



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE  
CATEGORIZACIÓN, DE LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS DE LA  
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FILIAL ABANCAY – APURÍMAC, AÑO  
2017**

**PRESENTADA POR:**

**BACH. BORIS RAÚL GONZALES VALER**  
**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL**  
**DE INGENIERO CIVIL**

**ASESOR METODOLÓGICO :**

**Dr. MOLLOCONDO FLORES, Wilson**

**ASESOR TÉCNICO :**

**ING. JUAN CARLOS TESILLO SALAZAR**

**APURÍMAC – PERÚ**

**2017**

**VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DE  
CATEGORIZACIÓN, DE LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS DE LA  
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FILIAL ABANCAY – APURÍMAC - 2017**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme esperanza y vida. A mis padres: Nery, Dora; Hernán, Anani, a mi hermana Paola, tíos: Leticia, José, primos por ayudarme después de cada tropiezo, por cuidarme hasta cuando estoy lejos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a la Universidad Alas Peruanas – Filial Abancay y la Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional de éxito.

A todos mis docentes de la universidad que contribuyeron en mi formación y que de alguna manera hayan participado en la realización del presente trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos de la Universidad, por haber compartido muchos momentos alegres y algunos tristes, que ahora pasan a ser parte de nuestras experiencias que añoramos volver a vivirlas, a todos gracias por su amistad.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la Investigación.....	3
1.5. Limitaciones de la investigación.....	4

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio de investigación.....	5
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Vulnerabilidad sísmica.....	8
2.2.2. Riesgo Sísmico.....	9
2.2.3. Amenaza Sísmica.....	10
2.2.4. Vulnerabilidad Sísmica.....	10
2.2.5. Daño Sísmico.....	10

2.2.6. Vulnerabilidad.....	11
2.2.7. Desempeño sísmico de edificios: binomio capacidad-demanda.....	12
2.2.8. Metodología de la evaluación.....	13
2.2.9. Clasificación de la metodología de evaluación.....	14
2.2.9.1. Métodos empíricos.....	14
2.2.9.2. Métodos de categorización o caracterización.....	15
2.2.9.3. Métodos de inspección y puntaje.....	15
2.2.9.4. Métodos analíticos o teóricos.....	16
2.2.9.5. Métodos experimentales.....	16
2.2.9.6. Daño sísmico.....	16
2.2.9.7. Índice de vulnerabilidad.....	18
2.2.9.8. Formulario para el levantamiento de la vulnerabilidad.....	20
2.2.9.9. Instrucciones para el formulario de levantamiento.....	21
2.2.9.10. Cálculos requeridos por los parámetros de naturaleza cuantitativa.....	29
2.3. Bases Legales.....	31
2.3.1. Normas E.030 (Diseño sismo-resistente).....	31
2.4. Definición de términos.....	35

### CAPÍTULO III

#### HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis General.....	38
3.2. Variables.....	38
3.2.1. Definición conceptual de la variable.....	38
3.2.2. Definición operacional de la variable.....	38
3.2.3. Operacionalización de las Variables.....	39

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diseño de investigación.....	40
4.2. Tipo y Nivel de la investigación.....	40
4.3. Enfoque de la investigación.....	40
4.4. Método de la investigación.....	40
4.5. Descripción del ámbito de investigación.....	41
4.5.1. Delimitación temporal.....	41
4.5.2. Delimitación espacial.....	41
4.6. Población y muestra.....	44
4.6.1. Población.....	44
4.6.2. Muestra.....	44
4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
4.7.1. Técnicas.....	44
4.7.2. Instrumentos.....	45
4.8. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	45
4.9. Métodos y técnicas de análisis de datos.....	45

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de datos.....	48
5.1.1. Pabellón A.....	48
5.1.2. Pabellón B.....	50
5.1.3. Pabellón C.....	52
5.1.4. Pabellón D.....	54
5.1.5. Pabellón E.....	56
5.1.6. Pabellón F.....	58

5.1.7. Pabellón G.....	60
5.1.8. Resumen.....	62
5.2. Prueba de hipótesis.....	65

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.....	66
6.2. Recomendaciones.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS.....	70

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo de configuraciones en planta.....	26
Figura 2: Ejemplo de configuraciones en elevación.....	27
Figura 4: Vista Satelital de la ciudad de Abancay - Apurímac.....	43
Figura 5: Vista Satelital de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay - Apurímac.....	43
Figura 6: Indice de Vulnerabilidad de las edificaciones de la UAP Sub - sede Abancay.....	63
Figura 7: Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones de la UAP Sub - sede Abancay.....	64
Figura 8: Pabellón E de la UAP Sub sede Abancay.....	71
Figura 9: Toma de datos del pabellón A de la UAP Sub sede Abancay.....	72
Figura 10: Medición de las dimensiones de la escalera del pabellón A de la UAP Sub sede Abancay.....	73
Figura 11: Medición de la anchura del pabellón B de la UAP Sub sede Abancay....	73

## RESUMEN

En el presente trabajo denominado “Vulnerabilidad Sísmica Mediante el Método de Categorización, de los Edificios del Campus de la Universidad Alas Peruanas Filial Abancay – Apurímac – 2017” en vista al problema de no contar con los índices de vulnerabilidad sísmica de las 7 edificaciones en el campus universitario de la UAP sub sede Abancay se ha planteado los siguientes objetivos: Determinar la vulnerabilidad sísmica mediante el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay, Identificar los factores de vulnerabilidad sísmica con mayor incidencia, y Hallar el valor del índice de vulnerabilidad sísmica, haciendo uso para ello la determinación del índice de vulnerabilidad mediante el método de categorización o caracterización y siguiendo un diseño no experimental de tipo aplicada, nivel descriptivo y enfoque cualitativo y cuantitativo transversal se ha llegado a las siguientes conclusiones: La vulnerabilidad sísmica de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac en el año 2017 es en un 42.86 % de vulnerabilidad media, 57.14 % de vulnerabilidad baja y 0% de vulnerabilidad alta, los factores de vulnerabilidad sísmica con mayor incidencia son en primera instancia: el factor espaciamiento de los muros transversales y el espesor del muro maestro, factor que se presenta en todas las edificaciones de la UAP, seguido por el factor cubierta parcialmente estable y los valores del índice de vulnerabilidad son como sigue: Pabellón A 11.45 %, Pabellón B 19.31 %, Pabellón C 6.22 %, Pabellón D 6.22 %, Pabellón E 22.25 %, Pabellón F 6.22 % y Pabellón G 22.25 %.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad sísmica, Sismo-resistencia, Índice de vulnerabilidad, método de categorización.

## ABSTRACT

In the present work called "Seismic Vulnerability Through the Categorization Method, of the Campus Buildings of the Alas Peruanas University Subsidiary of Abancay - Apurímac - 2017" in Vista to the problem of not having the seismic vulnerability indexes of the 7 buildings in the university campus of the UAP sub-campus Abancay has set the following objectives: Determine seismic vulnerability through the method of categorization or characterization of the buildings of the Alas Peruanas University campus subsidiary of Abancay, Identify the factors of seismic vulnerability with higher incidence , and Find the value of the seismic vulnerability index, making use of it for the determination of the variation index by means of the categorization or characterization method and following a non-experimental design of applied type, the descriptive level and the qualitative and quantitative transversal approach. have reached the following conclusions ions: The seismic vulnerability of the campus buildings of the Alas Peruanas University subsidiary of Abancay - Apurímac in the year 2017 is 42.86% of the media, 57.14% of the low weakness and 0% of the most vulnerable, the factors of the seismic vulnerability with the mayor incidence in the first instance: the factor of spacing of the transversal walls and the thickness of the master wall, a factor that occurs in all the buildings of the UAP, followed by the partially established cover factor and the values of the Severity index are as follows: Hall A 11.45%, Hall B 19.31%, Hall C 6.22%, Hall D 6.22%, Hall E 22.25%, Hall F 6.22% and Hall G 22.25%.

**Key words: Seismic vulnerability, Seismic resistance, Vulnerability index, categorization method.**

## **CAPÍTULO I**

### **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del Problema**

La explosión demográfica y la necesidad de contar con estudios superiores universitarios para acceder a puestos de trabajo mejor remunerado en el Perú y en especial en el departamento de Apurímac y en el Distrito de Abancay, en los últimos años han generado cada vez más la necesidad de contar con mas instituciones educativas donde albergar la creciente necesidad de educación de su población, por lo que las autoridades competentes del distrito de Abancay conjuntamente con el gobierno regional han ejecutado proyectos de construcción de instituciones educativas, de la misma forma Abancay se ha convertido en una atracción para las invenciones del sector privado en materia de educación por lo que algunas empresas dedicadas a la prestación de servicio de educación han hecho posible la construcción de algunas infraestructuras para formar estudiantes tal es así que la Universidad Alas Peruanas ha puesto una filial en la ciudad de Abancay, sin embargo algunas de éstas infraestructuras educativas no cumple con lo estipulado en las normas de construcción peruana y que ademas ya tienen muchos años de existencia donde a una simple inspección ocular salta a la vista que no están preparadas para un evento sísmico lo que quiere decir que tiene una alta vulnerabilidad sísmica. Análogamente las edificaciones de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay tiene un aparentemente riesgo sísmico, en efecto, ésto conduce a pensar en el riesgo que corren los estudiantes que ocupan estos ambientes.

