



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI



FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

## PROYECTO DE TESIS

~~~~~  
“**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO  
DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL LABORATORIO DE AIRE,  
AGUA Y SUELOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**”  
~~~~~

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA(S):

ASESOR :

PUCALLPA - PERÚ  
2022

## RESUMEN

El presente estudio tiene como problema ¿Qué grado de vulnerabilidad sísmica tienen las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional De Ucayali frente a un sismo moderado?, como objetivo general se planea: Evaluar la Vulnerabilidad Sísmica en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, para aportar y fomentar acciones frente a un evento sísmico de tal forma que no ponga en riesgo las vidas humanas y minimizar las pérdidas materiales. El cual se realizará con el método descriptivo, experimental, analítica, explicativa y aplicativa y con diseño modelo matemático, se empleará en las dos variables la Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y el grado de vulnerabilidad con una muestra poblacional la cual está constituida por las estructuras a analizarse serán: Módulo 1 de 2 pisos, de dos niveles. Módulo 2 de 3 pisos, de tres niveles Módulo 3 de 3 pisos, de tres niveles, para el proceso de los datos se aplicará: • Datos obtenidos de los ensayos de laboratorios que permitirán registrar mayor variedad de características externas e internas de las edificaciones, Analizar y Evaluar la vulnerabilidad sísmica y estimar el riesgo sísmico en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali.

Palabras clave: vulnerabilidad sísmica, Grado de vulnerabilidad, edificaciones, laboratorios y sismo.

## **ABSTRAC**

The present study has as a problem: What is the degree of seismic vulnerability of the buildings of the air, water and soil laboratory of the National University of Ucayali to a moderate earthquake? The general objective is to evaluate the seismic vulnerability of the buildings of the air, water and soil laboratory of the National University of Ucayali, to contribute and promote actions in case of a seismic event so as not to put human lives at risk and to minimize material losses. This will be carried out with the descriptive, experimental, analytical, explanatory and applicative method and with a mathematical model design, the two variables will be used in the evaluation of seismic vulnerability and the degree of vulnerability with a population sample which is constituted by the structures to be analyzed: Module 1 of 2 stories, two levels. Module 2 of 3 stories, three levels Module 3 of 3 stories, three levels, for the processing of the data will be applied: - Data obtained from laboratory tests that will allow to record a greater variety of external and internal characteristics of the buildings, Analyze and Evaluate the seismic vulnerability and estimate the seismic risk in the buildings of the laboratory of air, water and soil of the National University of Ucayali.

Keywords: seismic vulnerability, degree of vulnerability, buildings, laboratories and earthquake.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCION Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA**

La Universidad Nacional de Ucayali inició sus funciones el 18 de diciembre de 1979. En calidad institucional, mediante la acreditación de seis carreras profesionales y el licenciamiento de la Universidad por parte de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. El Vicerrectorado de Investigación es el organismo de más alto nivel en la universidad en el ámbito de la investigación. Está encargado de orientar, coordinar y organizar los proyectos y actividades que se desarrollan a través de las diversas unidades académicas. Organiza la difusión del conocimiento y promueve la aplicación de los resultados de las investigaciones, así como la transferencia tecnológica y el uso de las fuentes de investigación, integrando fundamentalmente a la universidad, la empresa y las entidades del Estado. En el periodo 2016 - 2020 el Vicerrectorado de Investigación ha venido cumpliendo sus fines y objetivos con sus tres direcciones: Dirección de Investigación e Innovación, la Dirección de producción Intelectual y por último la Dirección de desarrollo Empresarial, con sus respectivas oficinas ejecutivas. Como ente asesor el Vicerrectorado de Investigación cuenta con el Comité de Investigación, representado por los directores de Unidades de Investigación de las ocho (8) facultades. Los proyectos de investigación e Innovación que desarrollan los docentes y estudiantes

son financiados en un porcentaje significativo con recursos del FOCAM a través de fondos concursables y en mínimo porcentaje con fondos del Canon y con recursos ordinarios. En el año 2019 el VRINV presentó al Rectorado y por su intermedio a la Dirección de Planificación una idea de proyecto para la construcción e implementación de laboratorios especializados para la investigación, el mismo que se encuentra actualmente a nivel de perfil. Este proyecto es sumamente necesario, toda vez que la Universidad Nacional de Ucayali carece de estos laboratorios, situación que fue verificada por la SUNEDU. Actualmente los docentes realizan sus investigaciones en laboratorios utilizados para la formación profesional, y recurren a otras instituciones externas para contar con servicios especializados. Algunos de estos laboratorios fueron mantenidos con fondos del VRINV. Por otro lado, en cumplimiento de la actividad 0137, el VRINV cada año desde el 2016, ha venido realizando el mantenimiento de los laboratorios de las diferentes facultades para mejorar los ambientes donde se desarrollan los proyectos de investigación a nivel de pre y posgrado. Uno de los proyectos que viene desarrollando actualmente es el proyecto de estructuras “MEJORAMIENTO E IMPLEMENTACION DE LOS SERVICIOS DE LOS LABORATORIOS DE AGUA, AIRE Y SUELO PARA LAS FACULTADES DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL Y CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALII”, ha sido realizado tomándose como base las normas

técnicas comprendidas dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, y específicamente considerando lo estipulado dentro de las Normas Peruanas de Estructuras, en sus distintas especialidades. Por lo anteriormente señalado, se planteó la investigación titulada: **“ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL LABORATORIO DE AIRE, AGUA Y SUELOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”**.

#### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Es adecuado el diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional De Ucayali frente a un sismo moderado?

#### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:**

1. ¿ Las derivas resultantes del diseño estructural cumplirán con el máximo rango establecido en el RNE - Norma E.030?
2. ¿ Los problemas en la etapa en construcción y la calidad de los materiales usados en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, crecen los niveles de vulnerabilidad sísmica?
3. ¿ El diseño estructural que se tomará estará de acuerdo a los estándares mínimos de calidad y construcción 2022?

## **II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Académico: El impulso del presente proyecto de investigación es transcendental porque impulsa el interés de los estudiantes de carreras afines a orientarse más por estas problemáticas. También, serviría como

una referencia investigativa de calidad y genuina para futuras investigaciones.

#### Delimitación del objeto de estudio

El estudio está orientado a explicar y describir el grado de vulnerabilidad sísmica y elementos estructurales tienen las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional De Ucayali frente a un sismo moderado.

### III. HIPOTESIS

#### 3.1. Hipótesis general

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica y diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, aportará para establecer que el grado de vulnerabilidad es baja, frente a las situaciones probables de sismo.

#### 3.2. Hipótesis específicas

H1: “Aplicando el programa de simulación estructural SAP 2000 se podrá evaluar y proponer un diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, si cumplen con lo señalado en NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente”.

H2: “Encontrando los problemas en la etapa constructiva, la resistencia a la compresión del concreto y la resistencia a la compresión axial de las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali si cumplen con los requisitos normativos vigentes”.

H3: “El método del índice de vulnerabilidad y simulación estructural con hojas de cálculo para cimiento, vigas y columnas

del laboratorio de aire, agua y suelos, es adecuada para hacer una propuesta de diseño estructural mejorado”.

#### **IV. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **4.1. Objetivo General:**

Evaluar la vulnerabilidad sísmica y diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, para proponer un diseño de los elementos estructurales de tal forma que no ponga en riesgo las vidas humanas y minimizar las pérdidas materiales.

##### **4.2. Objetivos Específicos:**

- Analizar el programa de simulación estructural SAP 2000 para proponer un diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, si cumplen con lo señalado en NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente.
- Indicar los problemas en la etapa constructiva, la resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ) y la resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería ( $f'_m$ ), utilizadas en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Proponer mediante programa de simulación estructural SAP 2000 y las hojas de cálculo para cimiento, vigas y columnas un diseño de los elementos estructurales del laboratorio de aire, agua y suelos.



## V. ANTECEDENTES O REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

Según Egozcue & Diez (1997) en su estudio denominado: “

*Vulnerabilidad sísmica y toma de decisiones*”, indica que:

La definición de vulnerabilidad sísmica en el contexto de la toma de decisiones bayesiana. Para ello, se proponen tres instancias de decisión cualitativamente diferentes, en las que la vulnerabilidad sísmica juega un papel importante y corresponde a situaciones cada vez más complejas: las decisiones normativas de diseño, las decisiones sobre primas de seguros por riesgo sísmico y, por último, las que pueden orientar las decisiones sobre alertar y proteger los sistemas contra eventos sísmicos dañinos. Las tres situaciones analizadas corresponden a tres escenarios de decisión diferentes, denominados: a priori, a posteriori y a posteriori. Los tres casos revisados dieron lugar a la mayor parte de los conceptos de vulnerabilidad sísmica que utilizan. Concluye que no es conveniente estudiar la vulnerabilidad sísmica sin considerar el contexto de toma de decisiones en el que pretende utilizar y, al mismo tiempo, se resalta la necesidad de profundizar tanto en los aspectos metodológicos como de estimación para optimizar la legislación y la mitigación de daños producidos por terremotos.

Según Safina (2002) en su tesis denominada: “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales”, menciona que:

Propone una estrategia general para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los sistemas fundamentales basada en un enfoque de sistemas

tiene como objetivo racionalizar la toma de decisiones a través de un enfoque secuencial, priorizando una mejor investigación para justificar las intervenciones. Los resultados permitieron clasificar y jerarquizar inicialmente 64 hospitales de Cataluña, de los cuales 14 (22%) indicaron respuesta aceptable y 35 (55%) indicaron respuesta intermedia y 15 hospitales(23%) una respuesta crítica distribuidos en regiones sanitarias de Girona, BarcelonesNord i Maresme, Barcelona Ciutat y centre. Llegando a la conclusión de hacer estudios mas refinados de vulnerabilidad sísmica sobre los hospitales que experimentan un desempeño sísmico insuficiente.

