N° de muros adecuados a corte	N° de muros no adecuados a corte	% muros adecuados a corte
Primer nivel				
Eje X	20	14	6	<b>70.00%</b>
Eje Y	21	16	5	<b>76.19%</b>
Segundo nivel				
Eje X	14	14	0	<b>100.00%</b>
Eje Y	10	4	6	<b>40.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

Al evaluar los muros portantes de la edificación “Nuestra Señora de Fátima” obtenemos los siguientes valores:

TABLA 30. **Porcentaje de muros adecuados a corte – Nuestra Señora de Fátima (ex 89)**

Eje	N° de muros a evaluar	N° de muros adecuados a corte	N° de muros no adecuados a corte	% muros adecuados a corte
Primer nivel				
Eje X	6	6	0	<b>100.00%</b>
Eje Y	5	3	2	<b>60.00%</b>
Segundo nivel				
Eje X	4	4	0	<b>100.00%</b>
Eje Y	3	3	0	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **4.3. Estado actual de las edificaciones**

#### **4.3.1. I.E.P “San Isidro”**

La edificación presenta grietas a los largo de la fachada que se prolongan a partir de las esquinas de los vanos del segundo nivel, ello es producto de fallas por corte, además se puede observar en los ambientes separaciones por incompatibilidad de materiales entre piso-pared (concreto - tapial respectivamente), muros(ladrillo – tapial) , humedecimiento y fisuras en el cielo raso producto de la falta de mantenimiento de la cobertura de calamina y a las constantes lluvias en la región, sin embargo se aprecia que se realizan trabajos de mantenimiento de forma constante, a razón de lo cual podemos decir que la I.E.P. “San Isidro” presenta un **REGULAR** estado de conservación.

#### **4.3.2. I.E.P “Nuestra Señora de Fátima”**

La edificación presenta humedecimiento en ciertas zonas del techo se debe a la mala colocación de la cobertura, en este caso teja artesanal; así como, a las constantes lluvias en la región, además podemos observar incompatibilidad de materiales en uno de los muros en el eje “Y” (tapial - ladrillo), además de la separación en la unión de 2 muros en el segundo nivel lo cual es producto de una falla por tracción; sin embargo se aprecia un mantenimiento constante de la infraestructura de la edificación por lo cual pese a su antigüedad podemos afirmar entonces que la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima” presenta un **REGULAR** estado de conservación.

### **4.4 Verificación de muros al volteo**

Se han realizado las comparaciones entre Momentos actuantes y resistentes de los muros no portantes frente a cargas perpendiculares, observamos los resultados de dicho análisis para la institución educativa “Nuestra Señora de Fátima” en la tabla 23.

- En el caso de la edificación “San Isidro” No presenta tabiques, parapetos o cercos de tapial por lo que en parte NO ESTRUCTURAL se dará la calificación de **"TODOS ESTABLES"** para efectos de poder evaluar la vulnerabilidad sísmica.
- Para el caso de la edificación Nuestra Fátima únicamente tenemos 4 muros de tapial en el primer nivel que pertenecen a la categoría de CERCO los cuales realizando el

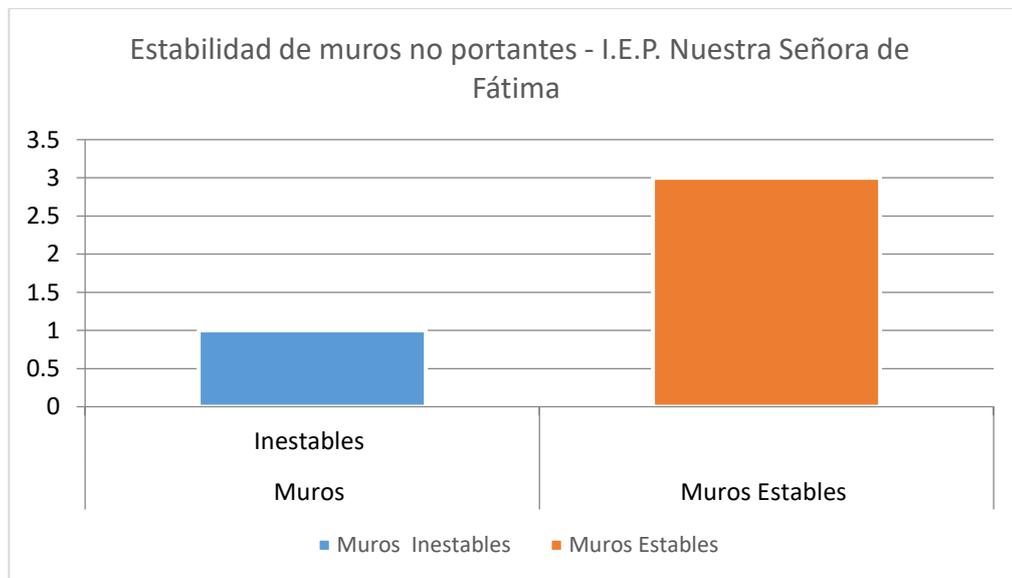
análisis de muros al volteo dan como resultado que  $M_a \leq M_r$  en 3 de ellos y  $M_a \geq M_r$  en 1 muro por lo que reciben la calificación de “**ALGUNOS ESTABLES**”.

TABLA 31. Resumen de verificación de muros al volteo – Nuestra Señora de Fátima

Muros Analizados	Muros Inestables	Muros Estables
4	1	3

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 35. Estabilidad de muros no portantes en la edificación Nuestra Señora de Fátima – Primer nivel



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones

TABLA 32. Relación de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones con sus parámetros analizados.

Edificación de Tapial	Densidad de Muros	Valor Núm. (Tabla 10)	Estado Actual de la Edificación	Valor Núm. (Tabla 10)	Inestabilidad de Muros no portantes	Valor Núm. (Tabla 10)	Vulnerabilidad Sísmica
San Isidro	INADECUADA	3	REGULAR	2	MUROS ESTABLES	1	<b>2.5 ALTA</b>
Nuestra Señora de Fátima	ACEPTABLE	2	REGULAR	2	ALGUNOS ESTABLES	2	<b>2.0 MEDIA</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

De la tabla anterior se resume que dichas edificaciones presentan una **VULNERABILIDAD SÍSMICA ALTA Y MEDIA**, obteniendo un valor numérico de **2.5 y 2.0** para las instituciones educativas “**San Isidro**” y “**Nuestra Señora de Fátima**” respectivamente, con lo cual nuestra hipótesis estaba equivocada. Esto debido a la combinación de evaluar distintos parámetros tales como: Densidad de muros, los cuales han sido verificados a esfuerzos de corte (con un grado de incidencia del 60 %), calidad y conservación de la edificación (con un grado de incidencia del 30%) y analizar la estabilidad de muros al volteo, único parámetro referente a la vulnerabilidad no estructural (con un grado de incidencia de 10%). Siendo las edificaciones analizadas esenciales, podrían representar grandes pérdidas principalmente en vidas humanas y bienes materiales siendo más vulnerable la I.E.P “San Isidro”.

En la ciudad de Celendín no existen investigaciones, destinadas a edificaciones de tapial en Instituciones Educativas Públicas, las cuales suelen recibir mantenimiento continuo pero sólo a nivel superficial más no estructural, sumado a esto la cantidad enorme de edificaciones de tapial antiguas en la ciudad y a la poca información que se tendría para la elaboración de un plan de mitigación de desastres es que la ciudad sufriría importantes daños ante un evento sísmico considerable.