También es necesario mencionar que la presencia de las autoridades encargadas de su monitoreo y evaluación de riesgos sísmicos es precaria. Algunas de éstas infraestructuras tienen muchos años de existencia por lo que las

condiciones climáticas cambiantes sumado al mal cuidado de dichas edificaciones por parte de quienes están a cargo, están generando un paulatino deterioro de su infraestructura. También es menester señalar que algunas infraestructuras tienen construcción reciente, sin embargo se encuentran con un aparente deterioro y mal cuidado lo que conlleva a pensar en el colapso de dichas infraestructuras como consecuencia de un evento sísmico de regular magnitud, por lo que cabe formular la siguiente interrogante:

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica evaluada mediante el método de categorización o caracterización, de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los factores de la vulnerabilidad sísmica con mayor incidencia, evaluado por el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017?
- ¿Cuál es el índice de vulnerabilidad sísmica mediante el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017 ?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la vulnerabilidad sísmica mediante el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar los factores de vulnerabilidad sísmica con mayor incidencia, evaluado por el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017.
- Hallar el valor del índice de vulnerabilidad sísmica mediante el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017.

### **1.4. Justificación de la Investigación**

Este trabajo de investigación pretende describir la vulnerabilidad sísmica de los edificios de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay utilizando el método de caracterización o categorización, con cuyo resultado evaluar la resistencia sísmica de dicho edificios y que ésta información sirva para que las autoridades universitarias tomen políticas y acciones tales como planes de mejora y con ello en la disminución de daños tanto materiales como humanos que se podrían generar a consecuencia de un sismo en un futuro cercano.

Ademas los resultados de éste trabajo de investigación sirva para el monitoreo y el cumplimiento de los requisito mínimos de calidad de construcción propuesta por las normas peruanas de construcción y con ello mejorar su prestación de servicio de educación de la UAP. así mismo conducirá a mejorar la calidad de infraestructura con mayor resistencia a las inclemencias de la naturaleza y mayor durabilidad de la misma que se traduce en menor perdida económica para la Universidad Alas Peruanas.

La importancia de este trabajo de investigación radica en que la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Universidad Alas Peruanas servirá para identificar los peligros y los riesgos que está sometido dichas

edificaciones y al mismo tiempo poder corregir las vulnerabilidades y hacer mas segura para los estudiantes que a diario hacen uso de estas instalaciones.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

Los métodos para calcular el índice de vulnerabilidad sísmica de edificaciones son de gran variedad y dependen de muchos factores, de los cuales el mas sencillo es el método empírico que por su puesto es muy subjetivo y el método experimental que requiere ensayos “in situ” y ésto se logra sacando muestras de la infraestructura para su análisis con una rigurosidad aceptable, sin embargo, en este trabajo de investigación se ha tomado el Método de caracterización o categorización que se logró mediante la clasificación de las edificaciones según su tipología, por lo que los resultados obtenidos son netamente resultados preliminares y en base ésta si lo amerita es necesaria una investigación mas profunda aplicando métodos mas puntuales.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio de investigación

Navia Llorente. (2008) en su trabajo de nombre “Determinación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica en Viviendas de Interés Social de uno y dos Pisos Construidas con Mampostería Estructural en la Ciudad de Bogotá” , cuyo objetivo general fue: Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de interés social de uno y dos pisos, construidas en Bogotá (antes y después de la norma NSR-98.) con mampostería estructural, adoptando la metodología: Estudio de los factores que determinan la vulnerabilidad sísmica y Determinación del grado de vulnerabilidad sísmica de la muestra representativa de las viviendas de interés social de uno y dos pisos en Bogotá, llega a las siguientes conclusiones: El índice de vulnerabilidad sísmica promedio (de todas las muestras trabajadas) obtenido en el presente trabajo fue de 6.10, por lo cual según la metodología aplicada en este trabajo se clasifica a estas viviendas como de vulnerabilidad baja, pero para llegar a una globalización de este valor en la ciudad de Bogotá se tomaron tres variables significativas que fueron: el número de viviendas existentes en Bogotá en el año de 2007 ( censo del 2007), numero de viviendas piratas (Periódico EL Tiempo 30-Enero 2008) y número de viviendas de interés social (Metrovivienda).

En la literatura consultada no se encontró forma de globalizar una muestra puntual, el método descrito a continuación es invención de los creadores de la tesis (Navia Llorente, 2008).

La investigación realizada por Talledo, M. L. (2012). aborda la evaluación del comportamiento sismorresistente de una estructura de concreto armado aporricada y con muros de albañilería portante, con una cimentación conformada por zapatas y cimentaciones corridas. Para este fin se empleó El FEMA 273, para identificar sus

zonas débiles; planteando alternativas de reforzamiento, si la estructura lo requiere, cumpliendo con lo exigido en la Norma Peruana Sismorresistente NIE-030. Concluyendo que la disminución del área en elementos no alteró el comportamiento sismo - rresistente en el modelo simulado, debido al gran porcentaje de muros y los altos factores de seguridad considerados por el proyectista. En términos de daños sufridos, las columnas y muros serían los más afectados ante un Sismo, las columnas debido a su disminución de área y los muros por su falta de resistencia en su plano.

Carrillo, J. (2008). Respecto al estudio de vulnerabilidad sísmica realizada en su trabajo “ **Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño**” concluye: Debido a los cambios recientes de los reglamentos de diseño sísmico, gran parte de la estructuras deben ser revisadas para demandas sísmicas mayores a las utilizadas en su diseño original. La mayor parte de los ingenieros realizan estas revisiones (evaluación de la vulnerabilidad sísmica) basados en criterios simplificados que se incluyen en los códigos de diseño. Sin embargo, por medio de dichos procedimientos no es posible estimar adecuadamente el comportamiento de la estructura frente a las nuevas demandas sísmicas, ya que estos se fundamentan en la utilización de factores a partir de los cuales se estima comportamiento inelástico de la estructura. En la mayoría de los casos, estos procedimientos son bastante conservadores, arrojando resultados que obligan a la rehabilitación en términos tanto de de resistencia, como de la flexibilidad de la estructura.

Ortega, F. (2015). En su trabajo de investigación titulada “Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del Distrito de Samegua, Región Moquegua”, concluye: La Vulnerabilidad Sísmica encontrada en el análisis de las viviendas, fue Alta en un 56% y Media en 44%; siendo los principales factores influyentes la densidad de muros y la calidad de la mano de obra durante el proceso

constructivo. El Peligro Sísmico hallado en el análisis realizado, fue Medio en el 100% en los que fueron factores predominantes la sismicidad y el tipo del suelo de la zona de estudio. El Riesgo Sísmico encontrado en el análisis fue de Alto en un 56% y Medio en un 44% siendo este el resultado de la influencia de la vulnerabilidad y el peligro sísmico. Siendo estos factores producto, principalmente, de la inadecuada configuración estructural de sus muros, la mala calidad de materiales, la mala calidad de mano de obra y la alta sismicidad de la zona en la que se encuentran las viviendas. Por lo que es necesario implementar una correcta cultura de `construcción`, por medio de la `capacitación` y disminuir así estos factores.

Carrillo, J. (2008). concluye: Por medio de un procedimiento basado en un enfoque de diseño por desempeño, es posible estimar de una forma más realista las demandas sísmicas locales y globales en una estructura. De esta manera se pueden tomar decisiones más acertadas sobre la necesidad de llevar a cabo un reforzamiento en una estructura particular. Lo anterior puede tener como resultado, la disminución o la eliminación de los costos de la rehabilitación estructural, necesaria para cumplir con las nuevas demandas sísmicas estipuladas en un código de diseño. -En el caso de estudio analizado, se realizó la evaluación del desempeño de una estructura existente. Sin embargo, es posible utilizar la metodología del espectro de capacidad para diseñar una estructura bajo un enfoque de desempeño. Simplemente el procedimiento es inverso y se conoce como un diseño directo basado en desplazamientos. Por ejemplo, para el edificio analizado se parte de un desplazamiento objetivo (máximo permitido) y se utilizan las bases del procedimiento para encontrar las características de la estructura para la demanda del sismo de diseño.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Vulnerabilidad sísmica**

La vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de la estructura, una

característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño. (Sandi, 1986).

Los avances que se realizan continuamente en el diseño de estructuras se aplican básicamente a las estructuras nuevas y en menor medida a la rehabilitación de estructuras existentes. Sin embargo, el número total de estructuras existentes es muy grande en comparación con el número de estructuras en construcción. Consecuentemente, para reducir las pérdidas debidas a los sismos, es necesario mejorar también el comportamiento de las estructuras antiguas. Tal mejora requiere una evaluación previa de su comportamiento sísmico esperado, lo que sienta las bases de los estudios de vulnerabilidad sísmica. Éstos están orientados hacia la predicción de daños esperados en estructuras, en el supuesto de que ocurra un terremoto de una cierta severidad. A partir de dicha predicción, pueden definirse soluciones de reducción de la vulnerabilidad estructural y, en consecuencia, de las pérdidas esperadas, es decir del riesgo sísmico. (Yépez et al. 1996).