De acuerdo a Guillén (2005) en su investigación titulada: *“Vulnerabilidad sísmica de edificaciones por muestreo estadístico”*. Señaló que:

Tiene como objetivo contribuir a reducir el número de pérdidas humanas y materiales, relacionados con la posible falla de las estructuras existentes debido a la acción sísmica. Sus resultados permitieron proponer un método de evaluación vulnerabilidad sísmica, que se ha aplicado en las dos poblaciones anteriores antes. El método se aplica a una zona de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, brevemente descrita Características geológicas y sismológicas encontradas en la bibliografía revisada Para esta zona de Tuxtla Gutiérrez, analizar los datos obtenidos con las muestras recomendadas por los métodos aquí presentados la población no es conocida de antemano acerca de cualquier lugar, a diferencia de lo que se hizo en la Colonia Roma y el casco urbano Chil Panzingo.

Según Allauca & Oue (2006) en su investigación titulada *“ Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cinco pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones”*. Señalaron que:

Tuvo como objetivo la evaluación del desempeño sísmico Edificio de estructura de 5 pisos, diseñado y compilado según normas peruanas

Obras similares para edificios de 3, 4, 6 y 7 plantas para identificar posibles tendencias en el comportamiento. Los resultados del análisis de desempeño muestran que para terremotos frecuentes (Período de retorno 43 años) Pequeñas intrusiones inelásticas en edificios está asociado con un requisito de ductilidad de desplazamiento cercano a 1.4 y será se encuentra en estado funcional. Para terremotos raros (período de retorno 475 años), El requisito de ductilidad de desplazamiento de la estructura es cercano a 3.1, pero todavía funciona bien. Resultados de este trabajo en particular Se sugiere que la normativa peruana actual da como resultado que las edificaciones con porches sean muy Buena rigidez y buena resistencia a los golpes.

Según Bedoya (2005) en su investigación titulada “Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento”, sostiene que:

Su investigación ha logrado avances en el avance del acceso a una vivienda digna. Para ello, propone una vivienda unifamiliar de hormigón armado de bajo coste. Realizó una campaña de ensayos para evaluar su comportamiento sísmico y estimar los parámetros estructurales de los paneles prefabricados. Inspeccionó 146 casas prefabricadas a base de cemento de paredes delgadas ubicadas en zonas de medio y alto riesgo sísmico. Los resultados de su investigación, las primeras grietas en la casa aparecieron con una deriva de alrededor de 0.12%, mientras que el daño moderado, definido por fallas de rejilla y mortero, tuvo una deriva de 0.8%. Aproximadamente, estas derivas corresponden a cargas de 15 y 37 kN, respectivamente. Para este tipo de edificación, el actual Reglamento Sísmico de Columbia NSR-98 especifica un límite de deriva del 0,5%. Considerando el costo relativamente alto (40%) de reparar una vivienda con daños moderados, parece importante señalar dos posibles soluciones.

Por su lado Díaz & Santos (2013) en su investigación titulada

*“Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cuatro pisos diseñado con el reglamento nacional de edificaciones y aceptando una deriva máxima de 1%”*. Indican que:

Su estudio incluye el diseño y evaluación de un edificio de cuatro plantas en la costa Suelo bien fundado de planta rectangular de 33x22m y columnas 5,5m del eje. Para el diseño del edificio se utilizaron códigos peruanos y la evaluación se basa en los criterios propuestos por el Comité Visión 2000 de la SEAOC, en cuanto a la herramienta de análisis, por tanto, la estimación de la respuesta estructural, realizó técnicas de análisis no lineal a través del espectro de capacidad y demanda. La etapa de predimensionado produce columnas y vigas con dimensiones de 40x40cm, 25x50cm respectivamente, permitiendo eventos sísmicos con una deriva máxima del 1%. Período de recuperación de 500 años con base en los resultados, la ductilidad promedio de la estructura se estima en 4.6 y 1,5 de superresistencia, ambas relacionadas con la fluencia efectiva. también se alcanzó un valor de superresistencia de 2,5 con respecto al colapso.

Según los estudiosos Navarro & Fernandez ( 2006) en su investigación denominada *“Desempeño sísmico de un edificio aporticado de seis pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones”*. Indican que:

Su trabajo diseña y evalúa un edificio de marco de 6 pisos con una planta rectangular de 33x22m y columnas cada 5,5m, ubicado en una región de Perú con la mayor sismicidad en buenos suelos. El diseño resultó en un edificio muy resistente con columnas de 70x70cm y vigas de 25x50 con una deriva máxima de 6,8 0/00, como lo exigen las normas peruanas. Los resultados muestran que la estructura tiene una ductilidad de 11.3 y una superresistencia de 1.2 en términos de fluencia efectiva. Con respecto a los requisitos del código, el edificio logró un colapso de superresistencia de 3.0.

En investigador Galván (2008) en su estudio titulado “*Vulneración sísmica del puente infernillo II*”, señala que:

El modelo de vulnerabilidad contempló varias fases relacionadas con la demanda y la capacidad según lo siguiente:

En la primera fase se desarrolló el modelo de demanda. Este consistió en la selección de un conjunto importante de registros sísmicos, tanto de fuentes sísmicas de subducción como de fallamiento normal, que podrían afectar al puente. Se calcularon espectros de respuesta elásticos y funciones de densidad de la demanda. La segunda fase consistió en determinar el modelo de capacidad, el cual se determinó a partir de un modelo estructural usado anteriormente por Jara (2006). Se consideró que el año ocurre en el sistema de aislamiento o en los cilindros del puente, detalladamente en la parte inferior de estos elementos. Por último, se determinaron curvas de fragilidad, donde se obtuvieron con la ayuda de los dos modelos anteriores con base en evaluar la probabilidad que un daño exceda un estado de daño dado, en función de desplazamientos y de la aceleración máxima del suelo.

De acuerdo a De Oliveira y Candeias (2008) en su trabajo titulado: “*Mitigación del riesgo sísmico en Continental Portugal*”, mencionana que:

El parque de viviendas de Portugal continental contiene algunas tipologías de construcción de alta sismicidad que es urgente abordar para reducir el riesgo sísmico asociado. Riesgo sísmico asociado a ellos. En el proyecto de investigación "Mitigación del riesgo sísmico en Continental Portugal", desarrollado en el Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) y financiado por la Fundación Portuguesa para la Ciencia y la Tecnología (FCT), los edificios "Se identificaron los edificios con mayor riesgo. Este tipo de edificios construido entre mediados del siglo XIX y principios del XX, se caracteriza por aplicación de materiales de construcción de baja calidad y técnicas de

construcción deficientes que tienen como consecuencia una alta vulnerabilidad sísmica. La transposición de los resultados experimentales a los modelos numéricos se realizó con el la vulnerabilidad sísmica de los modelos y de la tipología. Estática y análisis lineales estáticos y dinámicos con el objetivo de estimar el estado inicial de los resultados de este estudio se basan en los resultados de los modelos numéricos con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad sísmica de los modelos y la tipología. Tomando los resultados experimentales tomando como referencia los resultados experimentales, también se realizaron análisis no lineales con modelos continuos y con modelos simplificados, basados en macroelementos, que Los resultados de estos análisis permitieron captar la esencia de la respuesta sísmica en términos globales.

Según García (2015) en su investigación titulada “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios urbanos a partir de datos geoespaciales*”, sostiene que:

Con base en datos geoespaciales se evalúa el grado de vulnerabilidad sísmica de acuerdo al índice de daño físico que pueden sufrir las diferentes edificaciones de la zona norte de la comuna de Benito Juárez de la Ciudad de México ante un sismo de intensidad anormal, entre ellas: modelo digital de imágenes satelitales QuickBird de alta resolución. Los parámetros relevantes obtenidos son: la altura de la estructura, la superficie del suelo y el año de construcción que determinan el periodo de vibración fundamental. de los diferentes tipos de construcciones evaluadas lo que le permitió estimar la demanda sísmica sobre la construcción a partir de los espectros de diseño vigentes en la zona sísmica en la que se ubica cada construcción evaluada. Concluye en lo general, que las construcciones de la zona de estudio presentan vulnerabilidad baja, no obstante algunos edificios de más de cinco niveles pueden ofrecer vulnerabilidades moderadas o altas.

Según el investigador Hernandez (2016) en su tesis “*Vulnerabilidad*

*sísmica de edificios del campus mocambo de la universidad veracruzana*”, señala que:

Evalúa la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del campus Mocambo de la Universidad Veracruzana para determinar su susceptibilidad al daño en caso de un sismo, y está en capacidad de brindar asesoría técnica sobre el estado actual de la estructura e indicar soluciones. posible. Considera desarrollar el cálculo de la vulnerabilidad estructural a partir del índice estructural de hirosawa de primer orden. El método consta de tres niveles de análisis, cada uno más preciso en secuencia, basado principalmente en el estudio del comportamiento y resistencia de los sistemas estructurales (hirosawa, 1992).