Si realizamos la comparación de resultados con (Gómez 2018) quien evaluó la vulnerabilidad sísmica de dos instituciones educativas de adobe en la ciudad de Cajamarca obtenemos que: Ambas instituciones presentan un grado de **vulnerabilidad alta** con un valor numérico de **2.6** para ambas, lo cual difiere a los resultados de la presente tesis donde concluimos que las la I.E.P “**San Isidro**” tiene una vulnerabilidad sísmica alta pero la I.E.P “**Nuestra Señora de Fátima**” tiene una vulnerabilidad sísmica media con resultados de **2.5 y 2.0** respectivamente.

Por otro lado Guerrero y Minchán (2019) evaluaron 34 viviendas del sector “D” del distrito de Hualgayoc de lo cual concluyeron que: El 68%(23 viviendas) presentan una vulnerabilidad sísmica alta, EL 26%(9 viviendas) presentan vulnerabilidad sísmica media y 6%(2 viviendas) presentan una vulnerabilidad sísmica baja; para nuestro caso 01 institución educativa presenta vulnerabilidad sísmica alta y 01 institución presenta vulnerabilidad sísmica media.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Las instituciones Educativas públicas de tapial “**San Isidro**” y “**Nuestra Señora de Fátima**”, ubicadas en la ciudad de Celendín presentan una **VULNERABILIDAD SÍSMICA ALTA Y MEDIA**, obteniendo un valor numérico de **2.5 y 2.0** respectivamente.
- La institución educativa “**San Isidro**” presenta una **DENSIDAD DE MUROS INADECUADA** en los ejes “X” e “Y” de ambos niveles, siendo densidad de 0.45 en los ejes “X” e “Y” en el primer nivel y de 0.45 y 0.24 en los ejes “X” e “Y” en el segundo nivel respectivamente; además **NO CUMPLE** con los requisitos de la **norma E.080** teniendo como resultado el 12.13% y 12.08% en los ejes “X” e “Y” en el primer nivel y de 12.10% y 6.38% en los ejes “X” e “Y” en el segundo nivel respectivamente; por otro lado.

La institución educativa “**Nuestra Señora de Fátima**” presenta una **DENSIDAD DE MUROS ACEPTABLE**, pues sólo cumple con la densidad de muros existente en el **eje “X”** siendo los resultados 0.85 y 0.62 (los cuales cumplieron la verificación a corte) para el primer y segundo nivel y de 22.76% y 16.55% respectivamente por lo cual **CUMPLE** con la **norma E.080**; sin embargo, no cumple con la densidad de muros en el **eje “Y”** siendo los resultados 0.29 y 0.13 para el primer y segundo nivel y de 7.88% y 3.54% respectivamente por lo cual **NO CUMPLE** con la **norma E.080**.

- En la institución educativa “**San Isidro**” en los ejes “X” e “Y” el 70% y 76.19% de los muros son adecuados al corte en el primer nivel y el 100% y 40% en el segundo nivel respectivamente. Y en la institución educativa “**Nuestra Señora de Fátima**” en los ejes “X” e “Y” el 100% y 60% de los muros son adecuados al corte en el primer nivel y el 100% y 100% en el segundo nivel respectivamente.
- En la institución educativa “**San Isidro**” se observan grietas a lo largo de la fachada producto de fallas por corte, incompatibilidad de materiales, humedecimiento y fisuras en el cielo raso, sin embargo se aprecia que se realizan trabajos de mantenimiento de forma constante, a razón de lo cual podemos decir que presenta un **REGULAR ESTADO DE CONSERVACIÓN**. Y en la institución educativa

“**Nuestra Señora de Fátima**” se observa humedecimiento en ciertas zonas del techo, incompatibilidad de materiales, sin embargo se aprecia un mantenimiento constante de la infraestructura por lo cual pese a su antigüedad podemos afirmar entonces que presenta un **REGULAR ESTADO DE CONSERVACIÓN**.

- En el caso de la edificación “**San Isidro**” no existen tabiques, parapetos o cercos de tapial y en la institución “**Nuestra Señora de Fátima**” sólo tenemos 4 muros en la categoría de CERCOS de los cuales el **75%** de ellos son **estables** y por ende el **25%** son **inestables al volteo**.

## **5.2. Recomendaciones**

- Debido a la antigüedad y comportamiento estructural de las edificaciones de tapial, es necesario ampliar este tipo de investigaciones hacia Instituciones privadas y viviendas de tapial, de esta manera se contaría con un mayor registro del estado de las Edificaciones de tapial en la ciudad de Celendín.
- Dado que en la ciudad de Celendín aún no existe una zona histórica aprobada por parte de la municipalidad, sería importante evaluar las viviendas de tapial en toda la zona urbana tomando un muestreo por sectores para tener una base de datos mayor del comportamiento de dichas viviendas en toda la ciudad de Celendín.
- Considerar la evaluación de vulnerabilidad sísmica de otras tipologías estructurales, que más se adapten a la ciudad de Celendín, como la construcción de edificaciones de adobe.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIS (Asociación colombiana de ingeniería sísmica, Colombia). (2005). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe. Bogotá, Colombia, Forec.
- Arteaga Mora, PA. (2016). Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca-Ecuador. Tesis de Posgrado. Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca.
- Cardona Arboleda, OD. (1989). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica pre evento. Trabajos sobre vulnerabilidad sísmica. Bogotá, Colombia, AIS.
- Estrada, IA. (2012). Apuntes de sismología - Cátedra de Geofísica. Tucumán, Argentina, Universidad Nacional de Tucumán.
- Estrella Ruiz, RJ (2019) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en el área urbana del distrito de Yanahuanca – provincia Daniel Alcides Carrión – región Pasco – 2,018. Tesis de grado. Yanahuanca - Daniel Alcides Carrión - Pasco-Perú, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Gómez Ramírez, LA. (2018). Vulnerabilidad Sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de Adobe en el Centro Histórico de Cajamarca. Tesis de grado. Cajamarca - Perú, Universidad Nacional de Cajamarca.
- Guerrero León, LI; Minchán Huaccha KJ. “Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de tapial del sector “D” del distrito de Hualgayoc - Cajamarca 2016”. Tesis de grado. Hualgayoc - Cajamarca - Perú, Universidad Privada del Norte.
- Guevara López T (2000) Evaluación de la vulnerabilidad no estructural de hospitales. Proceedings of the International Workshop Study on Countermeasures for Earthquake disaster in Caracas 1999- 2001, Caracas, Venezuela.
- <http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/faqs/sismologia/que-es-la-zona-de-fractura-de-panama-3>
- IGP (Instituto geofísico del Perú). (Noviembre de 2016). Portal del igp. Obtenido de <http://www.igp.gob.pe/>
- INDECI (Instituto nacional de defensa civil). (2006). Compendio estadístico de prevención y atención de desastres. Lima: indeci.

- Kuroiwa Horiuchi, J. (2008). Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistentes Lima, Perú.
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2012). Gestión de riesgo de desastres en la región de Ica. Ica, Perú, Ministerio de Vivienda, Construcción Y Saneamiento.
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2019). Reducción de desastres - Viviendo en armonía con la naturaleza. Lima, Perú.
- Loayza Yañez, A; Gómez Prado, W. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de Centros de Salud del distrito de Ayacucho. Tesis de Grado. Huancavelica, Perú Universidad Nacional de Huancavelica.
- Marín Guillén, F. (2012). Evaluación del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de la ciudad de Huánuco. Tesis de Posgrado. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Maskrey, A; Romero, G. (1986). Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima metropolitana. Lima, Perú, PREDES.
- Mena Hernández, U. (2002). Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas. Tesis de Doctorado. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2014). Albañilería. Norma E.070. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Norma E.080. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2019). Diseño Sismorresistente. Norma E.030. Lima, Perú.
- Mosqueira Moreno, MA; Tarque Ruiz, SN. (2005). Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana. Tesis de posgrado. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Paredes Edquen, H. (2018). Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe y tapial de la capital del distrito de Chadín, provincia de Chota. Tesis de grado. Cajamarca-Perú, Universidad Nacional de Cajamarca.