En los últimos años se ha intentado definir el riesgo sísmico para poder realizar su gestión a fin de reducir los desastres económicos, sociales y ambientales que puedan producir. Para estimar el riesgo es necesario tener en cuenta, desde un punto de vista multidisciplinario, no solamente el daño físico esperado, el número de víctimas o las pérdidas económicas, sino también factores sociales, organizacionales e institucionales, relacionados con el desarrollo de las comunidades. A escala urbana, por ejemplo, la vulnerabilidad como factor interno de riesgo debe relacionarse no solamente con la exposición del contexto material o su susceptibilidad física de ser afectado, sino también con las fragilidades sociales y la falta de resiliencia de la comunidad propensa. La falta de organización institucional y comunitaria, las debilidades en los preparativos para la atención

de emergencias, la inestabilidad política y la falta de salud económica de un área geográfica contribuyen a tener un mayor riesgo. Por lo tanto, las consecuencias potenciales no sólo están relacionadas con el impacto del suceso, sino también con la capacidad para soportar el impacto y las implicaciones del impacto en el área geográfica afectada. (Barbat & Pujades. 2004 ).

### **2.2.2. Riesgo Sísmico**

Se entiende por riesgo sísmico, el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica. El riesgo sísmico está ligado tanto a la ocurrencia de eventos sísmicos que afecten a la estructura (amenaza sísmica) como a la respuesta de esta ante dichos movimientos del terreno (vulnerabilidad sísmica). (Bonnet, 2003).

### **2.2.3. Amenaza Sísmica**

La Amenaza Sísmica, es principalmente función de la respuesta del terreno y de la actividad sísmica en la zona. (Bonnet, 2003).

### **2.2.4. Vulnerabilidad Sísmica**

Bonnet (2003). La vulnerabilidad sísmica de una estructura se define como la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño. La vulnerabilidad sísmica se puede realizar a muchas partes de la estructura, entre las cuales sobresalen:

- Elementos estructurales
- Elementos no estructurales

Contenidos (maquinarias, muebles, enseres y demás elementos que formen el mobiliario de la estructura).

Un estudio de vulnerabilidad sísmica no sólo atiende la vulnerabilidad de

los elementos estructurales sino que también, está asociada a la organización humana y a su relación con la infraestructura. Esta relación debe considerar los distintos estados de la infraestructura para las diversas situaciones de desastre.

#### **2.2.5. Daño Sísmico**

Bonnet. (2003). El daño es el grado de destrucción debido a una acción externa. El daño en la estructura se evalúa tanto global como localmente. Desde el punto de vista estructural se califica el daño sísmico, a partir de la deriva de piso y de la resistencia de los elementos estructurales.

El daño sísmico sobre los elementos estructurales puede ser debido a problemas de:

- Configuración geométrica (irregularidades en planta y altura).
- Concentración de esfuerzos debido a plantas complejas.
- Efectos de columnas débiles.
- Excesiva flexibilidad estructural.
- Excesiva flexibilidad del diafragma de piso (lo que implica deformaciones laterales no uniformes).

#### **2.2.6. Desempeño sísmico de edificios: binomio capacidad-demanda**

El diseño basado en el desempeño sísmico consiste en la selección de esquemas de evaluación apropiados que permitan el dimensionado y detalle de los componentes estructurales, no estructurales y contenidos, de manera que, para unos niveles de movimiento del terreno determinados y con ciertos niveles de fiabilidad, los daños en la estructura no deberán superar ciertos estados límite (Bertero, 1997). De acuerdo al comité VISION 2000, la ingeniería basada en el desempeño no sólo involucra aspectos relacionados con el diseño, sino que también considera todas aquellas actividades necesarias tanto para el proceso constructivo,

como para las tareas de mantenimiento, que permiten que las estructuras exhiban un desempeño sísmico predecible cuando se ven afectadas por sismos de diferente severidad.

El desempeño se cuantifica en términos de la cantidad de daño en un edificio afectado por un movimiento sísmico y el impacto que tienen estos daños en las actividades posteriores al evento. Este concepto no es sólo aplicable a edificios, sino que puede ser extendido a todo tipo de estructuras e incluso a sus componentes no estructurales y contenidos. Considerando todos los aspectos mencionados anteriormente, está claro que la "ingeniería basada en el desempeño sísmico" es un proceso que comienza con el planteamiento inicial de un proyecto y termina cuando la estructura deja de existir. Este proceso incluye: la selección de los objetivos de desempeño, la determinación de la conveniencia del sitio, el diseño conceptual, el diseño preliminar, el diseño final, los chequeos de aceptabilidad durante el diseño, la revisión del diseño, el control de calidad durante la construcción, y el mantenimiento durante la vida de la estructura. Cada paso es crítico para el proceso y el éxito del diseño y debe ser dirigido hacia niveles aceptables consistentes con el objetivo de desempeño seleccionado.

#### **2.2.7. Metodología de la evaluación**

Existen una variedad de metodologías y técnicas propuestas por diferentes autores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de diferentes tipos de instalaciones. Estas técnicas de evaluación dependen principalmente de los siguientes factores: (Caicedo et al., 1994).

- Naturaleza y objetivo del estudio
- Información disponible
- Características del elemento que se pretende estudiar
- Metodología de evaluación empleada

- Resultado esperado
- Destinatario de esta información

La selección de una determinada metodología está íntimamente relacionada con la escala del análisis y las características de los elementos bajo estudio; así por ejemplo, el estudio del riesgo sísmico de elementos particulares o aislados como edificios, puentes, presas, etc., generalmente se basa en evaluaciones deterministas de la vulnerabilidad, mientras que el estudio del riesgo sísmico de sistemas territoriales o categorías de elementos como tipos de edificios, líneas vitales, etc., generalmente se basa en enfoques probabilistas que permiten aplicaciones regionales del modelo a diferentes escalas, con la ventaja adicional, que pueden organizarse y tratarse con sistemas de información geográfica. (Aldaz, H., & Ehurel, D., 2014).

La medida que se emplee en el estudio depende del modelo adoptado y puede estar orientado a cuantificar los efectos sobre la población, los daños en las edificaciones, la afectación de los sistemas, etc. Estos efectos normalmente se expresan en parámetros monetarios. Entre los principales usuarios de estos estudios destacan por una parte, las autoridades públicas, regionales o locales, interesadas en conocer la relación costo/beneficio asociadas al nivel de riesgo implícito en la adopción de políticas de inversión, impuestos, leyes, ordenación y planificación del territorio, y por la otra, los organismos de protección civil y de seguridad social, a quienes interesa conocer los niveles de riesgo existente en sus instalaciones, las pérdidas posibles debidas a un sismo, definir la necesidad intervención o reforzamiento, gestionar recursos, trazar planes de emergencia, etc. (OPS, 1993).

## **2.2.8. Clasificación de la metodología de evaluación**

### **2.2.8.1. Métodos empíricos**

Se caracterizan por un alto grado de subjetividad. Están basados en la experiencia sobre el comportamiento de tipos de edificaciones durante sismo y la caracterización de deficiencias sísmicas potenciales. Se usan cuando se dispone de limitada información, cuando se admite un resultado menos ambicioso y/o para evaluaciones preliminares. Son enfoques menos exigentes y más económicos de implementar. Los métodos empíricos, incluyen tanto los métodos de categorización como los métodos de inspección y puntaje. (Safina, S., 2003).

### **2.2.8.2. Métodos de categorización o caracterización**

Clasifican las edificaciones según su tipología en clases de vulnerabilidad atendiendo a la experiencia sobre el desempeño sísmico que han tenido estructuras similares ante terremotos relevantes. El resultado suele ser bastante subjetivo por lo que generalmente es limitado a evaluaciones preliminares. Un ejemplo de esta metodología es la clasificación de los tipos de estructuras según su clase de vulnerabilidad propuesta por la EMS-98. (Grünthal, 1998).

### **2.2.8.3. Métodos de inspección y puntaje**

Permiten identificar y caracterizar las deficiencias sísmicas potenciales de una edificación, atribuyendo valores numéricos (tantos o puntos) a cada componente significativo de la misma, que ponderado en función de su importancia relativa, conduce a la determinación de un índice de vulnerabilidad. Aunque estos métodos son bastante subjetivos, la aplicación a edificaciones de una misma tipología de regiones de sismicidad importante permite una evaluación preliminar orientativa, suficiente para jerarquizar relativamente el nivel de vulnerabilidad sísmica de cada edificación. En zonas caracterizadas por una moderada sismicidad estas metodologías pueden considerarse representativas y más aún, suficientes para

describir el nivel de daño esperado, sobre todo si se cuenta con funciones de vulnerabilidad apropiadas para la región. Sin embargo, para aquellas edificaciones que evidencien una relevante vulnerabilidad y una significativa importancia es recomendable complementar estas metodologías con alguna técnica analítica o experimental. Un ejemplo de esta metodología es el desarrollado por el Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. (GNDT, 1990).