De acuerdo a Martinez (2015) en su investigación titulada: *“Vulnerabilidad estructural en edificios de la zona del valle de orizaba”*, menciona que:

Para el análisis sísmico utilizó acelerogramas registrados en la Ciudad de México en 1985, debido a que el evento causó una de las mayores pérdidas en infraestructura y personas, y se amplió el evento de 1 a 5 unidades para fortalecer su impacto en la influencia de la estructura. Con estos datos de entrada, el edificio realizó un análisis estático de gravedad, modal y no lineal (Pushover) y un análisis incremental (ADI); se obtuvieron parámetros como el desplazamiento, la deformación, la fuerza de corte y la rigidez. Estos datos se utilizan para obtener el IRRS (Índice de Reducción de Rigidez Secante), que puede interpretarse como una medida de daño estructural. Finalmente, después de obtener todos los datos, use la función de confiabilidad para determinar la curva de confiabilidad usando Cornell beta para cada grupo de edificios.

Según Salazar (2016) en su tesis denominada *“Criterios para la evaluacion de la vulnerabilidad sismica de puentes de concreto*

*armado en la zona urbana de la ciudad de huaraz – sub cuenca del río quillcay*”, indica que:

Tuvo como finalidad determinar los criterios para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los puentes de hormigón armado en la zona urbana de la ciudad de Huaraz - Cuenca del Río Quelque; para la zona de estudio que optó por la norma americana, que incluye la evaluación de pilares y estribos a través de una función de vulnerabilidad Daño físico, una función de fragilidad que mide el índice de daño físico (IDF) a través de un rango de valores relacionados con la extensión y extensión del daño. Concluye que los puentes de hormigón armado en la subcuenca del río quillcay exhiben un índice de vulnerabilidad baja de nivel ligero, indicando que no hay peligro estructural inminente o que el daño es fácilmente reparable, con leves desplazamientos del estribo con referencia a la losa y pequeñas deflexiones en la zona superior de la losa.

En su investigación titulada: “*Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca*” Bazán Arbildo, 2007), sostiene que:

El objetivo principal de su investigación fue comprender y estudiar las características técnicas de las viviendas construidas en la ciudad de Cajamarca, para estimar su comportamiento sísmico y consecuente vulnerabilidad sísmica. En este estudio se seleccionaron ciudades enteras, es decir, áreas urbanas y periurbanas. Estudia 120 viviendas terminadas, representativas de un determinado barrio y/o zona, distribuidas en 03 parcelas de terreno presentadas en la ciudad. Con base en su investigación, concluyó que la construcción de casas solo podía realizarse con la ayuda de un capataz, con poca intervención de ingenieros civiles y más frecuentes su intervención en la etapa de elaboración del proyecto. El escaso conocimiento técnico con que cuentan estos obreros genera condiciones negativas que influyen en



la seguridad física de las viviendas. Se encuentran viviendas mal ubicadas, con deficiente cantidad de muros en el sentido paralelo a la calle, muros y tabiques sin confinamientos, muros pésimamente contruidos. De las 120 viviendas analizadas ante sismo raro el 65% de viviendas presentan una vulnerabilidad sísmica alta, el 17.5% VS media y el 17.5% VS Baja.

Según Ugel (2015) en su tesis titulada “*Vulnerabilidad sísmica en edificaciones porticadas compuestas de acero y hormigón armado*”, dice que:

Los modelos o edificios existentes se dividen en tres grupos: edificios de poca altura, de mediana altura y de gran altura, definidos por algunos códigos utilizados. Los pisos de la estructura de acero corresponden al último piso o dos del edificio. Realizó el análisis de propiedades estáticas y dinámicas no lineales para determinar los parámetros de capacidad, fragilidad y daño cree sistemas estructurales de acuerdo con los estándares del programa, como RISK UE, FEMA 750 y ATC 40, y métodos como Spectrum-Capacity, N2, Adaptive Pushover y Parametric Capacity Model. Se determinaron curvas de vulnerabilidad e índices de daño utilizando dos métodos diferentes con el fin de examinar el comportamiento en términos de confiabilidad, es claro que en algunos sistemas estructurales existe una alta probabilidad de cero daño y en otros hay una alta probabilidad de daño. Sus resultados numéricos muestran que con el uso de acelerogramas, la mayoría de los modelos estudiados sufren una deformación lateral significativa y una degradación de la rigidez, a menudo excediendo los estados límite aceptables desde el punto de vista de la especificación. Se realizaron pruebas experimentales en un marco híbrido con dos capas de hormigón armado (capa inferior) y acero (capa superior) y una junta híbrida de acero y hormigón armado a escala real. Ambos ensayos fueron sometidos a cargas laterales cíclicas a fin de determinar sus características, comportamiento y capacidad ante acciones histeréticas en términos de degradación de

rigidez y evolución de daño.

Por su lado Pineda (2016) en su trabajo de investigación denominado “ Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales construidas en 1974 en el barrio de la soledad baja de la ciudad de Huaraz - año 2013”, sostiene que:

El objetivo de su estudio fue determinar el índice de vulnerabilidad sísmica estructural de viviendas de interés social construidas cerca de Soledad Baja en la ciudad de Huaraz en 1974 - 2013. Los resultados lo llevaron a las siguientes conclusiones, el índice de vulnerabilidad baja fue del 22%, el índice de vulnerabilidad media fue del 75% y el índice de vulnerabilidad alta fue de 3%, en las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la Soledad baja de la ciudad de Huaraz, también realizó el análisis para la comprobación del índice de vulnerabilidad sísmica utilizando el programa computacional ETABS 2015, a través del análisis dinámico modal espectral de la vivienda tipo; reportando como resultado un desplazamiento máximo de 0.50 mm, que ocurre en el segundo nivel de la vivienda; el cual es menor al desplazamiento máximo de 26.00 mm, permitido por la norma técnica E.030 del reglamento nacional de edificaciones.

En su investigación de título denominado "*Vulnerabilidad sísmica en edificaciones antiguas de las I. E. Estatales de Huancayo Metropolitano*" Lopez (2020), indica que:

Tuvo como objetivo determinar la diferencia entre la vulnerabilidad sísmica en edificaciones antiguas de las I.E. estatales de Huancayo Metropolitano. Se empleó el método científico, fue de tipo no experimental, de nivel descriptivo y aplicando un diseño descriptivo comparativo. Como resultado de la investigación se obtuvo el sig. (bilateral) de 0.036 el cual es menor que el valor alfa 0.05; por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis formulada. Además, se afirma que existe diferencia significativa en la vulnerabilidad

sísmica en las edificaciones antiguas de las I.E. estatales de Huancayo Metropolitano, siendo las diferencias de medias entre las poblaciones de estudio en los cinco grupos las siguientes: 47.15, 36.85, 45.68, 37.12 y 48.21 respectivamente.

De acuerdo a los investigadores Cartagena & Del Águila (2018) en su tesis titulada “*Análisis y evaluación de la vulnerabilidad sísmica del hospital II de Pucallpa – ESSALUD*”. Mencionaron que:

El objetivo principal de Su investigación consiste en estimar el índice de vulnerabilidad y daño sísmico del Segundo Hospital de Pucallpa a partir del sistema estructural de la región Ucayali mediante análisis cualitativo y cuantitativo. Se lograron los siguientes resultados: - Edificio de administración, sala central de desinfección, departamento de radiología, centro de detención; presentando vulnerabilidad insegura a terremotos, alto índice de vulnerabilidad de 46.88%, índice de daño por intensidad de 29.852% (VII), 65.78% (VIII) y 132.741 % (IX); alto riesgo sísmico con deriva que no cumple con la norma E-030. - Edificación Primeros Auxilios, Medicina Física, Laboratorios; presenta vulnerabilidad sísmica segura con un índice de vulnerabilidad promedio de 31.25% e índices de daño por intensidad de 13.221% (VII), 30.429% (VIII) y 66.953% (IX); riesgo sísmico moderado ; la deriva no cumple con la norma E-030.

De acuerdo a Maldonado (2019) en su tesis con el título “*Estimación de funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones con base en procedimientos probabilísticos*”, indica que:

Su investigación se centra en las clases predefinidas C1mck 1GL y C2 mckFy 1GL en el programa PSVT. El modelo C1mck 1GL corresponde al modelo lineal 1GL, al incluir el factor factor de deformación inelástica, estimar el desplazamiento lateral máximo en el rango inelástico mediante simulación, y finalmente obtener la curva de fragilidad. Finalmente se obtiene la curva de fragilidad utilizando Simulación Monte Carlo (SMC). Para explicar el procedimiento de verificación del desempeño se eligió un edificio ordinario (casa) y un

edificio típico (escuela), ambos correspondientes a construcciones formales por lo que cuentan con licencia de construcción y su diseño ante cargas laterales está basado en la Norma Técnica E030 “Diseño Sismorresistente”. Se ha generado un modelo de demanda sísmica, un modelo estructural para simulación y su análisis para determinar la función de vulnerabilidad. Los resultados muestran que la curva de fragilidad da un valor bajo o cero indicando la probabilidad de colapso, en línea con el concepto de diseño de la norma técnica E030 “Diseño Sísmico”. La estimación de la curva de vulnerabilidad permite determinar el costo de reparación de la estructura bajo el escenario de demanda sísmica y a través del porcentaje de vulnerabilidad alcanzado por la estructura en el escenario caracterizado por el valor máximo de aceleración (PGA) sin fortalecer la edificación analizada.