- Peralta Buriticá, HA. (2002). Escenario de vulnerabilidad y de daño sísmico de las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el barrio San Antonio, Cali, Colombia. Valle del cauca. Tesis de Grado. Cali, Colombia, Universidad del Valle.
- PREDES. (Noviembre de 2016). Centro de estudios y prevención de desastres. Obtenido de <http://www.predes.org.pe/>
- Pujades Beneit, LG; Lantada Zarzosa, N; González-Drigo JR; Blázquez Boya, A; Meza K. (2021). Guía para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Unión Europea.
- Pytel, A; Singer, F. (1994). Resistencia de materiales. Versión español. Ciudad de México, México, Harla.
- Sánchez Calvillo, A; Alonso Guzmán EM; López Núñez MC. (2017) Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jojutla, Morelos, México, tras los sismos de 2017. Tesis de Grado. Jojutla, Morelos, México. Universidad de Guadalajara.
- Sauter, FF. (1996). Redefining terms in the field of seismic safety and risk mitigation. Earthquake engineering research institute: vol. 12, 315-326.
- Timoteo Huancayo, HJ. (2018). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos construidas en tapial en la periferia de la ciudad de Tarma – Junín. Tesis de grado. Tarma – Junín -Perú, Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Yamín Lacouture, L.E; Phillips Bernal C.; Reyes Ortiz J.C.; Ruiz Valencia D.(2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Apuntes vol. 20, núm. 2.

## ANEXOS

### ANEXO I. Panel Fotográfico

#### Fotos I.E.P. "San Isidro"

Fachada de la Institución Educativa Pública 82391 San Isidro (Ex 85).



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Reconocimiento de la fachada de la I.E.P "San Isidro".

**Grietas a lo largo de la fachada de la I.E.P. "San Isidro".**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observan grietas de estas características a lo largo de toda la fachada de la I.E.P. "San Isidro", dichas grietas nacen en las esquinas de las ventanas, lo cual corresponde a fallas por corte.

**Humedad en cielo raso de la Institución Educativa Pública 82391 “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto del mal estado de la cobertura de calamina en la I.E.P. “San Isidro”.

**Humedad en cielo raso de la Institución Educativa Pública 82391 “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto del mal estado de la cobertura de calamina en la I.E.P. “San Isidro”.

## Humedad en cielo raso de la Institución Educativa Pública 82391 “San Isidro”.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto del mal estado de la cobertura de calamina en la I.E.P. “San Isidro”.

## Grietas a lo largo de la fachada de la I.E.P. “San Isidro”.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observan grietas de estas características a lo largo de toda la fachada de la I.E.P. “San Isidro”, dichas grietas nacen en las esquinas de las ventanas, lo cual corresponde a fallas por corte.

**Incompatibilidad de materiales en muros de tapial de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Se observa incompatibilidad de materiales (ladrillo y tapial), pues se asentó un muro de ladrillo para corregir un vano de puerta en muro de tapial en la I.E.P. “San Isidro”.

**Separación por incompatibilidad de materiales en muros de tapial de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Se observa cobertura de calamina en mal estado en la I.E.P. “San Isidro”.

**Cobertura de calamina y madera en la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Cobertura de calamina y madera en regular estado en la I.E.P. “San Isidro”.

**Cobertura de calamina y madera en la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Cobertura de calamina y madera en regular estado en la I.E.P. “San Isidro”.

**Cobertura de calamina y madera en la I.E.P. “San Isidro”.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Cobertura de calamina y madera en regular estado en la I.E.P. “San Isidro”.

**Grietas a lo largo de la fachada de la I.E.P. “San Isidro”.**



**Descripción:** Se observan grietas de estas características a lo largo de toda la fachada de la I.E.P. “San Isidro”, dichas grietas nacen en las esquinas de las ventanas, lo cual corresponde a fallas por corte.

## **Fotos I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”**

**Ubicación geográfica de la I.E.P. 82392 “Nuestra Señora de Fátima” (ex 89).**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Reconocimiento de la fachada de la I.E.P “Nuestra señora de Fátima”.

**Levantamiento arquitectónico con wincha de la I.E.P.”Nuestra Señora de Fátima.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción:** Tomando longitudes, alturas y espesores de muros, medidas de los vanos, longitudes de coberturas de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.

## Abertura en cielo raso de la I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima"



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Abertura de gran dimensión en cielo raso del segundo nivel en la I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima".

## Cerco de tapial evaluado en I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima"



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Cerco de tapial evaluado en primer nivel en la I.E.P. "Nuestra Señora de Fátima", el cual presenta grietas en unión de muros pues fue construido en distintas etapas.

**Cobertura de teja artesanal y madera en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Cobertura de teja artesanal y madera en regular estado en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”

**Cobertura de teja artesanal y madera en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



**Fuente:** Elaboración propia

**Descripción:** Cobertura de teja artesanal y madera en regular estado en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.

**Cobertura de teja artesanal y madera en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



**Descripción:** Cobertura de teja artesanal y madera en regular estado en la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.

**Detalle de presencia de humedad en Cielo raso de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.**



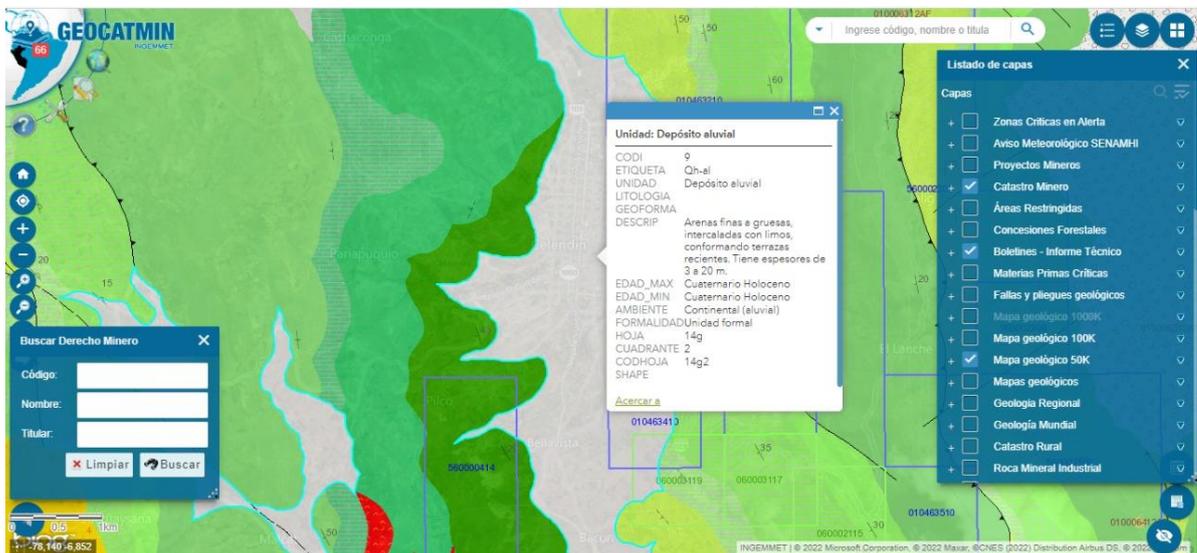
**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto de la mala colocación de teja artesanal en cobertura de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.

## Detalle de presencia de humedad en Cielo raso de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.



**Descripción:** Se observa humedad en cielo raso producto de la mala colocación de teja artesanal en cobertura de la I.E.P. “Nuestra Señora de Fátima”.

### Tipo de suelo en centro urbano de Celendín



**Fuente:** <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/28a132a0-d527-4e47-bbdd-737ca05f7c79>.

**Descripción:** Portal del geocatmin en el cual se observa que el tipo de suelo característico en la ciudad de Celendín está conformado por arenas finas a gruesas intercaladas con limos, lo cual nos ayudó a clasificar el tipo de suelo en la tabla N°04 del ítem 3.5.