#### **2.2.8.4. Métodos analíticos o teóricos**

Evalúan la resistencia estimada de las estructuras a los movimientos del terreno utilizando como base modelos mecánicos de respuesta estructural e involucrando como datos las características mecánicas de las estructuras. Constituyen un enfoque muy completo, exigente y costoso. Generalmente son bastante laboriosos y dependen en cierta medida del grado de sofisticación de la evaluación, de la calidad de la información y de la representatividad de los modelos empleados. (Safina, S., 2003).

#### **2.2.8.5. Métodos experimentales**

Recurren a ensayos dinámicos para determinar las propiedades de las estructuras y/o sus componentes. Generalmente constituyen ensayos “in situ” (menos frecuente de laboratorio), orientados a determinar las propiedades dinámicas y otras características esenciales de la estructura, involucrando aspectos tan importantes como la interacción suelo-estructura, la incidencia de los elementos no estructurales, etc. Aunque sus resultados no son determinantes, permiten en algunos casos orientar sobre el estado de la edificación y los posibles efectos que un sismo ha tenido sobre ella. (Safina, S., 2003).

#### **2.2.8.6. Daño sísmico**

(Yépez, 1996). El daño físico que puede sufrir una edificación generalmente se califica como:

- a) **Estructural**, depende del comportamiento de los elementos que forman parte del sistema resistente tales como, vigas, pilares, muros, forjados, etc. Se relaciona con las características de los materiales que le componen, su configuración y ensamblaje, el tipo del sistema resistente y las características de la acción. Se cuantifica mediante índices de daño correspondientes a cada uno de los elementos estructurales, cuya ponderación sobre parte o la totalidad de la estructura, permite la definición de los llamados índices de daño globales.(Yépez, 1996).
- b) **No estructural**, asociados a los elementos arquitectónicos y los sistemas mecánicos, eléctricos, sanitarios, así como del contenido de la edificación. Se relaciona con los niveles de deformación y distorsión que sufre la estructura y en ocasiones, con las aceleraciones a las que está sometida durante el proceso. (Yépez, 1996).

El daño económico se define como la relación entre los costes de reparación y los costes de reposición, e incluyen tanto los costes de daño físico directo como los costes de daños indirectos. Intenta representar el daño en términos de pérdidas económicas o costes financieros tomando en cuenta la afectación de los diferentes componentes estructurales y no estructurales y generalmente se hace a través de métodos empíricos, teóricos y subjetivos. Usualmente se correlaciona con el daño estructural, sin embargo, su evaluación es realmente dificultosa y su utilización interesa fundamentalmente a las agencias gubernamentales y compañías de seguros, entre otras. (Yépez, 1996).

La mayoría de los estudios de vulnerabilidad y riesgo sísmico centran su atención en la descripción de los daños físicos que pueden sufrir las edificaciones como resultado de la acción de un sismo con determinadas características. Su cuantificación depende de la manera concreta como se describan los daños y dan origen a diferentes escalas de medición. Existen diversas escalas de medidas

cuantitativas y cualitativas del daño que intentan describir el estado global de la estructura después de la ocurrencia de un terremoto. (Yépez, 1996).

#### **2.2.8.7. Índice de vulnerabilidad**

(Yépez, 1996). El método del índice de vulnerabilidad se desarrolló para identificar los diferentes comportamientos de los edificios del mismo tipo estructural localizados en una zona sísmica específica. Es extensamente aplicado en varias zonas sísmicas en Italia y está basado en una gran cantidad de datos de levantamiento de daños. El método realiza una calificación de los edificios mediante un índice de vulnerabilidad IV, que incorpora los parámetros mas importantes que controlan el daño causado por la acción sísmica. Estos parámetros son calificados individualmente en una escala numérica y están afectados por pesos  $W_i$ , los cuales tratan de enfatizar la importancia relativa de los parámetros en la vulnerabilidad sísmica de los edificios. La Tabla 1 muestra una lista de los 11 parámetros considerados en la calificación de los edificios - tanto de mampostería no reforzada como de hormigón armado, los valores de los coeficientes de calificación,  $K_i$ , que varían desde A (optimo) hasta D (desfavorable) y los factores de peso  $W_i$  asignados a cada parámetro.

Tabla : 1

Escala numérica del índice de vulnerabilidad

Parámetros	Clase (Ki)				Wi	Hormigón		
	A	B	C	D		A	B	C
1 Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.0	0	-1.0	-2.00
2 Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25	0	-0.25	-0.50
3 Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5	0.25	0.00	-0.25
4 Posición edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75	0	-0.25	-0.50
5 Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.0	0	-0.25	-0.50
6 Configuración en planta	0	5	25	45	0.5	0	-0.25	-0.50
7 Configuración en elevación	0	5	25	45	1.0	0	-0.50	-1.50
8 Distancia máxima entre los muros	0	5	25	45	0.25	0	-0.25	-0.50
9 Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.0	0	-0.25	-0.50
10 Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25	0	-0.25	-0.50
11 Estado de conservación	0	5	25	45	1.0	0	-0.50	-1.00

Fuente: (Yépez, 1996)

Para mampostería no reforzada, el índice de vulnerabilidad global de cada edificio se evalúa mediante la formula

$$IV = \sum_{i=1}^{11} Ki \times Wi$$

Este índice de vulnerabilidad ha sido normalizado para tomar valores entre 0 y 100.

En el caso de edificios de hormigón armado,  $I_v$  se calcula de la siguiente manera

$$I_c = \sum_{i=1}^{11} Ki$$

$$IV = -10.07 \times (I_c - 0.25) \text{ if } I_c \geq -6.5$$

$$IV = -67.972 - 1.731 \times (I_c + 6.5) \text{ if } I_c < -6.5$$

Utilizando las funciones de vulnerabilidad, es posible relacionar  $I_v$  con el índice de daño global  $D$  de los edificios, cuyos valores se expresan como un porcentaje del estado inicial de la estructura.

Reyes, N., (2002). Al analizar la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 382.5 que es el máximo valor posible. Este se divide por 3.825 para obtener un valor de índice de vulnerabilidad normalizado a un rango de  $0 < I_v < 100$ . Para interpretar mejor los resultados que se tienen en el presente estudio se definen los siguientes rangos 7 de vulnerabilidad:

- VULNERABILIDAD < 15%: BAJA
- $15\% \leq$  VULNERABILIDAD < 35%: MEDIA
- VULNERABILIDAD  $\geq$  35%: ALTA

#### **2.2.8.8. Formulario para el levantamiento de la vulnerabilidad**

El formulario encuesta que se observa en la tabla (2), es una versión modificada del utilizado por el GNDT en Italia. Una de las simplificaciones que se tienen en cuenta es la de no utilizar el primer nivel de aproximación debido a que los datos que provee no influyen directamente en el cálculo del VI. Por otra parte, del segundo nivel se utiliza únicamente la parte correspondiente a edificios de mampostería, debido a que no se conoce bibliografía sobre funciones de vulnerabilidad para edificios de otro tipo. El formulario original, de segundo nivel, incluye los cálculos que debe efectuar el observador durante las investigaciones de campo, para clasificar cada parámetro. (Yépez, 1996).

Tabla 2: Formulario para el levantamiento de la vulnerabilidad de edificios de mampostería

No. edificio: _____
Dirección: _____
Fecha: _____
Observador: _____
1, Organización del sistema resistente:
2. Calidad del sistema resistente:
3, Resistencia convencional
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de pisos N: _____</li> <li>• Área total cubierta At: _____ m<sup>2</sup></li> <li>• Área resistente sentido x Ax: _____ m<sup>2</sup></li> <li>• Área resistente sentido y Ay: _____ m<sup>2</sup></li> <li>• Resistencia cortante mampostería Tau_k: _____ Ton/m<sup>2</sup></li> <li>• Altura media de los pisos h: _____ m</li> <li>• Peso específico mampostería Pm: _____ Ton/m<sup>3</sup></li> <li>• Peso por unidad de área diafragma Ps : _____ Ton/m<sup>2</sup></li> </ul>
4. Posición del edificio y de la cimentación:
5. Diafragmas horizontales:
6. Configuración en planta $b_1 = a/L =$ _____; $b_2 = b/L =$ _____
7. Configuración en elevación Superficie porche % : _____ T/H = _____ +- delta M/M: _____
8. Distancia máxima entre los muros L/S: _____
9. Tipo de cubierta: _____
10. Elementos no estructurales: _____
11. Estado de conservación: _____

Fuente: (Yépez, 1996)

dentro de una de las cuatro clases A, B, C y D lo cual, además de prolongar el tiempo del levantamiento, facilita la introducción de errores matemáticos. Por estas razones se ha desarrollado un programa de ordenador para el cálculo del VI con el cual se evitan los inconvenientes descritos anteriormente y se simplifica el formulario de levantamiento, ya que de esta forma solo se requieren los datos estrictamente necesarios para definir VI. (Yépez, 1996).