Por su parte Cruz & Rios (2019) en su investigación titulada: *“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones de aulas n°1 y n°2 de la Universidad Nacional de Ucayali”*. sostienen que:

Plantearon como objetivo determinar la vulnerabilidad sísmica de los pabellones de aulas 01 y 02 con el fin de contribuir y facilitar la actuación ante un evento sísmico para no poner en peligro la vida humana y reducir los daños materiales tras un sismo de gran magnitud. Para ello, aplicaron el modelo italiano de Benedetti y Petrini. Los resultados obtenidos reflejan la alta vulnerabilidad sísmica de ambos pabellones de aulas del tipo mampostería, mientras que la evaluación de los pabellones de aulas 01 y 02 tipo hormigón armado es vulnerabilidad sísmica alta; por lo que ante un sismo severo los Pabellones de Aulas N° 01 y N° 02 de la Universidad Nacional de Ucayali sufrirán fallas de columna corta, piso blando, sus tabiques colapsarán y conllevará al posible colapso de ambos Pabellones de Aulas.

## VI. MARCO TEÓRICO

### 6.1.1. Sismología

#### Inicios de la sismología

La ciencia de la sismología, como la conocemos ahora, empieza con los primeros registros sísmicos que surgieron a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX con la instalación de sismógrafos (ahora llamados mecánicos) en diversas partes del mundo.

La sismología es una ciencia joven que ha contribuido significativamente al conocimiento de la estructura de nuestro planeta. Una de las primeras contribuciones fue el estudio del núcleo de la Tierra realizado por el inglés Richard Dixon Oldham en 1906. Más tarde, en 1936, los estudios de velocidad y propagación de ondas sísmicas dentro de la Tierra llevaron a la sismóloga danesa Inge Lehmann a concluir que hay un núcleo sólido de alta temperatura y un núcleo líquido en el centro de la Tierra. Por otro lado, en 1935 el estadounidense Charles Richter estableció una fórmula para obtener la magnitud de un terremoto y cuantificar la magnitud del terremoto.

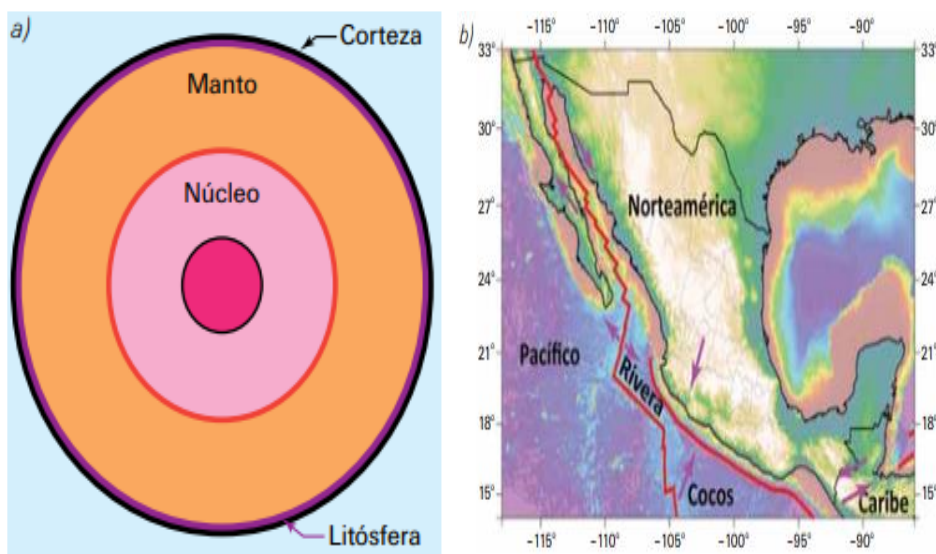


Figura 1. a) Estructura interna de la Tierra. b) Placas tectónicas en México.

Las líneas rojas delimitan las placas y las flechas moradas indican el movimiento relativo entre ellas.

## **Placas tectónicas**

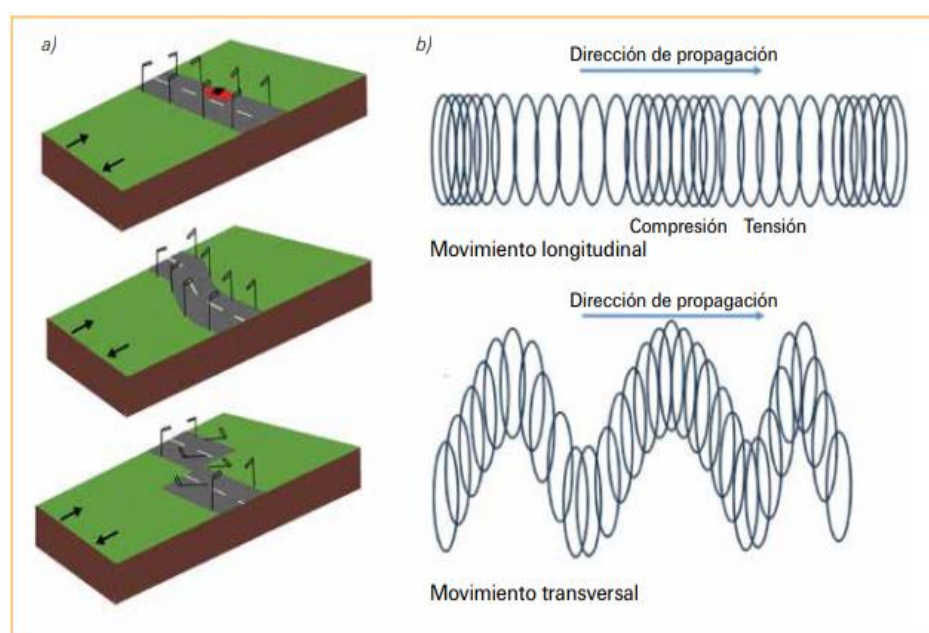
Otro aporte notable y valioso es la interpretación de la tectónica de placas, que involucra a la corteza terrestre. El núcleo de nuestro planeta está compuesto mayoritariamente por hierro y níquel, aunque todavía se están estudiando otras características de su estructura y composición. La parte media, llamada manto, se compone principalmente de silicatos de hierro y magnesio. La parte exterior de la Tierra es la litosfera, que está formada por la corteza y partes del manto; tiene un espesor variable, hasta 100 kilómetros, y se comporta como un cuerpo rígido, que flota y se mueve "a voluntad" con el lento interior movimiento del manto. Este movimiento se debe a la convección, que se crea por la diferencia de temperatura entre las regiones cercanas al núcleo (~3000 °C) y las más cercanas a la corteza (~1000 °C), donde los compuestos del manto son más ligeros y tienden a elevarse, sus compuestos son más pesados y se hundirán. Así que después de un tiempo miles de millones de años, se ha dado forma a lo que hoy conocemos como continentes y océanos.

## **Los sismos**

La teoría de la tectónica de placas ayuda a comprender el porqué del movimiento relativo entre ellas; también, cómo esa gran deformación y fuerzas de fricción se originan en las fronteras de la corteza. Esto provoca que el material del que están constituidas las placas finalmente se fracture y provoque, en la mayoría de los casos, desplazamientos súbitos o perturbaciones, lo cual constituye la antesala de lo que en la superficie terrestre se conoce como un sismo.

El movimiento relativo entre placas tectónicas provoca que enormes fuerzas se concentren principalmente en sus límites y el medio se deforme. Esto funciona como un gran resorte que acumula energía potencial, conocida en sismología como energía sísmica. Se acumula hasta donde lo permite el límite elástico del medio hasta romperse, fracturarse o dislocarse, es decir, se mueve bruscamente y provoca un terremoto. En 1906, el geofísico estadounidense Harry F. Reid estudió este proceso elástico y dinámico tras el terremoto de San Francisco. Sus observaciones en el área donde se encuentra la falla de San Andrés le permitieron formular formalmente la teoría del rebote elástico (ver Figura 2a). Los terremotos son causados por el movimiento, la fricción y la deformación de las placas tectónicas. El primero proporciona energía, el segundo almacena energía y la fricción es un precursor importante de este proceso.

Porque los terremotos son el resultado de perturbaciones ya sea en la superficie o en el interior de la Tierra, al lugar donde se origina la perturbación se le conoce como fuente sísmica, foco o hipocentro.



*Figura 2.* a) Teoría del rebote elástico. b) Ondas de cuerpo: longitudinales (ondas P) y transversales (ondas S).

El hipocentro puede deberse a los efectos de meteoritos, explosiones o derrumbes, pero hablaremos de los que tienen origen tectónico. La destrucción de rocas implica la liberación repentina de la fuerza ejercida sobre el suelo, de esta manera, la tierra comienza a vibrar. En pocas palabras, un terremoto es una onda que se propaga en el medio terrestre y provoca dichas vibraciones. En los sólidos se pueden propagar dos tipos de ondas. La primera se denomina onda de compresión porque consiste en la transmisión de compresión y tensión; también se denominan longitudinales porque la compresión y la tensión ocurren a lo largo de la trayectoria de la onda. La segunda es una onda de corte o shear wave, precisamente porque las partículas del medio se desplazan perpendiculares a sus trayectorias. La Figura 2b muestra la propagación de estas ondas en un medio elástico. Las ondas de compresión viajan más rápido que las ondas de corte, por lo que van a todas partes en este orden, por lo que se denominan ondas P y S (primarias y secundarias). Por ejemplo, en materiales como el granito, la velocidad de la onda P es de 5,20 km/s y la velocidad de la onda S es de 3 km/s. Ambas también se denominan ondas de cuerpo u ondas internas porque pueden propagarse dentro de sólidos elásticos. La diferencia entre los tiempos de llegada de las ondas P y S es pequeña si se está cerca de la fuente; esta diferencia aumenta a medida que las personas se alejan de la fuente. De esta forma, a partir de los registros de diferentes estaciones sísmicas, es posible determinar dónde está el epicentro (latitud y longitud), y la profundidad del epicentro.