## ANEXO II. PLANOS

---

# PLANO DE UBICACIÓN

---

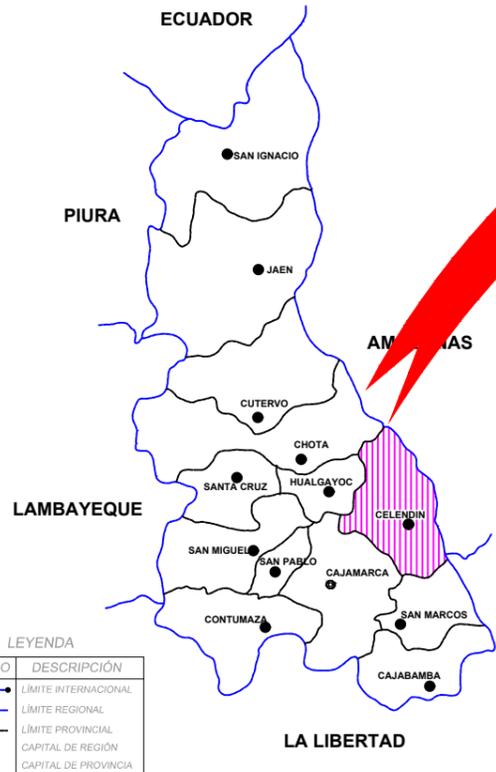
### MAPA POLÍTICO DEL PERÚ



LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LÍMITE INTERNACIONAL
	LÍMITE REGIONAL
	CAPITAL DE REGIÓN
	CAPITAL DE PAÍS

### MAPA REGIONAL DE CAJAMARCA



LEYENDA

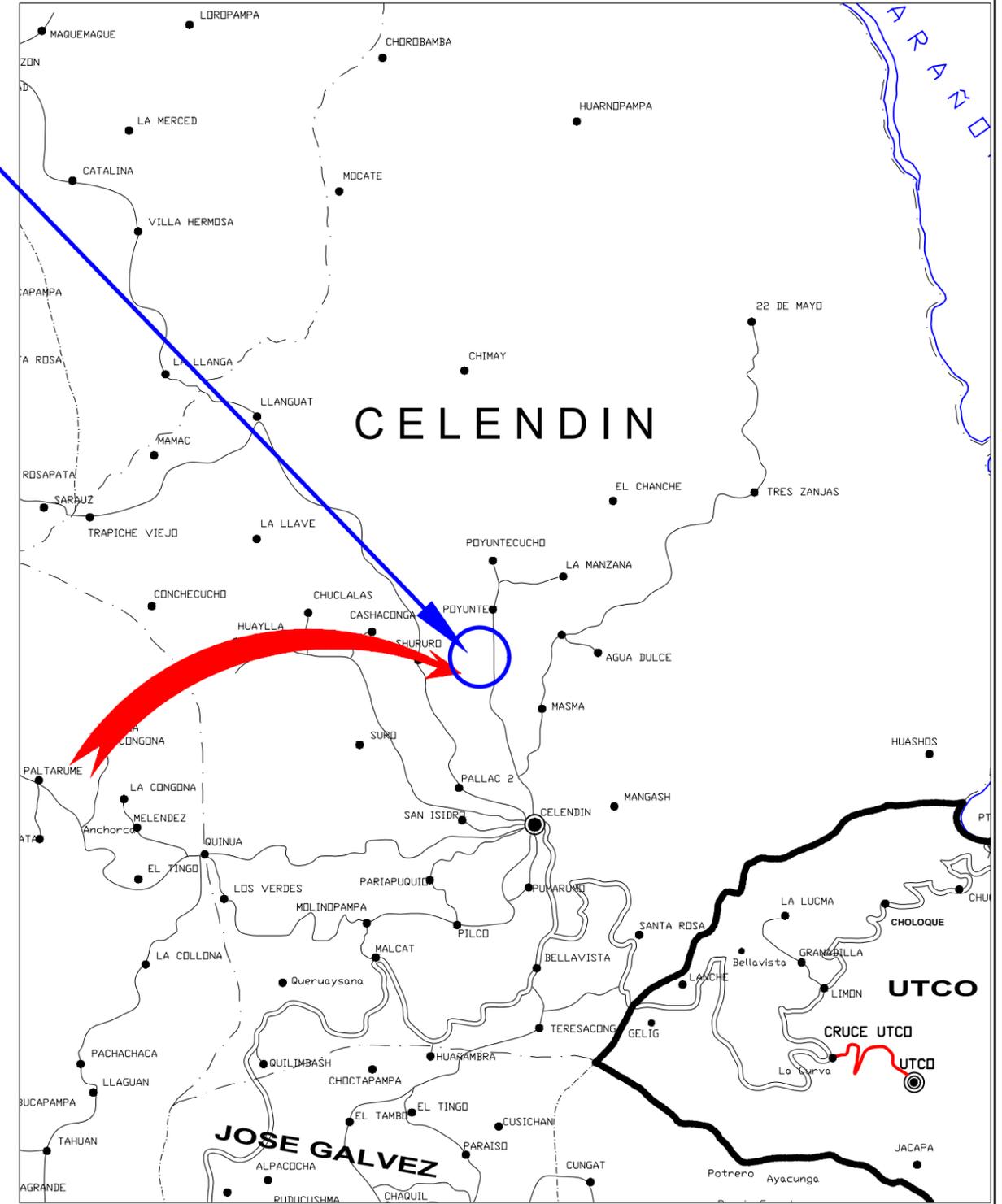
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LÍMITE INTERNACIONAL
	LÍMITE REGIONAL
	LÍMITE PROVINCIAL
	CAPITAL DE REGIÓN
	CAPITAL DE PROVINCIA

### UBICACIÓN DEL DESARROLLO DE LA TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA CIUDAD DE CELENDIN



LEYENDA

	CAPITAL PROVINCIAL		TROCHA A MEJORAR
	CAPITAL DISTRITAL		CAMINO DE HERRADURA
	CENTRO POBLADO		CURVAS DE NIVEL
	LÍMITE PROVINCIAL		CURVAS SUPLEMENTARIAS
	LÍMITE DISTRITAL		RIO, QUEBRADA
	CARRETERA AFIRMADA		SEÑAL GEODÉSICA, COTA
			C.P. CON UBICACIÓN APROXIMADA