#### **2.2.8.9. Instrucciones para el formulario de levantamiento**

La asignación de los once parámetros del formulario de encuesta descrito en el apartado anterior, dentro de una de las cuatro clases A, B, C, D, se lleva a cabo con la ayuda de las siguientes instrucciones. En éstas se describe, de forma muy breve, el fundamento teórico de cada uno de los parámetros con el objeto de proporcionar al observador de campo un cierto criterio de selección. (Yépez, 1996).

##### **1. Organización del sistema resistente**

Con este parámetro se evalúa el grado de organización de los elementos verticales prescindiendo del tipo de material. El elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar el comportamiento en "cajón" de la estructura. Se reporta una de las clases. (Yépez, 1996).

- A) Edificio construido de acuerdo con las recomendaciones de la norma Española para la construcción sismo-resistente, específicamente del apartado 4.1 de dicha norma.
- B) Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre o de adaraja en los muros, capaces de transmitir acciones cortantes verticales.
- C) Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas.

D) Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

## **2. Calidad del sistema resistente**

Con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando, de modo cualitativo, su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de un edificio a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores: por un lado, del tipo de material y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Por otro lado, de la homogeneidad del material y de las piezas, por toda la extensión del muro. Se reporta una de las clases. (Yépez, 1996).

- A) Mampostería en ladrillo o bloques prefabricados de buena calidad. Mampostería en piedra bien cortada, con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro. Presencia de ligamento entre las piezas.
- B) Mampostería en ladrillo, bloques o piedra bien cortada, con piezas bien ligadas más no muy homogéneas en toda la extensión del muro.
- C) Mampostería en piedra mal cortada y con piezas no homogéneas, pero bien trabadas, en toda la extensión del muro. Ladrillos de baja calidad y privados de ligamento.
- D) Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con la inclusión de guijarros y con piezas no homogéneas o privadas de ligamento.

## **3. Resistencia convencional**

Con la hipótesis de un perfecto comportamiento en "cajón" de la estructura, la evaluación de la resistencia de un edificio de mampostería puede ser calculada con razonable confiabilidad. El procedimiento utilizado requiere del levantamiento de los datos

$N$  = Número de pisos.

$A_t$  = Área total cubierta en ( $m^2$ ).

$A_{x,y}$  = Área total de los muros resistentes en el sentido x e y respectivamente en ( $m^2$ ). El área resistente de los muros inclinados un ángulo  $\alpha$  diferente de cero, respecto a la dirección considerada, se debe multiplicar por  $(\cos \alpha)^2$ .

$\tau_k$  = Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en ( $ton/m^2$ ). En el caso de que la mampostería se componga de diferentes materiales, el valor de  $\tau_k$  se determina como un promedio ponderado de los valores de resistencia a cortante para cada uno de los materiales  $T_i$ , utilizando como factor de peso el porcentaje relativo en área  $A_i$  de cada uno de ellos

$$\tau_k = \frac{\sum \tau_i A_i}{\sum A_i}$$

$h$  = Altura media de los pisos en (m)

$P_m$  = Peso específico de la mampostería en ( $ton/m^3$ ).

$P_s$  = Peso por unidad de área del diafragma en ( $ton/m^2$ ).

#### 4. Posición del edificio y de la cimentación

Con este parámetro se evalúa, hasta donde es posible por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tienen en cuenta algunos aspectos, tales como: la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota y la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén. Se reporta una de las clases. (Yépez, 1996).

A) Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%.

La fundación está ubicada a una misma cota. Ausencia de empuje no

equilibrado debido a un terraplén.

- B) Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- C) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- D) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

## **5. Diafragmas horizontales**

La calidad de los diafragmas tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Se reporta una de las clases. (Yépez, 1996).

- A) Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones
  - 1) Ausencia de planos a desnivel.
  - 2) La deformabilidad del diafragma es despreciable.
  - 3) La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- B) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con la condición 1).

C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1) y 2).

D) Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

## **6. Configuración en planta**

El comportamiento sísmico de un edificio depende de la forma en planta del mismo. En el caso de edificios rectangulares es significativo la relación  $PI = a/L$  entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las protuberancias del cuerpo principal mediante la relación  $f32 = b/L$ . En la figura (5) se explica el significado de los dos valores que se deben reportar, para lo cual se evalúa siempre el caso más desfavorable. (Yépez, 1996).

## **7. Configuración en elevación**

En el caso de edificios de mampostería, sobre todo para los más antiguos, la principal causa de irregularidad está constituida por la presencia de porches y torretas. La presencia de porches se reporta como la relación porcentual entre el área en planta del mismo y la superficie total del piso. La presencia de torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se reporta mediante la relación  $T/H$ , tal como se indica en la figura (3). No se deben tener en cuenta las torretas de modesta dimensión tales como chimeneas, escapes de ventilación, etc. (Yépez, 1996).

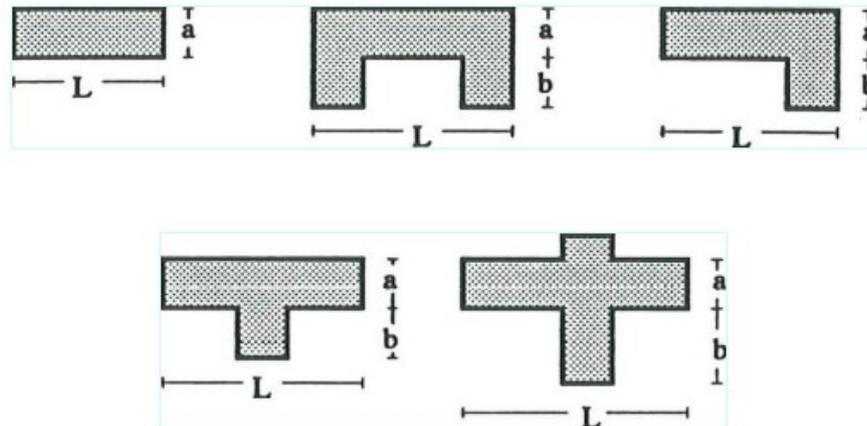


Figura 1: Ejemplo de configuraciones en planta

También se reporta la variación de masa en porcentaje  $\pm \Delta M/M$  entre dos pisos sucesivos, siendo  $M$  la masa del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de disminución de masa hacia lo alto del edificio. La anterior relación puede ser sustituida por la variación de áreas respectivas  $\pm \Delta A/A$ , evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable. (Yépez, 1996).

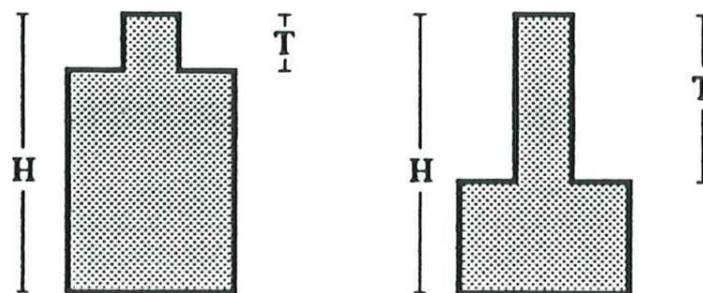


Figura 2: Ejemplo de configuraciones en elevación

## 8. Distancia máxima entre los muros

Con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros maestros intersectados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre ellos. Se reporta el factor  $L/S$ , donde  $L$  es el espaciamiento de los muros transversales y  $S$  el espesor del muro maestro, evaluando siempre el caso más desfavorable. (Yépez, 1996).

## **9. Tipo de cubierta**

Yépez. (1996). menciona que “Se tiene en cuenta con este parámetro, la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas. Se reporta una de las clases”

- A) Edificio con cubierta estable y provisto de viga cumbreira. Edificio con cubierta plana.
- B) Edificio con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira. Edificio con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.
- C) Edificio con cubierta inestable, provista de viga cumbreira.
- D) Edificio con cubierta inestable, sin viga cumbreira.

## **10. Elementos no estructurales**

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de, cornisas, parapetos o, cualquier elemento no estructural que pueda causar daño a personas o cosas. Se trata de un parámetro secundario, para fines de la evaluación de la vulnerabilidad, por lo cual no se hace ninguna distinción entre las dos primeras clases. Se reporta una de las clases. (Yépez, 1996).

- A) Edificio sin cornisas y sin parapetos. Edificio con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y de peso modesto. Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.
- B) Edificio sin cornisas y sin parapetos. Edificio con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y de peso modesto. Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.
- C) Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.
- D) Edificio que presenta chimeneas o cualquier otro tipo de elemento en el

techo, mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto. Edificio con balcones contruidos posteriormente a la estructura principal y conectados a ésta de modo deficiente.

### **11. Estado de conservación**

Se reporta una de las clases.

- A) Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- B) Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.
- C) Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos. Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.
- D) Muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho.