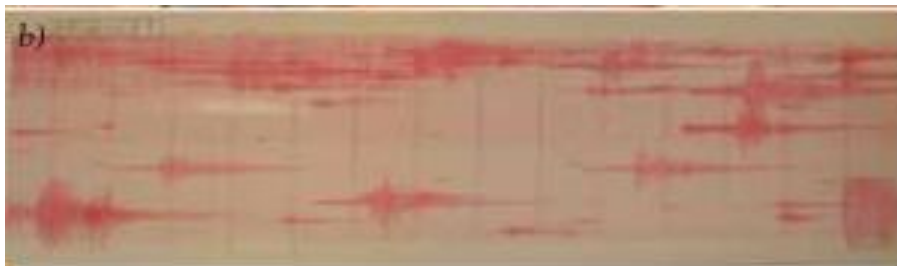
## **Sismógrafos**



Los primeros sismómetros se diseñaron a finales del siglo XIX (ver Figura 3a). Hoy en día, estos instrumentos han alcanzado un alto grado de precisión, aunque todavía utilizan la física del movimiento pendular. Hasta hace unos años, el registro sísmico consistía en mover tiras de papel sobre tambores y utilizar un bolígrafo para registrar el movimiento de los sismógrafos.



*Figura 3 a) sismógrafo horizontal Wiechert,*



*Figura 3 b) Registro del 19 de septiembre de 1985 en la estación de Pinotepa Nacional, Oaxaca.*

### **Magnitud e intensidad**

Las escalas de magnitud e intensidad se utilizan para cuantificar y medir los temblores. Esta magnitud fue propuesta por primera vez en 1935 por Charles Richter, quien estableció una ecuación logarítmica. Existen varios tipos de magnitudes estimadas a partir de diferentes etapas sísmicas. El sismo más utilizado hoy en día es el de magnitud de momento ( $M_w$ ), que

viene determinado por una cantidad proporcional al área de ruptura. roto) y el deslizamiento que ocurre en caso de falla. Su estimación es compleja y puede realizarse utilizando varios métodos y tipos de datos. Esta magnitud fue propuesta en 1979 por los sismólogos Thomas Hanks y Hiroo Kanamori de Caltech. La magnitud también refleja la cantidad de energía liberada por el terremoto. Cada orden de magnitud difiere por un factor de 32; por ejemplo, un terremoto de 8,0 irradia 32 veces más energía que un terremoto de 7,0 y 1024 veces más energía que un terremoto de 6,0.

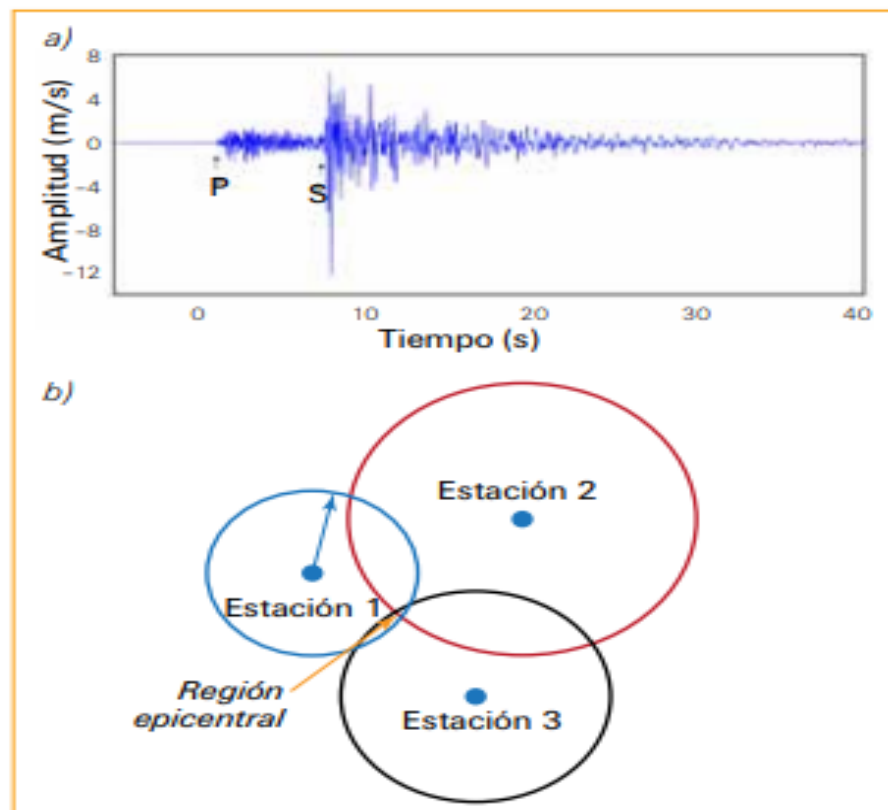


Figura 4. a) Registro digital de un sismo. b) Método de triangulación para determinar la localización de la fuente sísmica.

### 6.1.2. Variable Evaluación de la vulnerabilidad sísmica

La experiencia con terremotos pasados ha demostrado que estructuras del mismo tipo pueden sufrir mayores daños por terremotos a pesar de estar en la misma ubicación (Yépez Moya, 1996). Esto se debe a la existencia de estructuras con mejor calidad estructural que otras, es decir, a que algunas estructuras son menos vulnerables que otras. Por lo tanto, se puede decir que la vulnerabilidad sísmica de una estructura o grupo de estructuras, es la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico de una severidad determinada (Barbat, 1998). La vulnerabilidad está directamente relacionada con la calidad de una estructura o la capacidad de sus elementos estructurales para resistir terremotos. Que una estructura sea más o menos susceptible a sismos de ciertas características es una propiedad inherente a toda estructura, es decir, es independiente de la amenaza sísmica de su ubicación; por lo tanto, una estructura puede ser vulnerable pero no en riesgo a menos que esté ubicada en ubicaciones con cierta amenaza sísmica. Como se puede apreciar de lo anterior, los estudios de vulnerabilidad sísmica se pueden aplicar a cualquier obra de ingeniería civil como edificaciones, represas, caminos, puentes, terraplenes, embalses, centrales nucleares y en general, cualquier obra que lo requiera. Conoce su comportamiento ante un posible terremoto y sus posibles consecuencias. Debe ser posible estudiar esta cuestión, tanto

para estructuras existentes como para estructuras futuras en la fase de diseño.

La vulnerabilidad sísmica se puede evaluar de manera muy específica, ya sea a través de un estudio exhaustivo de estructuras o de manera general a nivel de ciudad. El conocimiento del comportamiento estructural suele ser complejo y depende de muchos parámetros que suelen ser difíciles de obtener. Algunos de estos parámetros incluyen la obtención de características de movimiento sísmico del sitio, resistencia de los materiales de construcción, masa de construcción o interacción con elementos no estructurales, etc. Por otro lado, hacer investigación a nivel de ciudad se puede reducir a conocer algunos parámetros básicos para clasificar estructuras, es decir, para entender sus cualidades estructurales. A menudo, planificar un estudio de riesgo de terremotos significa analizar un área grande, hacer una investigación a nivel de ciudad es la más factible (Mena Hernández, 2002). Estos estudios están incluidos en marcos estadísticos, por lo que casi todas las estimaciones de vulnerabilidad tienen algún grado de incertidumbre asociado. Esto se debe en gran medida a la estimación no se considera un estudio detallado de la estructura, estado y comportamiento de la estructura. A pesar de esta deficiencia, estos estudios son muy fáciles de aplicar y son adecuados para clasificar una gran cantidad de atributos. El concepto de vulnerabilidad se puede

usar para describir no solo aspectos estructurales, sino también aspectos no estructurales, funcionales u operativos, etc., y las estimaciones de vulnerabilidad generalmente se basan en observaciones visuales sin referencia al cálculo del comportamiento estructural. En los estudios de riesgo sísmico es necesario poder predecir el grado de daño que puede experimentar una estructura en diferentes niveles de siniestralidad sísmica, para poder tomar decisiones sobre su reparación o refuerzo. En este sentido, es necesario aclarar el tipo de afectación o daño que se considera en la evaluación de la vulnerabilidad.

#### **PARAMETROS PARA DEFINIR LA FUERZA SISMICA**

De acuerdo al mapa de zonificación sísmica de la Norma de Diseño Sismo resistente vigente, el área del proyecto se encuentra ubicada en la zona sísmica 2 correspondiente a una zona con sismicidad media.