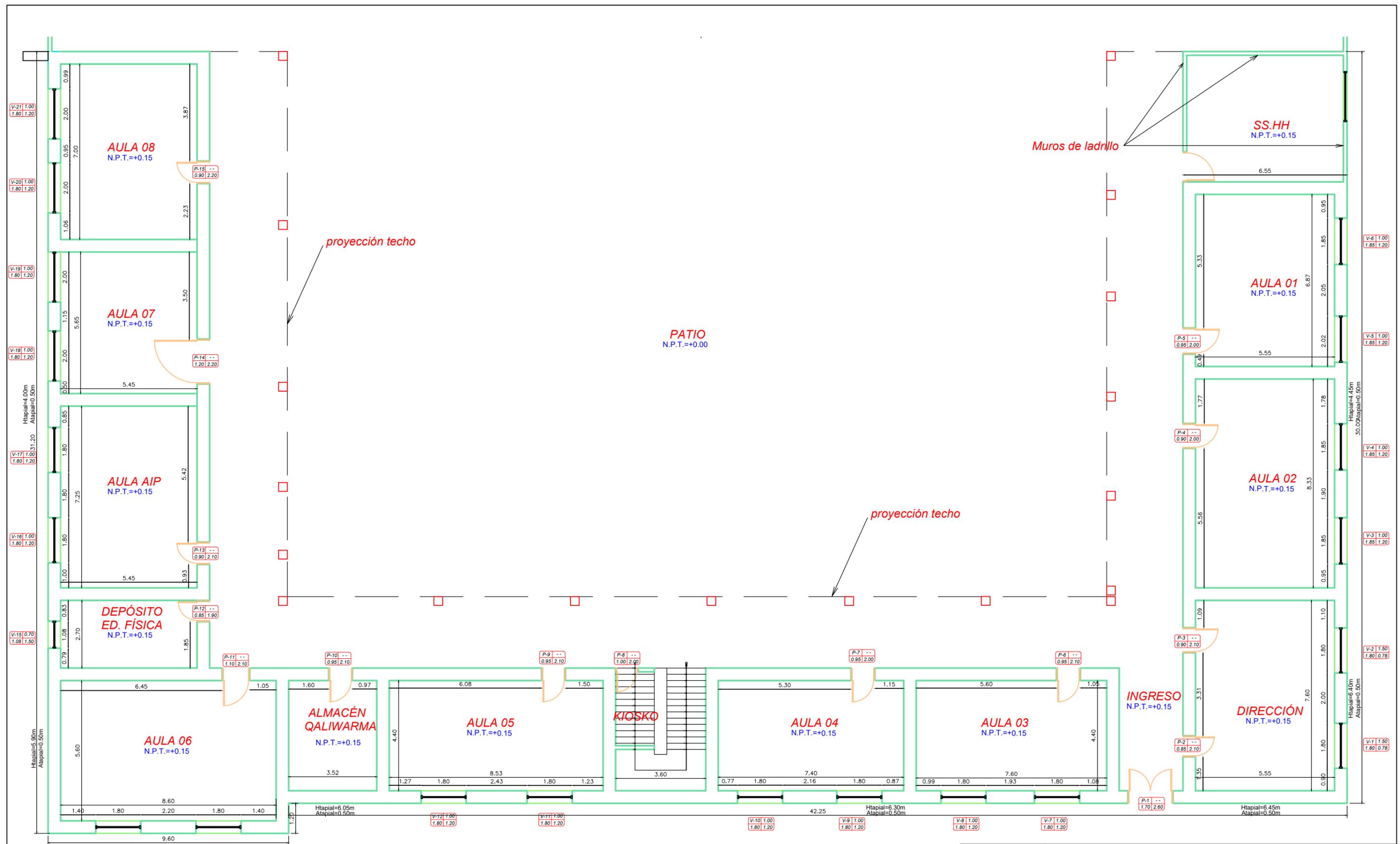


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA CIUDAD DE CELENDIN	PLANO N° U-01
	PLANO: UBICACIÓN-LOCALIZACIÓN	
	TESISTA: Bach. CHÁVEZ CHÁVEZ, Francklin	
ESCALA: s/E	ASESOR: M. Cs. Ing° LINCOLN MINCHAN PAJARES	FECHA: DICIEMBRE-2022

---

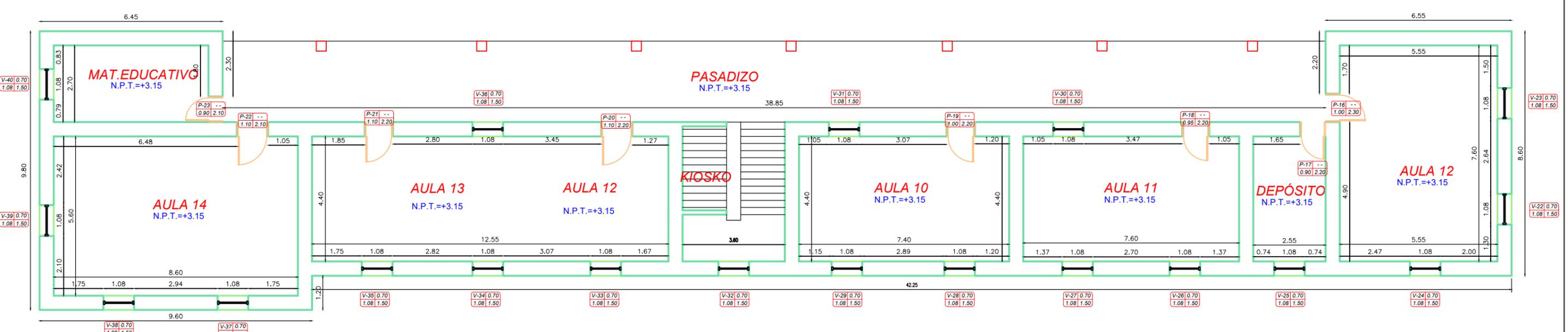
# PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS I.E.P. “SAN ISIDRO”.

---



# PRIMER NIVEL

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA CIUDAD DE CELENDIN	PLANO N° <b>A-01</b>
	PLANO: PLANTA I.E.P SAN ISIDRO-PRIMER NIVEL	
	TESISTA: Bach.CHÁVEZ CHÁVEZ, Francklin	
ESCALA: 1:150	ASESOR: M. Cs. Ing° LINCOLN MINCHAN PAJARES	FECHA: DICIEMBRE-2022