#### **2.2.8.10. Cálculos requeridos por los parámetros de naturaleza cuantitativa**

Los cálculos requeridos por los parámetros de naturaleza cuantitativa son básicamente de dos tipos: el primer tipo consiste en la aplicación de fórmulas matemáticas sencillas y el segundo tipo consiste en la toma de decisiones con base en condiciones lógicas. En seguida se explican estos dos tipos de cálculos requeridos por los parámetros 3,6, 7 y 8. La mayoría de las variables involucradas se han explicado con anterioridad en el apartado anterior. (Yépez, 1996).

#### **3. Resistencia convencional**

El coeficiente sísmico  $C$ , se define como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie del edificio dividido entre el peso del mismo y está dado por la

expresión. (Yépez, 1996).

$$C = \frac{a_o \tau_k}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 a_o \tau_k (1 + \gamma)}}$$

donde,

$$A = \min \{A_x ; A_y\}$$

$$B = \max \{A_x ; A_y\}$$

$$a_o = A/A_t$$

$$\gamma = B/A$$

$$q = \frac{(A + B) h}{A_t} P_m + P_s$$

El valor de q representa el peso de un piso por unidad de área cubierta y es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal, asumiendo que no existen variaciones excesivas de masa entre los diferentes pisos del edificio.

Finalmente, la atribución de este parámetro dentro de una de las cuatro clases A, B, C y D se hace por medio del factor  $\alpha$ , en donde  $\alpha$  es un coeficiente sísmico de referencia que se toma como 0.4

- A) Edificio con  $\alpha > 1$ .
- B) Edificio con  $0.6 < \alpha < 1$ .
- C) Edificio con  $0.4 < \alpha < 0.6$ .

D) Edificio con  $\alpha < 0.4$ .

## 6. Configuración en planta

La asignación de este parámetro dentro de una de las cuatro clases, se realiza con base en las condiciones

A) Edificio con  $\beta_{1} > 0.8$  ó  $\beta_{2} < 0.1$ .

B) Edificio con  $0.8 > \beta_{1} > 0.6$  ó  $0.1 < \beta_{2} < 0.2$ .

C) Edificio con  $0.6 > \beta_{1} > 0.4$  ó  $0.2 < \beta_{2} < 0.3$

D) Edificio con  $0.4 > \beta_{1}$  ó  $0.3 < \beta_{2}$ .

## 7. Configuración en elevación

La asignación de este parámetro, dentro de una de las cuatro clases, se realiza con base en las condiciones

A) Edificio con  $-\Delta M/M < 10\%$

B) Superficie porche  $< 10\%$  ó  $10\% < -\Delta M/M < 20\%$ .

C) Superficie porche =  $10\%$   $20\%$  ó  $-\Delta M/M > 20\%$  ó  $T/H < 2/3$ .

D) Superficie porche  $> 20\%$  ó  $\Delta M/M > 0$  ó  $T/H > 2/3$ .

## 8. Distancia máxima entre los muros

La asignación de este parámetro, dentro de una de las cuatro clases, se realiza con base en las condiciones

A) Edificio con  $L/S < 15$

B) Edificio con  $15 < L/S < 18$

C) Edificio con  $18 < L/S < 25$

D) Edificio con  $L/S > 25$

## 2.3. Bases Legales

### 2.3.1. Normas E.030 (Diseño sismo-resistente)

**Artículo 5.-** El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la Tabla 3. . La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica.

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N°1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

*Tabla 3 : Factores de Zona*

Zona	Z
3	0.4
2	0.3
1	0.15

Fuente: Ley E. 030



Figura 3: Zonas sísmicas del Perú y sus equivalencia como factores  
(Fuente: Ley E. 030)

**Artículo 9.-** Concepción Estructural Sismorresistente El comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones: (Ley N° 320739. E.030).

Simetría, tanto en la distribución de masas como en las rigideces.

Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.

Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.

Resistencia adecuada.

Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.

Ductilidad.

Deformación limitada.

Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.

Consideración de las condiciones locales.

Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

**Artículo 10.-** Categoría de las Edificaciones Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 3. El coeficiente de uso e importancia (U), definido en la Tabla N° 3 se usará según la clasificación que se haga. (Ley N° 320739. E.030).

Tabla 4: Categoría y descripción

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR
A	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros imágenes importantes para el abastecimiento	1,3
C	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

(\*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.

**Artículo 13.-** Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las Edificaciones  
De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse observando las características de regularidad y empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla 4. (Ley N° 320739. E.030).

Tabla 5:

*Categoría y estructura de las edificaciones*

Categoría de la Edificación.	de Regularidad Estructural	Zona	Sistema Estructural
A (*) (**)	Regular	3	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual
		2 y 1	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
B	Regular	o 3 y 2	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
	Irregular	1	Cualquier sistema.
C	Regular	o 3, 2 y 1	Cualquier sistema.
	Irregular		

(\*) Para lograr los objetivos indicados en la Tabla 5, la edificación será especialmente estructurada para resistir sismos severos.

(\*\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

## 2.4. Definición de términos

**Calidad de la edificación:** Conjunto de características que son objeto de valoración y que permiten reconocer el grado en que una edificación responde a su propósito y a las necesidades de sus usuarios.

**Diseño:** Disciplina que tiene por objeto la armonización del entorno humano, desde la concepción de los objetos de uso, hasta el urbanismo.

**Edificio de uso público:** Edificación pública o privada, cuya función principal es la prestación de servicios al público.

**Escalera de evacuación:** Escalera que cuenta con protección a prueba de fuego y humos, y que permite la evacuación de las personas de un inmueble hasta el nivel de una vía pública y/o espacio seguro.

**Estudio de evacuación:** Evaluación del sistema de evacuación de una edificación en situación de ocupación máxima, que garantice la salida de las personas en un tiempo determinado, en casos de emergencia.

**Estudios básicos:** Estudios técnicos y económicos del proyecto, mediante los cuales se demuestra que es procedente ejecutar el proyecto.

**Obras de mantenimiento:** Obras destinadas a conservar las características originales de los materiales y las instalaciones de las edificaciones existentes.

**Obras complementarias:** Obras de carácter permanente edificadas fuera de los límites del área techada y que se ejecutan para cumplir funciones de seguridad, almacenamiento, pavimentación y colocación de equipos.

**Salida de emergencia:** Circulación horizontal o vertical de una edificación comunicada con la vía pública o hasta un espacio exterior libre de riesgo,

que permite la salida de personas en situaciones de emergencia, hasta un espacio exterior libre de riesgo. La salida de emergencia constituye una salida adicional a las salidas regulares de la edificación.

**Subdivisión:** Partición de terrenos habilitados en fracciones destinadas al mismo uso del lote matriz, de acuerdo a las normas municipales.

**Terreno natural:** Estado del terreno anterior a cualquier modificación practicada en él.

**Terreno rústico:** Unidad inmobiliaria constituida por una superficie de terreno no habilitada para uso urbano y que por lo tanto no cuenta con accesibilidad, sistema de abastecimiento de agua, sistema de desagües, abastecimiento de energía eléctrica, redes de iluminación pública, pistas, ni veredas.

**Terreno urbano:** Unidad inmobiliaria constituida por una superficie de terreno habilitado para uso urbano y que cuenta con accesibilidad, sistema de abastecimiento de agua, sistema de desagüe, abastecimiento de energía eléctrica y redes de iluminación pública y que ha sido sometida a un proceso administrativo para adquirir esta condición. Puede o no contar con pistas y veredas.

**Mampostería de Cavidad Reforzada:** construcción realizada con dos paredes de unidades de mampostería, colocadas en paralelo, con o sin refuerzo, separadas por un espacio continuo de concreto reforzado. El funcionamiento del sistema es compuesto, es decir que tanto la pared interior de concreto reforzado como las laterales de mampostería, aportan resistencia a las fuerzas soportadas por la estructura.

## CAPÍTULO III

### 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis General

La vulnerabilidad sísmica, mediante el método de categorización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017, es de nivel medio en un 30% del total de sus edificaciones.

#### 3.2. Variables

##### 3.2.1. Definición conceptual de la variable

**La vulnerabilidad sísmica de los edificios de la UAP.** Es la magnitud escalar que permite cualificar la calidad de edificación y cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente a condiciones probables de sismo.

##### 3.2.2. Definición operacional de la variable

Vulnerabilidad sísmica de los edificios de la UAP. Mediante los factores que permiten determinar valores numéricos que se interpreta mediante un baremo pre - establecido, cuyo valor permite saber que tan vulnerable es la edificación a eventos de sismo de regular intensidad.