Según la Norma Técnica E.030 y de acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelos, con fines de cimentación, se considerara los siguientes valores para los análisis estructurales:

Factor de :

zona                       $Z = 0.25$  Zona 2  
(Ucayali)

La Norma E.030 en mención nos da en su Anexo N° 01 la zonificación por distritos, por tanto tenemos

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
UCAYALI	PURÚS	PURÚS	1	ÚNICO DISTRITO
	ATALAYA	RAIMONDI	2	TODOS LOS DISTRITOS
		SEPAHUA		
		TAHUANÍA		
		YURÚA		
	PADRE ABAD	CURIMANÁ	2	TODOS LOS DISTRITOS
		IRAZOLA		
		PADRE ABAD		
	CORONEL PORTILLO	CALLERÍA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CAMPOVERDE		
		IPARÍA		
		MANANTAY		
		MASISEA		
		NUEVA REQUENA		
		YARINACocha		

Factor de Suelo (S2) : resistencia  $0.50 \text{ Kg/cm}^2 \leq 0.8 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1.00 \text{ Kg/cm}^2$   
 $S = 1.20$  para zona 2 (Ver Tabla N° 3 de Norma E.030)

Periodo que define la plataforma del espectro :  $T_p = 0.60 \text{ s}$  oara  $S_2$  (Ver Tabla N° 4 de Norma E.030)  $T_L = 2.0 \text{ seg}$

Factor de uso: (A-Edif. Escenciales) :  $U = 1.5$

Periodo Fundamental de vibración :  $T = h_n / C_T \rightarrow$   
 Para módulos de un solo piso  
 $C_T = 45$  para el sentido x e y según apartado 4.5.4 de Norma E.030; luego:  
 Se determinarán para cada módulo cuando corresponda,

Factor de amplificación sísmica :  $T < T_P \quad C = 2.5$   
 $T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right)$

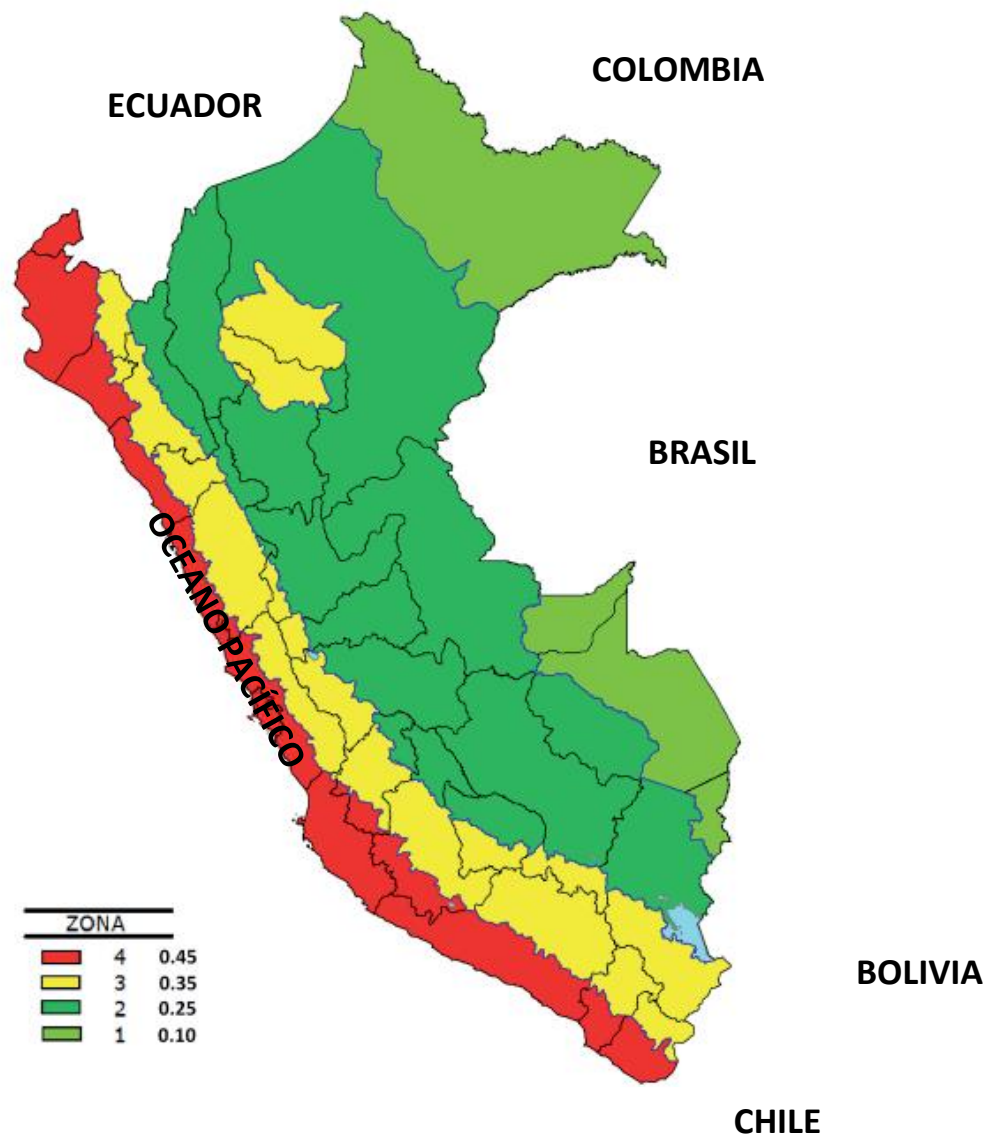


Figura N° 5.- Mapa de Zonificación sísmica del Perú

## Variable 2: Grado de vulnerabilidad

El término daño describe diversos fenómenos que representan el deterioro físico de los elementos constructivos (Yépez Moya, 1996). El grado de daño que sufre una estructura

se puede dividir en dos tipos: daño estructural y daño no estructural:

- *Daño estructural*: El término daño describe diversos fenómenos que representan el deterioro físico de los elementos constructivos (Yépez Moya, 1996). El grado de daño que sufre una estructura se puede dividir en dos tipos: daño estructural y daño no estructural:

- Daño estructural: Es el daño de los elementos resistentes de la estructura. La extensión del daño está relacionada con la calidad del material de los elementos estructurales, la configuración y tipo de sistemas estructurales resistentes y las cargas aplicadas. Este tipo de daño es importante para evitar el colapso estructural. En los últimos años se han utilizado algunos parámetros de respuesta estructural, tales como deformación interlaminar, requerimientos de ductilidad, disipación de energía, fuerza cortante interlaminar, etc., a través de los cuales se dan indicadores de daño que pueden ser considerados como medidas representativas de la degradación estructural, ya sea a nivel de cada elemento, o a nivel de toda la estructura.

- *Daño no estructural*: Ocurre en elementos que no forman parte del sistema de resistencia estructural, incluidos, por ejemplo, daños en edificios, daños en el sistema eléctrico, plomería y contenido estructural. En el terremoto de Loma Prieta de 1989, el terremoto de Northridge de 1994 y el terremoto de Kobe de 1995, una gran cantidad de edificios se diseñaron para dañar elementos no estructurales (Terán, 2002), lo que indica que tales pérdidas no se pueden limitar Economía.



## VII. METODOLOGIA

### Tipo de investigación

Dependiendo del tipo de datos analizados, aplicar la investigación y mezclarla de acuerdo a los datos cuantitativos y cualitativos, ya que requiere mediciones numéricas, estadísticas y el uso de datos serán recopilados en lenguaje natural o datos cualitativos.

### Nivel de investigación

**Descriptiva**, porque a través de la información obtenida se va a identificar, describir, clasificar elementos y estructuras para caracterizar una realidad.

**Experimental**, para determinar las características de fallas de en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, **se usará el programa de simulación estructural SAP 2000 y hojas de cálculo para el cimiento, vigas y columnas.**

**Analítica**, la información que se obtiene del modelamiento y procesamiento de datos serán analizados mediante sus correspondientes variables.

**Explicativa**, una vez obtenido los resultados del análisis se procederán a explicar por qué ocurren los resultados esperados.

**Aplicativa**, los conocimientos que se obtienen a partir del método del Índice de Vulnerabilidad en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, el ensayo del concreto endurecido combinados con los datos obtenidos del modelamiento para obtener los elementos resistentes de la Unidad considerada para el análisis.

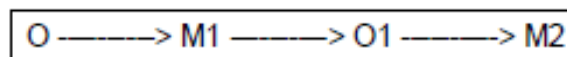
Estrategias para demostrar la hipótesis:

- ☐ Recolección y análisis de datos bibliográficos para evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones.
- ☐ Identificar las características de los elementos estructurales mediante ensayos.

- ☐ Conocer las características del suelo de las áreas estudiadas.
- ☐ Realizar el análisis sísmico en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, utilizando ETABS V.16.2.1.
- ☐ Evaluar la vulnerabilidad sísmica con el método italiano de Benedetti y Petrini.
- ☐ Conclusiones y recomendaciones.

### **Diseño de la investigación**

- ☐ Investigación bibliográfica sobre la evaluación de la vulnerabilidad de las estructuras de hormigón armado y de albañilería confinada.
- ☐ Análisis, indagación y valoración de documentos existentes, tal como datos en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, especificaciones técnicas y planos.
- ☐ Trabajo de campo: Inspección visual para el diagnóstico de las características geométricas, constructivas y estructurales.
- ☐ Modelo matemático de diseño de la investigación:



Donde:

O = Objeto de estudio o unidad de análisis.

M1 = Medición de la variable independiente.

O1 = Observación relevante.

M2 = Resultados.

- ☐ Obtener los valores de resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ) de los elementos estructurales (columnas y vigas) mediante el programa de simulación estructural SAP 2000 y hojas de cálculo, cimiento vigas y columnas.
- ☐ Obtener el valor de la capacidad portante ( $q_{adm}$ ) del área evaluada.

- Obtener el valor de  $f'm$  (Resistencia de la albañilería a la compresión axial) de las unidades de albañilería utilizadas en los muros principales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Realizar el análisis sísmico de la edificaciones según con los requisitos de la NTE. E030 en el programa de cálculo conocido como Etabs V.16.2.1.
- Integrar los resultados obtenidos en el estudio para hacer un análisis dentro del contexto global de dicho pabellón y, eventualmente, identificar si el nivel de vulnerabilidad, está correlacionado con la edad, tipología y el modelo estructural.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Elaboración del informe final.

### **7.1. Lugar de estudio**

La zona del proyecto se encuentra ubicada en la zona suroeste de la ciudad de Pucallpa en el terreno perteneciente a la Univerisdad Nacional de Ucayali.