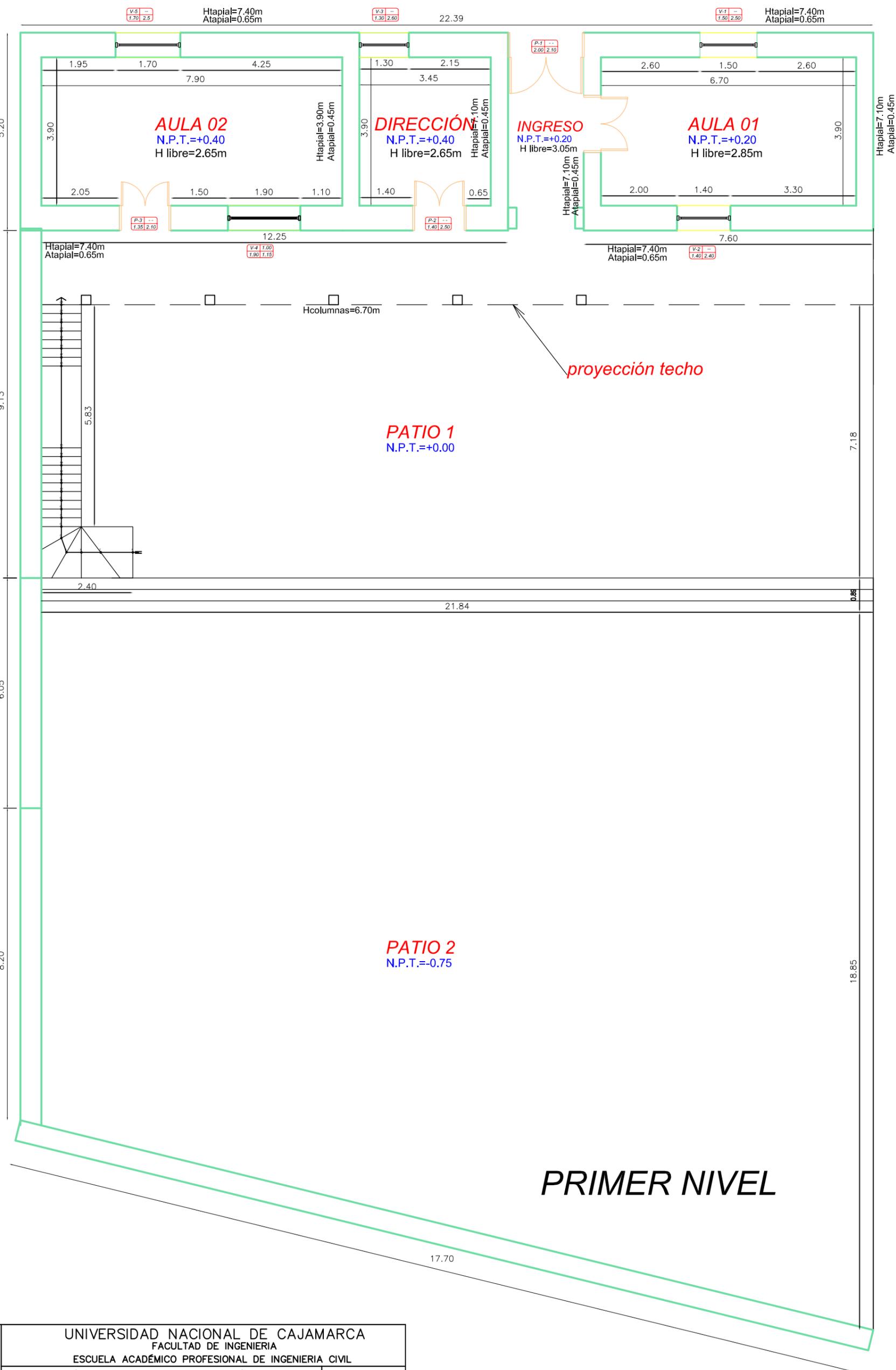
# SEGUNDO NIVEL

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA CIUDAD DE CELENDIN	PLANO N° <b>A-02</b>
	PLANO: PLANTA I.E.P SAN ISIDRO-SEGUNDO NIVEL	
	TESISTA: Bach.CHÁVEZ CHÁVEZ, Francklin	
ESCALA: 1:150	ASESOR: M. Cs. Ing° LINCOLN MINCHAN PAJARES	FECHA: DICIEMBRE-2022

---

# PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS I.E.P. “NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA”.

---



**PRIMER NIVEL**



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

TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA CIUDAD DE CELENDIN

PLANO N°

PLANO: I.E.P NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA(EX 89) PRIMER NIVEL