### 3.2.3. Operacionalización de las Variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Indices
Vulnerabilidad sísmica de los edificios de la Universidad Alas Peruanas Filial Abancay – 2017	Sismología, Edificación, Vulnerabilidad sísmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización del sistema resistente</li> <li>• Calidad del sistema resistente</li> <li>• Resistencia convencional</li> <li>• Posición del edificio y de la cimentación</li> <li>• Diafragmas horizontales</li> <li>• Configuración en planta</li> <li>• Configuración en elevación</li> <li>• Superficie porche</li> <li>• Distancia máxima entre los muros</li> <li>• Tipo de cubierta</li> <li>• Elementos no estructurales</li> <li>• Estado de conservación</li> </ul>	Números reales

Fuente: (Elaboración propia)

## CAPÍTULO IV

### 4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1. Diseño de investigación

el diseño que usaremos en esta investigación es no experimental puesto que no manipularemos ninguna de las variables, ya que solo tomaremos datos de campo bajo el criterio de análisis de un experto por observación simple e inspección y puntaje

#### 4.2. Tipo y Nivel de la investigación

La investigación que se realizará es de tipo **aplicada** puesto que se utilizará los conocimientos previos para la determinación de la vulnerabilidad sísmica.

El nivel de investigación es **descriptiva** ya que pretendemos describir las características de vulnerabilidad de las edificaciones de la Universidad Alas Peruanas.

#### 4.3. Enfoque de la investigación

El enfoque seguido por este trabajo de investigación es cualitativa y cuantitativa ya que se recogerán datos cualitativos y cuantitativos para su respectivo análisis con la ficha técnica y la estadística.

#### 4.4. Método de la investigación

El método de investigación que se ha utilizado dada la naturaleza de la investigación es el inductivo sintético ya que se ha estudiado las componentes estructurales individualmente para luego integrarlos y conseguir el índice de vulnerabilidad del edificio. La técnica utilizada es la categorización o caracterización. Es decir se clasificaron las edificaciones según su tipología en clases de vulnerabilidad atendiendo a la experiencia sobre el desempeño sísmico

que han tenido estructuras similares ante terremotos relevantes según los siguientes Indicadores:

*Tabla 6: Codificación de los Indicadores de Vulnerabilidad Sísmica*

Código	Indicadores de vulnerabilidad sísmica
P1	Organización del sistema resistente
P2	Calidad del sistema resistente:
P3	Resistencia convencional
P4	Posición del edificio y de la cimentación:
P5	Diafragmas horizontales:
P6	Configuración en planta
P7	Configuración en elevación Superficie porche
P8	Distancia máxima entre los muros
P9	Tipo de cubierta
P10	Elementos no estructurales
P11	Estado de conservación

#### **4.5. Descripción del ámbito de investigación**

##### **4.5.1. Delimitación temporal**

Ésta investigación dada su programación para que su ejecución fue desde el mes de Agosto al mes de diciembre de 2017, se ha tomado los datos en diciembre de 2017.

##### **4.5.2. Delimitación espacial**

La ubicación de las edificaciones objeto de estudio es la instalación del campus universitario de la Universidad Alas Peruanas ubicada en el Jirón Puno de la ciudad de Abancay, cuyas coordenadas son:

13°38'14.7"S

72°52'50.4"W

3250 msnm

Consta en total de 5 edificaciones construidos a base de ladrillos y concreto reforzado que también es conocido con el nombre de mampostería, que varía desde dos pisos a cinco pisos, allí se alberga a estudiantes de las escuelas profesionales ofertadas por la Universidad Alas Peruanas en la ciudad de Abancay. Los que son:

Escuela Académico Profesional de Enfermería

Escuela Académico Profesional de Estomatología

Escuela Académico Profesional de Obstetricia

Escuela Académico Profesional de Psicología Humana

Escuela Académico Profesional de Tecnologia Médica

Escuela Académico Profesional de Administracion y Negocios Internacionales

Escuela Académico Profesional de Ciencias Contables y Financieras

Escuela Académico Profesional de Turismo, Hoteleria y Gastronomía

Facultad de Derecho y Ciencia Política

Escuela Académico Profesional de Derecho

Escuela Académico Profesional de Ingeniería civil

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Escuela de Post Grado



## 4.6. Población y muestra

### 4.6.1. Población

La población son todas las edificaciones del campus universitario de la Universidad Alas Peruanas que consta de 7 edificios, y se realizara el análisis a la totalidad de los edificios.

### 4.6.2. Muestra

El muestreo considerada en esta investigación es el no probabilístico, y dada los objetivos de ésta investigación la muestra constará de todos los elementos de la población como se detalla en la tabla (6).

*Tabla 7: Características básicas de los edificios de la UAP*

Edificio	Tipo de edificación	N.º de pisos	N.º de Ambientes	Uso
Pabellón A	Mampostería	5	18	Administrativo, Salón de clase y laboratorio
Pabellón B	Mampostería	5	20	Administrativo, Salón de clase y laboratorio
Pabellón C	Mampostería	2	2	Cafetin
Pabellón D	Mampostería	2	6	Administrativo
Pabellón E	Mampostería	3	15	Administrativo, Salón de clase y laboratorio
Pabellón F	Mampostería	2	8	Administrativo
Pabellón G	Adobe	1	4	Administrativo

Fuente (Elaboración propia)

## 4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 4.7.1. Técnicas

- Observación directa
- Análisis documental de planos y informes técnicos de las edificaciones

- Normas legales (Normas A.030 (Diseño sismoresistente))
- Entrevista a través de un formulario

#### **4.7.2. Instrumentos**

- Fichas de observación.
- Ficha bibliográfica y documental.
- Ficha técnica
- Formulario de preguntas.

#### **4.8. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos**

La ficha técnica usada en este trabajo es la misma ficha planteada por Yopez, en el año 2004, por lo que ya está validada.

#### **4.9. Métodos y técnicas de análisis de datos**

Las técnicas para el análisis de datos en este trabajo fueron:

**Registro.** Se ha procedido a registrar los datos según la ficha técnica propuesta por Yopez, en el año (2004) , mediante la observación del experto que este caso es un trabajo ingenieril.

**Tabulación.** Una vez registrado los datos de campo en la ficha técnica se ha procedido a tabular usando para ello el software Libreoffice 5.4.4 cuyo modelo es:

Tabla 8: Modelo de tabla para tabulación de datos

Factor	Detalles	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	Valor	Puntaje
P1										
P2										
P3										
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Donde:

Tabla 9: Codificación de indicadores que determinan los índice de vulnerabilidad sísmica

Cód	P3	P6	P7	P8
I1	N	a	$\Delta M$	L
I2	At	b	M	S
I3	Ax,y	L	$\Delta A$	
I4	Tk	b <sub>1</sub>	A	
I5	h	b <sub>2</sub>	T	
I6	Pm		H	
I7	Ps			

Donde:

N : Número de pisos.

At : Área total cubierta en (m<sup>2</sup>).

Ax,y : Área total de los muros resistentes en el sentido x e y respectivamente en (m<sup>2</sup>). El área resistente de los muros inclinados un ángulo a diferente de cero, respecto a la dirección considerada.

$$Tk : \tau_k = \frac{\sum \tau_i A_i}{\sum A_i}$$

h : Altura media de los pisos en metros.

Pm : Peso específico de la mampostería en (ton/m<sup>3</sup>).

Ps : Peso por unidad de área del diafragma en (ton/ m<sup>2</sup>).

a : Ancho de la planta.

b : Ancho de la exención perpendicular.

$l$  : Largo de la planta.

$b_1$  :  $a / l$

$b_2$  :  $b / l$

$\pm \Delta M$  : Variación de masa en porcentaje (+ si aumenta; - si disminuye).

$M$  : Masa del piso más bajo.

$\pm \Delta A$  : Variación de área en porcentaje (+ si aumenta; - si disminuye).

$A$  : Área del piso mas bajo.

$T$  : Longitud de porche o torreta.

$H$  : Altura del edificio incluido la torreta o porche.

$L$  : Es el espaciamiento de los muros transversales.

$S$  : El espesor del muro maestro.

- **Codificación.** La codificación respectiva se ha realizado haciendo uno de operaciones sencillas en Calc de Libreoffice 5.4.4 cuyos puntajes se pondera con los indices de la tabla (1) y finalmente se ha determinado el indice de vulnerabilidad sísmica con operaciones matemáticas sencillas en el mismo software (Libreoffice).