La ubicación geográfica, de la zona de estudio es

Distrito	:	Callería
Provincia	:	Coronel Portillo
Departamento y Región	:	Ucayali

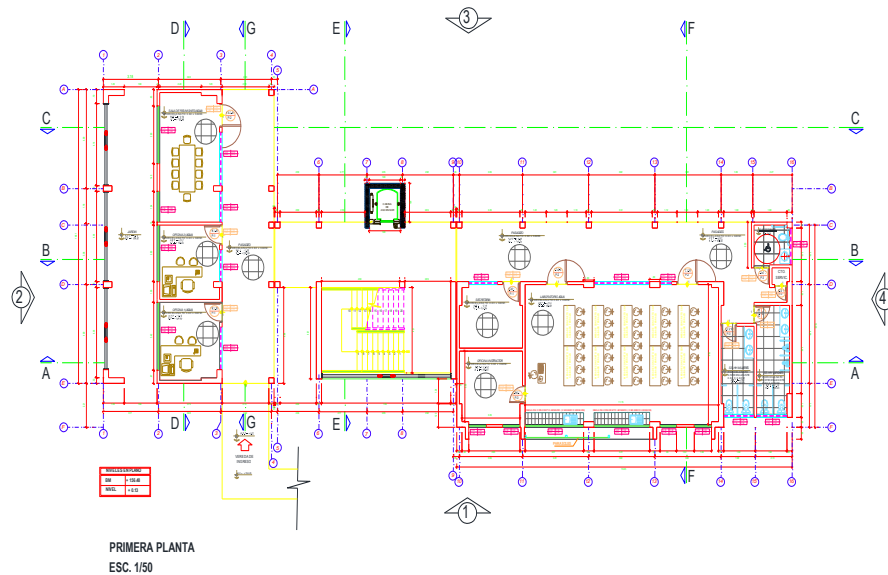
### **7.2. Población y tamaño de muestra**

#### **Población**

La población está constituida por las estructuras a analizarse de las obras ejecutadas y entregadas a traves de una zonificación que se realizará en las áreas de la Universidad Nacional de Ucayali.

## Muestra

La muestra está constituida por las estructuras a analizarse serán las que a continuación se enumeran: Módulo 1 de 2 pisos, de dos niveles. Módulo 2 de 3 pisos, de tres niveles. Módulo 3 de 3 pisos, de tres niveles donde se estudiarán vulnerabilidad sísmica en edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional De Ucayali.



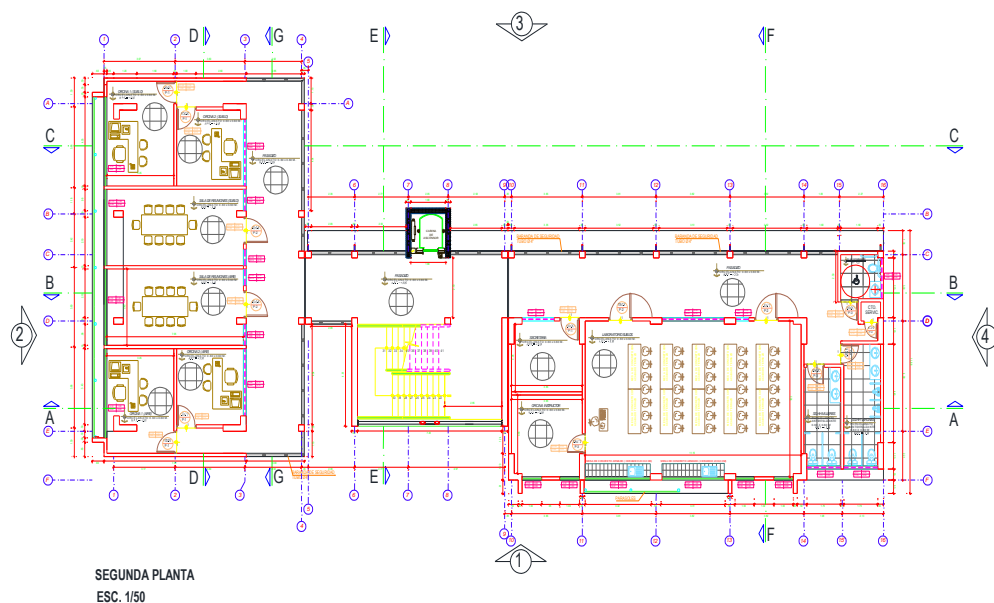
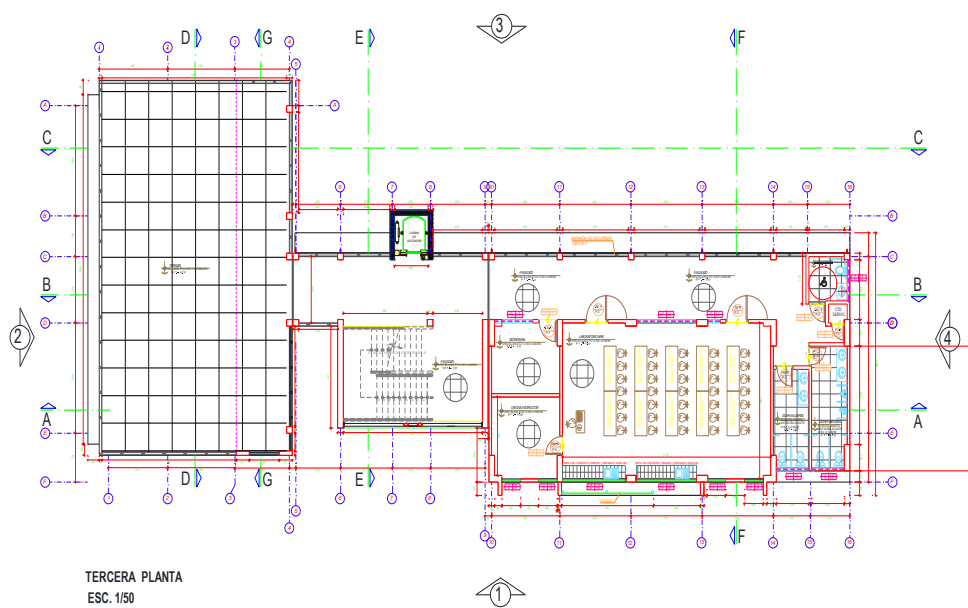


Figura N° 7. .Primera y segunda planta de la edificación



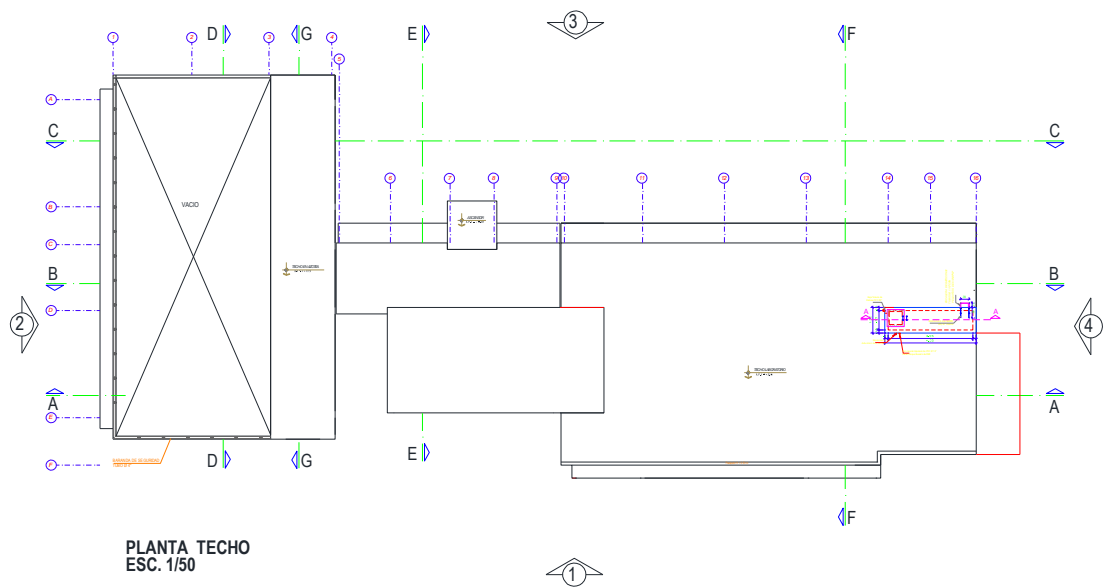


Figura N°8. Tercera planta y techos de edificación

### 7.3. Descripción detallada de los métodos, uso de materiales, equipos o insumos

#### a) Diseño de muestreo

El diseño de muestreo es no probabilístico, porque solamente se trabajará con la población investigada, es decir, únicamente sobre los elementos estudiados.

#### b) Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos entre otros.

##### Recursos Materiales

- Computadora portátil.
- Programa de simulación estructural SAP y hojas de cálculo para cimiento, vigas y columnas.

Cámara fotográfica: Modelo LUMIX DMC – SZ9, cámara delgada y compacta con zoom óptico 10x, capaz de alcanzar hasta los 20 x, aproximadamente 16 megapíxeles, pantalla LCD de 7,5 cm (3,0 ") TFT pantalla LCD (460K puntos), imágenes formato JPEG(DCF/Exif2.3).

- Wincha: De cinco metros marca Stander, hoja de fibra de vidrio de alta resistencia, con doble sistema de medición (cm/pulg), no corrosiva y resistente a la decoloración.
- Esclerómetro: Modelo # 35-1480, se evaluó la resistencia a la compresión del concreto de los elementos estructurales (vigas y columnas), para lo cual se utilizó ensayos in situ de esclerometría, estos ensayos fueron realizados en los Pabellones de Aulas N°01 y N°02 materias de nuestro estudio.