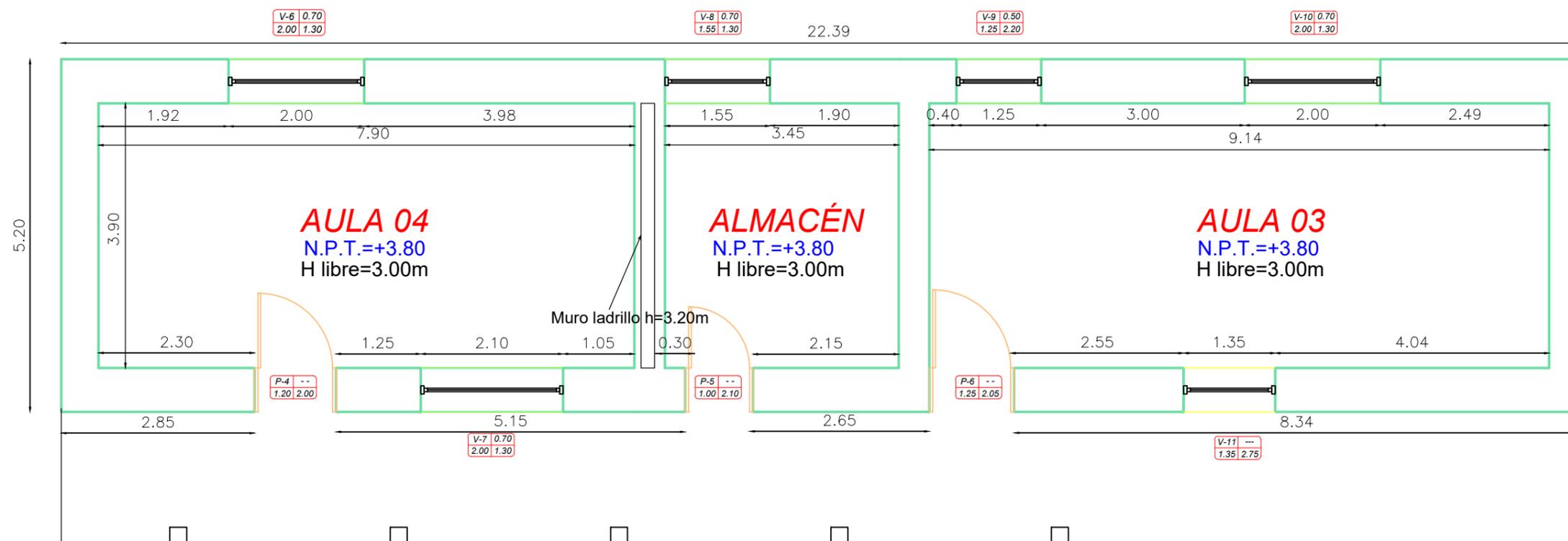
A-03

TESISTA: Bach.CHÁVEZ CHÁVEZ, Francklin

FECHA: DICIEMBRE-2022

ESCALA: 1:100

ASESOR: M. Cs. Ing° LINCOLN MINCHAN PAJARES



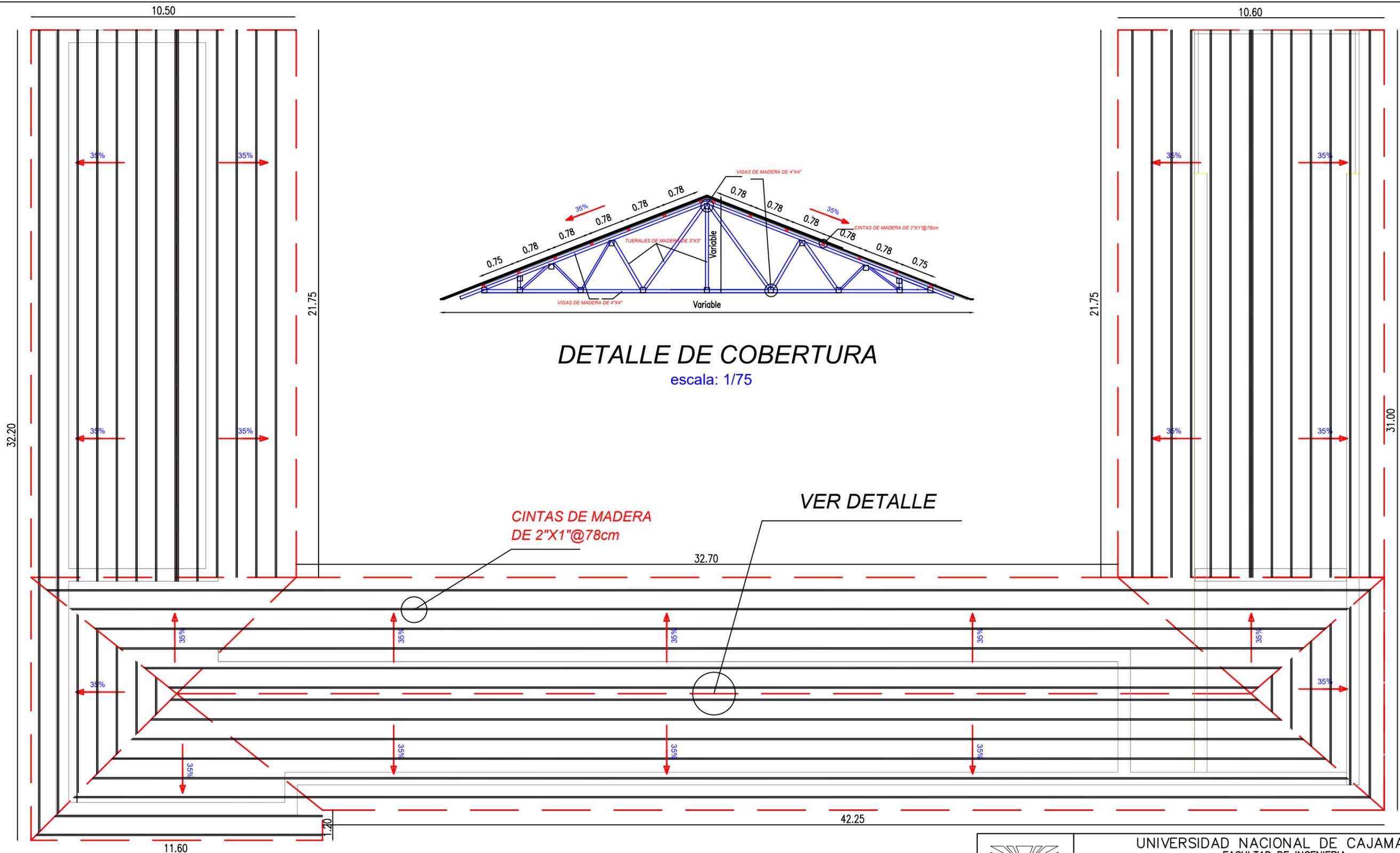
## SEGUNDO NIVEL

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA CIUDAD DE CELENDIN	PLANO N° <b>A-04</b>
	PLANO: I.E.P NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA(EX 89) SEGUNDO NIVEL	TESISTA: Bach.CHÁVEZ CHÁVEZ, Francklin
	ESCALA: 1:75	ASESOR: M. Cs. Ing° LINCOLN MINCHAN PAJARES FECHA: DICIEMBRE-2022

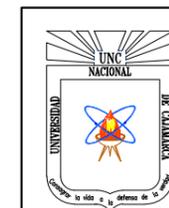
---

# PLANOS DE TECHOS

---



# COBERTURA DE CALAMINA



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

TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA CIUDAD DE CELENDIN

PLANO N°

PLANO: COBERTURA I.E.P SAN ISIDRO(EX 85)

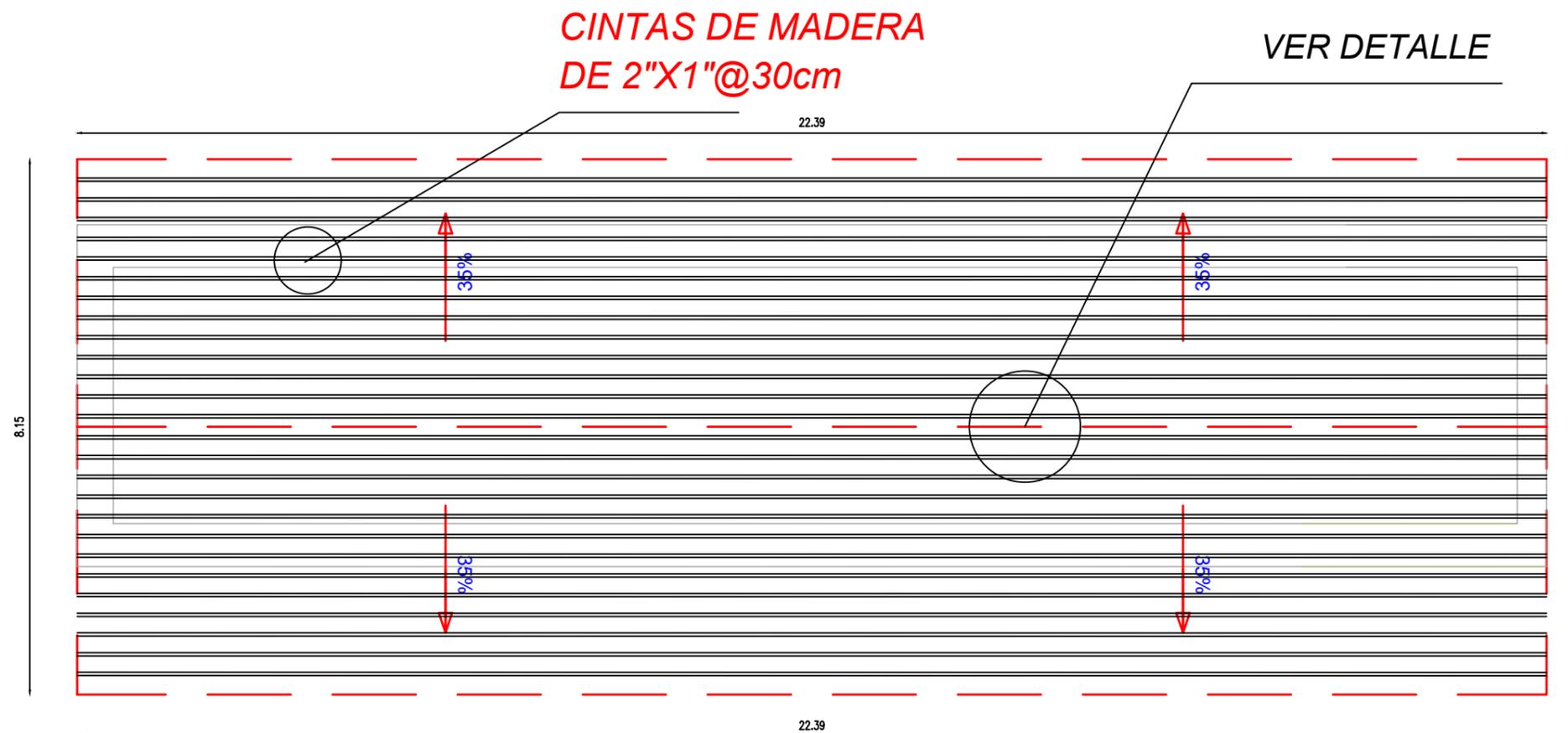
A-05

TESISTA: Bach.CHÁVEZ CHÁVEZ, Francklin

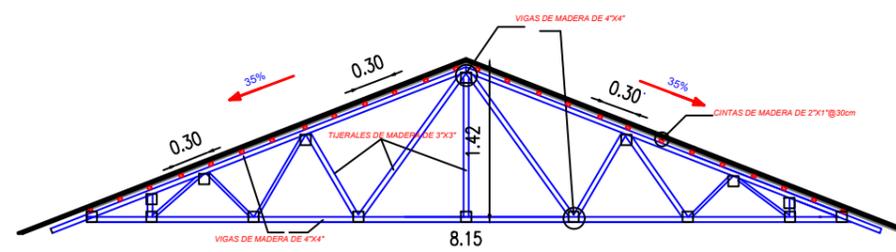
ESCALA: 1:150

ASESOR: M. Cs. Ing° LINCOLN MINCHAN PAJARES

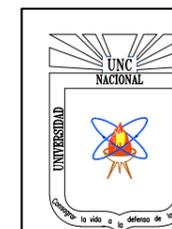
FECHA: DICIEMBRE-2022



## COBERTURA DE TEJA ARTESANAL



**DETALLE DE COBERTURA**  
escala: 1/75



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

TESIS: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PÚBLICAS DE TAPIAL EN LA CIUDAD DE CELENDIN

PLANO N°

PLANO: COBERTURA I.E.P NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA(EX 89)