Recursos Financieros

TOTAL S/.3160

c) Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico

Variable: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

d) Aplicación de prueba estadística inferencial

Prueba de hipótesis

#### 7.4. Tabla de recolección de datos por objetivos específicos

Estructura	PISO	Identificación	N° rebote promedio	f'c del ensayo
------------	------	----------------	--------------------	----------------

Columna N°01	01	P1M1	30	171.76
Columna N°02	01	P1M2	31	186.44
Viga N°01	01	P1M3	29	162.21
Columna N°01	01	P1M4	31	186.44
Columna N°02	01	P1M5	32	193.78
Viga N°01	01	P1M6	30	171.76
Columna N°01	01	P1M7	32	186.44
Columna N°02	01	P1M8	32	193.78
Viga N°01	01	P1M9	31	186.44
Columna N°01	02	P1M1	31	186.44
Columna N°02	02	P1M2	29	162.21
Viga N°01	02	P1M3	30	171.76
Columna N°01	02	P1M4	32	193.78
Columna N°02	02	P1M5	30	171.76
Viga N°01	02	P1M6	31	186.44
Columna N°01	02	P1M7	29	162.21
Columna N°02	02	P1M8	30	171.76
Viga N°01	02	P1M9	30	171.76

## VIII. CRONOGRAMA

Actividad	Meses						
	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Buscar título de Investigación	X						
Elaboración del Investigación	X	X					
Presentación		X					



del Investigación							
Aprobación del Investigación			X				
Aplicación de Instrumentos			X				
Proceso y análisis de datos			X	X			
Redacción del proyecto				X	X		
Revisión y ajuste del proyecto						X	
Presentación del proyecto							X
Aprobación del proyecto							X

## IX. PRESUPUESTO

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Personal de campo	Personal	S/ 500.00	1	S/ 500.00
Topógrafo		S/ 150.00	1	S/ 150.00
Útiles de escritorio				S/ 50.00
Refrigerio				S/ 30.00
Acceso a internet				S/ 150.00
Movilidad				S/ 80.00
Fotocopias e impresiones				S/ 200.00
Pruebas de campo				S/ 2000.00
TOTAL				S/ 3160.00

## **X. BIBLIOGRAFÍA**

- ALLAUCA SANCHEZ, L. Y., & OUE, T. (2006). DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CINCO PISOS DISEÑADO CON LAS NORMAS PERUANAS DE EDIFICACIONES. LIMA, PERÚ.
- Bazán Arbildo, J. E. (2007). VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA. Lima, Perú.
- Bedoya Ruiz, D. A. (2005). Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento. Barcelona, España.
- CARTAGENA PINEDO, R. I., & DEL ÁGUILA VÁSQUEZ, I. A. (2018). ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL HOSPITAL II DE PUCALLPA – ESSALUD. Perú.
- CRUZ JIMENEZ, B. A., & RIOS RENGIFO, M. M. (2019). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS PABELLONES DE AULAS N°1 Y N°2 DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. Perú.
- de Oliveira , P. J., & Candeias, X. (2008). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios de mampostería . Brasil.
- DÍAZ LÓPEZ, L. A., & SANTOS CAVALHO, D. J. (2013). DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE CUATRO PISOS DISEÑADO CON EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES Y ACEPTANDO UNA DERIVA MÁXIMA DE 1%. Lima, Perú.
- Egozcue, J. J., Simarro, G., & Diez, P. D. (1997). Vulnerabilidad sísmica y toma de decisiones . España.
- Espíndola Castro, V. H., & Pérez Campos, X. (2018). ¿Qué son los SISMOS dónde ocurren y cómo se miden? *ciencia*, 8 -15; volumen 69 número 3.
- Galván Chávez, A. (2008). Vulnerabilidad sísmica del puente infiernillo II. Michoacana, México.
- GARCÍA MAGAÑA, J. H. (2015). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS URBANOS A PARTIR DE DATOS GEOESPACIALES. México DF., México.
- GUILLÉN LÓPEZ, L. B. (2005). VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES POR MUESTREO ESTADÍSTICO. MÉXICO, D. F., MÉXICO.
- HERNÁNDEZ ÁVILA, M. Á. (2016). VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS DEL CAMPUS MOCAMBO DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA. Veracruz, México.

- LÓPEZ BENDEZÚ, H. A. (2020). "Vulnerabilidad sísmica en edificaciones antiguas de las I. E. Estatales de Huancayo Metropolitano". Huancayo, Perú.
- MALDONADO SALVATIERRA, O. O. (2019). ESTIMACIÓN DE FUNCIONES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICACIONES CON BASE EN PROCEDIMIENTOS PROBABILÍSTICOS. Lima, Perú.
- MARTINEZ GUEVARA, G. O. (2015). VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICIOS DE LA ZONA DEL VALLE DE ORIZABA. Veracruz, México.
- NAVARRO LÓPEZ, C. E., & FERNÁNDEZ VILLEGAS, J. Á. (2006). DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO APORTICADO DE SEIS PISOS DISEÑADO CON LAS NORMAS PERUANAS DE EDIFICACIONES. LIMA , PERÚ.
- PINEDA SÁNCHEZ , J. C. (2016). DETERMINACION DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN VIVIENDAS SOCIALES CONSTRUIDAS EN 1974 EN EL BARRIO DE LA SOLEDAD BAJA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - AÑO 2013. Huaraz, Perú.
- Safina Melone, S. (2002). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Barcelona, España.
- SALAZAR CELESTINO, M. A. (2016). CRITERIOS PARA LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE PUENTES DE CONCRETO ARMADO EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE HUARAZ – SUB CUENCA DEL RIO QUILLCAY. Anchash, Perú.
- Ugel Garrido, R. D. (2015). Vulnerabilidad sísmica en edificaciones porticadas compuestas de acero y hormigón armado. España.

## XI. ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES DE ESTUDIO/DIMENSIONES/IND.	METODOLOGIA
Vulnerabilidad sísmica en edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali.	<p><b>Problema General:</b> ¿ Es adecuado el diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional De Ucayali frente a un sismo moderado?</p> <p><b>Problema Específico</b></p> <p><input type="checkbox"/> ¿ Las derivas resultantes del modelo estructural cumplirán con el máximo rango establecido en el RNE - Norma E.030?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿ Los problemas en la etapa en construcción y la calidad de los materiales usados en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, crecen los</p>	<p><b>Objetivo General:</b> <b>Evaluar la vulnerabilidad sísmica y diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, para proponer un diseño de los elementos estructurales de tal forma que no ponga en riesgo las vidas humanas y minimizar las pérdidas materiales.</b></p> <p><b>Objetivo Específico:</b></p> <p>• 1. Analizar el programa de simulación estructural SAP 2000 para proponer un diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, si cumplen con lo</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> <b>La evaluación de la vulnerabilidad sísmica y diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, aportará para establecer que el grado de vulnerabilidad es baja, frente a las situaciones probables de sismo.</b></p> <p><b>Hipótesis Específico:</b></p> <p>• H1: “Aplicando el programa de simulación estructural SAP 2000 se podrá evaluar y proponer un diseño de los elementos estructurales en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, si cumplen con lo señalado en NTE. E.030</p>	<p><b>V1: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica</b></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>D1: Escalas</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>D2: Índices</b></p> <p><input type="checkbox"/> <b>D3: coeficientes.</b></p> <p><b>V2: Elementos Estructurales</b></p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p><input type="checkbox"/> D1: Rangos de vulnerabilidad Bajo</p> <p><input type="checkbox"/> D2: Rangos de vulnerabilidad Media</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Cuantitativa y Cualitativa.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Descriptiva, Experimental, Explicativa, Analítica y Aplicativa.</p> <p><b>Método:</b> Recolección de Información: Fuente: Secundaria</p> <p><b>Técnica:</b> Modelamiento de la estructura del Edificio Administrativo. Procesamiento de la Información: <b>Se usará el programa de simulación estructural SAP 2000 y hojas de cálculo para el cimiento, vigas y columnas.</b></p> <p><b>Población:</b>  La población está constituida por las estructuras a analizarse de las obras ejecutadas y</p>

niveles de vulnerabilidad sísmica?

□ ¿ El modelo estructural que se tomará estará de acuerdo a los estándares mínimos de calidad y construcción 2022?

señalado en NTE. E.030 “Diseño Sismorresistente.

• 2. Indicar los problemas en la etapa constructiva, la resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ) y la resistencia a la compresión axial de las unidades de albañilería ( $f'_m$ ), utilizadas en las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali.

3. Proponer mediante programa de simulación estructural SAP 2000 y las hojas de cálculo para cimiento, vigas y columnas un diseño de los elementos estructurales del laboratorio de aire, agua y suelos.

“Diseño Sismorresistente”.

• Encontrando los problemas en la etapa constructiva, la resistencia a la compresión del concreto y la resistencia a la compresión axial de las edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional de Ucayali si cumplen con los requisitos normativos vigentes”.

H3: “El método del índice de vulnerabilidad y simulación estructural con hojas de cálculo para cimiento, vigas y columnas del laboratorio de aire, agua y suelos, es adecuada para hacer una propuesta de diseño estructural mejorado”

entregadas a través de una zonificación que se realizará en las áreas de la Universidad Nacional de Ucayali.

Muestra:

La muestra está constituida por las estructuras a analizarse serán las que a continuación se enumeran: Módulo 1 de 2 pisos, de dos niveles. Módulo 2 de 3 pisos, de tres niveles. Módulo 3 de 3 pisos, de tres niveles donde se estudiarán vulnerabilidad sísmica en edificaciones del laboratorio de aire, agua y suelos de la Universidad Nacional De Ucayali.