A-06

TESISTA: Bach.CHÁVEZ CHÁVEZ, Francklin

ESCALA: 1:75

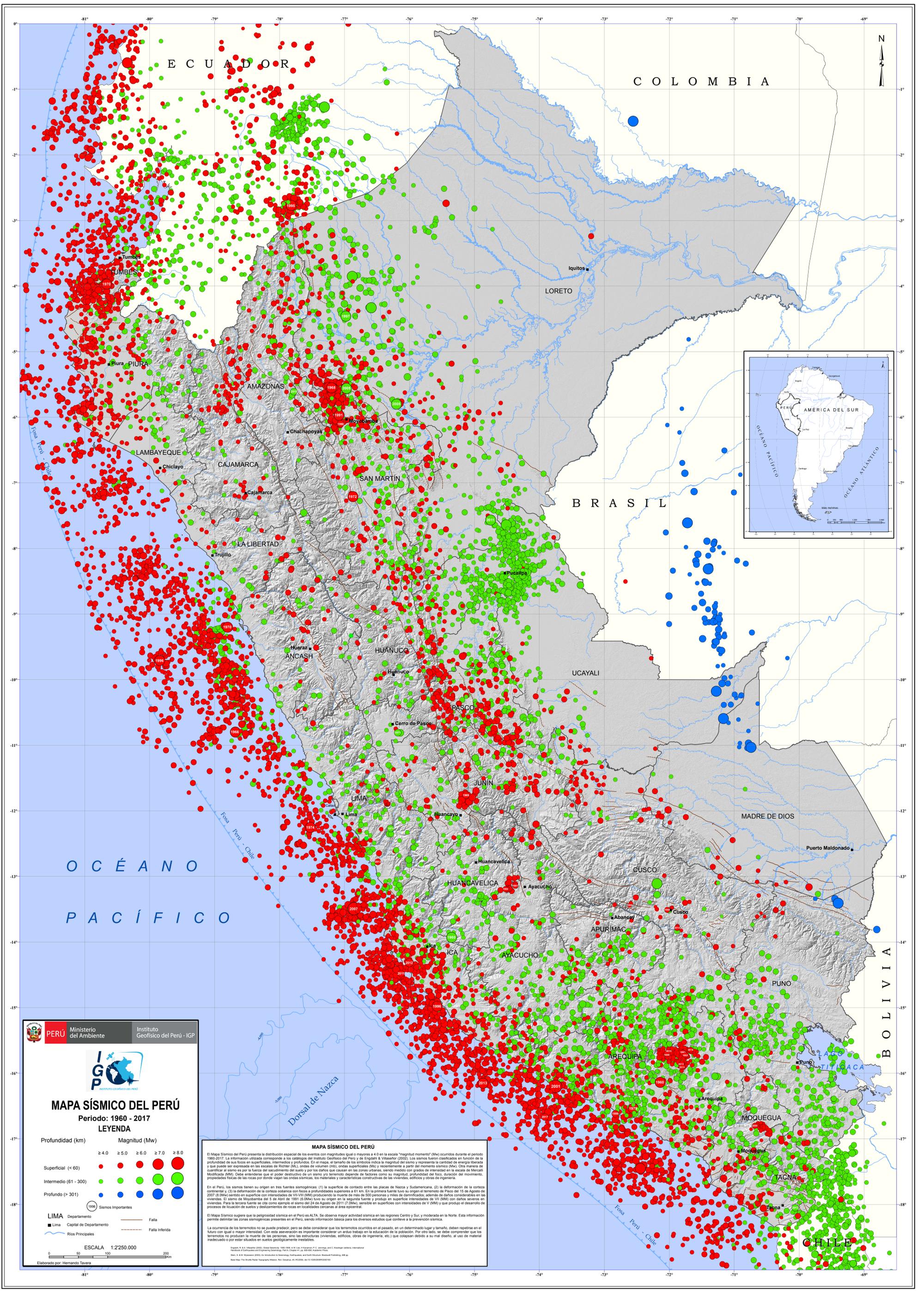
ASESOR: M. Cs. Ing° LINCOLN MINCHAN PAJARES

FECHA: DICIEMBRE-2022

---

# MAPA SÍSMICO DEL PERÚ

---




**PERÚ** Ministerio del Ambiente Instituto Geofísico del Perú - IGP

**MAPA SÍSMICO DEL PERÚ**  
 Periodo: 1960 - 2017  
**LEYENDA**

Profundidad (km)	Magnitud (Mw)
Superficial (< 60)	$\geq 4.0$ $\geq 5.0$ $\geq 6.0$ $\geq 7.0$ $\geq 8.0$
Intermedio (61 - 300)	$\geq 4.0$ $\geq 5.0$ $\geq 6.0$ $\geq 7.0$ $\geq 8.0$
Profundo (> 301)	$\geq 6.0$ $\geq 7.0$ $\geq 8.0$

(1000) Sísmos importantes  
 ■ Lima Departamento  
 ■ Lima Capital de Departamento  
 — Falsa  
 — Falsa Infrida  
 — Ríos Principales

ESCALA 1:2250.000  
 Elaborado por: Hernando Tavera

**MAPA SÍSMICO DEL PERÚ**  
 El Mapa Sísmico del Perú presenta la distribución espacial de los eventos con magnitudes iguales 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). Los sismos fueron clasificados en función de la profundidad de sus focos en superficiales, intermedios y profundos. En el mapa, el tamaño de los símbolos indica la magnitud del sismo y representa la cantidad de energía liberada y que puede ser expresada en las escalas de Richter (ML), ondas de volumen (mb), ondas superficiales (Ms) y recientemente a partir del momento sísmico (Mw). Otra manera de cuantificar al sismo es por la fuerza del sacudimiento del suelo y por los daños que causan en las zonas urbanas, siendo medido con gran precisión en la escala de Mercalli Modificada (MM). Debe entenderse que el poder destructivo de un sismo varía en función de factores como su magnitud, profundidad del foco, duración del movimiento, propiedades físicas de las rocas por donde viajan las ondas sísmicas, las materiales y características constructivas de las viviendas, edificios y obras de ingeniería.

En el Perú, los sismos tienen su origen en tres fuentes tectónicas: (1) la superficie de contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana; (2) la deformación de la corteza continental; y (3) la deformación de la corteza oceánica con focos a profundidades superiores a 60 km. En la primera fuente tuvo su origen el terremoto de Pisco del 15 de Agosto de 2007 (8.0 Mw) ocurrido en superficie con intensidades de VIII (MM) produciendo la muerte de más de 500 personas y miles de damnificados, además de daños considerables en las viviendas. El sismo de Moquegua del 4 de Abril de 1991 (6.0 Mw) tuvo su origen en la segunda fuente y produjo en superficie intensidades de VII (MM) con daños severos en viviendas. Para la tercera fuente se cita como ejemplo el sismo del 24 de Agosto de 2011 (7.0 Mw), sensible en superficie con intensidades de V (MM) y que produjo el desarrollo de procesos de licuación de suelos y desplazamientos de rocas en localidades cercanas a línea costera.

El Mapa Sísmico sugiere que la peligrosidad sísmica en el Perú es ALTA. Se observa mayor actividad sísmica en las regiones Centro y Sur, y moderada en el Norte. Esta información permite delimitar las zonas sísmicas presentes en el Perú, siendo información básica para los diversos estudios que concierne a la prevención sísmica.

La ocurrencia de los terremotos no se puede predecir, pero se debe considerar que los terremotos ocurridos en el pasado, en un determinado lugar y tamaño, deben repetirse en el futuro con igual o mayor intensidad. Con esta aseveración es importante considerar un arduo trabajo en la educación de la población. Por otro lado, se debe comprender que los terremotos no producen la muerte de las personas, sino las estructuras (viviendas, edificios, obras de ingeniería, etc.) que colapsan debido a su mal diseño, al uso de material inadecuado o por estar situados en suelos geológicamente inestables.

Fuente: A. A. Villaseñor (2002) Global Seismology, 100-109. A. A. Engdahl, P. C. Villaseñor, and C. Kisslinger (eds.), International Institute of Earthquake and Engineering Seismology, The Center for Earthquake Research and Information, Baltimore, MD.  
 Smith, R. & H. Woodworth (2005) An Introduction to Seismology, Earthquake and Earth Structure, Blackwell Publishing, 498 pp.  
 Base Map: The Shuttle Radar Topography Mission, Earthquake, 45, 402584, doi:10.1029/2005RS003310