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Análisis de datos

##### 5.1.1. Pabellón A

Tabla 10: Análisis ingenieril del pabellón A

F	Detalles	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	Val	Punt	Ki	Wi
P1	Presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P2	Mampostería en ladrillo con piezas homogéneas y de dimensiones constantes. Presencia de ligamento entre las piezas.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.25
P3	Se evalúa por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio	N	At	Ax,y	tk	h	Pm	Ps		B	5	1.5
P4	Presenta cimentación sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.75
P5	Presenta: Ausencia de planos a desnivel, La deformabilidad del diafragma es despreciable y La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P6	$b_1 = a / L$ : relación entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor y $b_2 = b / L$	9.14	0	31.0	0.29	0	-	-	0	A	0	0.5
P7	Variación de masa en porcentaje $\pm DM/M$ entre dos	DM	M	0	192	-	-	-	0	A	0	1

	pisos sucesivos ó variación de áreas respectivas $\pm DA/A$											
	El factor L/S donde L es el espaciamiento de los muros transversales y S el espesor del muro maestro											
P8	4.98	0.15	-	-	-	-	-	-	33	D	0	0.25
P9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	25	1
P10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	0	0.25
P11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1

Los datos que se muestran en la tabla ( 10) son datos obtenidos del trabajo ingenieril en campo para hallar el Indice de Vulnerabilidad (IV) del Edificio “A” de la UAP usando para ello la formula planteado por Yopez (1996). Se muestra también la valoración asignada al edificio por cada ítem (P1, ... , P11), donde podemos observar que el edificio tiene un techo inestable pero que consta con una viga cumbrera y estos detalles califican a este edificio y en este item con la letra “C”. mientras que en los otros item está valorado con la letra “A”. Entonces:

$$IV = 0*1+0*0.25+5*1.5+0*0.75+0*1+0*0.5+0*1+45*0.25+25*1+0*0.25+0*1$$

$$= 43.75$$

$$VI \text{ Normalizada} = 11.45 \%$$

Con este resultado se afirmar que el Indice de Vulnerabilidad Sísmica del edificio A de la Universidad Alas Peruanas Sub - sede Abancay es baja dado que el VI Normalizada se encuentra por debajo de 15%.

### 5.1.2. Pabellón B

Tabla 11: Análisis ingenieril del pabellón B

F	Detalles	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	Val	Punt	Ki	Wi
P1	Presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre	-	-	-	-	-	-	-	-	B	5	1
P2	Mampostería en ladrillo con piezas homogéneas y de dimensiones constantes. Presencia de ligamento entre las piezas.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.25
P3	Se evalúa por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio	N	At	Ax,y	tk	h	Pm	Ps		B	5	1.5
P4	Presenta cimentación sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.75
P5	Presenta: Ausencia de planos a desnivel, La deformabilidad del diafragma es despreciable y La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P6	$b_1 = a / L$ : relación entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor y $b_2 = b / L$	6.4	0	39.3 7	0.16	0	-	-	0	A	0	0.5
P7	Variación de masa en porcentaje $\pm$ DM/M entre dos pisos sucesivos ó variación de áreas respectivas $\pm$ DA/A	8.45	6.4	9.23	359. 59	-	-	-	1.32	B	0	1
P8	El factor L/S donde L es el	4.08	0.15	-	-	-	-	-	27.1	D	0	0.25



### 5.1.3. Pabellón C

Tabla 12: Análisis ingenieril del pabellón C

F	Detalles	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	Val	Punt	Ki	Wi
P1	Presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre	-	-	-	-	-	-	-	-	B	5	1
P2	Mampostería en ladrillo con piezas homogéneas y de dimensiones constantes. Presencia de ligamento entre las piezas.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.25
P3	Se evalúa por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio	N	At	Ax,y	tk	h	Pm	Ps		B	5	1.5
P4	Presenta cimentación sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.75
P5	Presenta: Ausencia de planos a desnivel, La deformabilidad del diafragma es despreciable y La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P6	$b_1 = a / L$ : relación entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor y $b_2 = b / L$	a	0	L	$b_1$	0	-	-	-	A	0	0.5
P7	Variación de masa en porcentaje $\pm$ DM/M entre dos pisos sucesivos ó variación de áreas respectivas $\pm$ DA/A	1	1.1	DA	A	-	-	-	0.91	A	0	1

P8	El factor L/S donde L es el espaciamiento de los muros transversales y S el espesor del muro maestro	5	0.15	-	-	-	-	-	33.33	D	0	0.25
P9	Edificio con cubierta estable y provisto de viga cumbrera	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P10	Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.	-	-	-	-	-	-	-	-	B	0	0.25
P11	Muros en buena condición, sin lesiones visibles	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1

Con los datos obtenidos que se muestra en la tabla ( 12) que muestran la valoración correspondiente a cada ítem se ha hallado el Índice de Vulnerabilidad (IV) del Edificio “C” de la UAP usando para ello la formula de planteado por Yepez (1996). Aquí es de notar que el ítem P8 es la de menor valoración debido a que la longitud de L es 5.00 m, pero sin embargo es de tan solo 2 pisos por lo que no afecta significativamente a la vulnerabilidad sísmica.

$$\begin{aligned} \text{Índice de Vulnerabilidad Sísmica (IV)} &= 5*1+0*0.25+5*1.5+0*0.75+0*1+0*0.5+0*1+45*0.25+0*1+0*0.25+0*1 \\ &= 23.75 \end{aligned}$$

$$\text{VI Normalizada} = 6.22 \%$$

Con este resultado obtenido podemos afirmar que el Índice de vulnerabilidad sísmica del edificio C de la Universidad Alas Peruanas Sub - sede Abancay es baja dado que el IV Normalizada se encuentra por debajo del 15%.

### 5.1.4. Pabellón D

Tabla 13: Análisis ingenieril del pabellón D

F	Detalles	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	Val	Punt	Ki	Wi
P1	Presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre	-	-	-	-	-	-	-	-	B	5	1
P2	Mampostería en ladrillo con piezas homogéneas y de dimensiones constantes. Presencia de ligamento entre las piezas.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.25
P3	Se evalúa por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio	N	At	Ax,y	tk	h	Pm	Ps		B	5	1.5
P4	Presenta cimentación sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.75
P5	Presenta: Ausencia de planos a desnivel, La deformabilidad del diafragma es despreciable y La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P6	$b_1 = a / L$ : relación entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor y $b_2 = b / L$	a	0	L	$b_1$	0	-	-	0	A	0	0.5
P7	Variación de masa en porcentaje $\pm DM/M$ entre dos pisos sucesivos ó variación de áreas respectivas $\pm DA/A$	1	1.1	DA	A	-	-	-	0.91	A	0	1
P8	El factor L/S donde L es el espaciamiento de los muros transversales y S el espesor	4.5	0.15	-	-	-	-	-	30	D	0	0.25

	del muro maestro											
P9	Edificio con cubierta estable y provisto de viga cumbreira	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P10	Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.	-	-	-	-	-	-	-	-	B	0	0.25
P11	Muros en buena condición, sin lesiones visibles	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1

En la tabla ( 13) se muestra la valoración de los ítem, producto del trabajo ingenieril que se ha realizado en campo con ellos se ha hallado el Índice de Vulnerabilidad (IV) del Edificio “D” de la UAP usando para ello la formula que plantea Yopez (1996). Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Índice de Vulnerabilidad Sismica (IV)} &= 5*1+0*0.25+5*1.5+0*0.75+0*1+0*0.5+0*1+45*0.25+0*1+0*0.25+0*1 \\ &= 23.75 \end{aligned}$$

$$\text{VI Normalizada} = 6.22 \%$$

Con este resultado se afirma que el Índice de Vulnerabilidad Sísmica del edificio D de la Universidad Alas Peruanas Sub - sede Abancay es baja dado que el IV Normalizada se encuentra por debajo de 15%.

### 5.1.5. Pabellón E

Tabla 14: Análisis ingenieril del pabellón E

F	Detalles	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	Val	Punt	Ki	Wi
P1	Presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre	-	-	-	-	-	-	-	-	B	5	1
P2	Mampostería en ladrillo con piezas homogéneas y de dimensiones constantes. Presencia de ligamento entre las piezas.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.25
P3	Se evalúa por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio	N	At	Ax,y	tk	h	Pm	Ps		B	5	1.5
P4	Presenta cimentación sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.75
P5	Presenta: Ausencia de planos a desnivel, La deformabilidad del diafragma es despreciable y La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P6	$b_1 = a / L$ : relación entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor y $b_2 = b / L$	6.9	5.39	33.42	0.21	0.16	-	-	0.16	B	0	0.5
P7	Variación de masa en porcentaje $\pm DM/M$ entre dos pisos sucesivos ó variación de áreas respectivas $\pm DA/A$	6.6	8.45	DA	A	-	-	-	0.78	C	0	1
P8	El factor L/S donde L es el	6.02	0.15	-	-	-	-	-	40.13	A	0	0.25

	espaciamiento de los muros transversales y S el espesor del muro maestro												
P9	Edificio con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbrera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	15	1
P10	Edificio con cornisas bien conectadas a la pared,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	0	0.25
P11	Muros en buena condición, sin lesiones visibles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1

La tabla ( 14) muestra la valoración de los ítem realizado en campo para hallar el Índice de Vulnerabilidad (IV) del Edificio “D” de la UAP, donde se aprecia que el ítem P7 tiene una valoración baja, esto se debe a que la variación de áreas de dos pisos sucesivos (de la planta y segundo piso ) es de regular consideración y esto aumenta la vulnerabilidad debido a que el peso es mayor en los pisos superiores, el pasadizo se encuentra sin la debida cantidad de columnas de soporte y que el los salones del cuarto piso se considera inestables para sismos de regular intensidad por no contar con la debida cantidad de columnas y ausencia de vigas en la mayor parte de la construcción del piso 5, por lo que el IV hallada con la formula planteado por Yopez (1996), es:

$$\begin{aligned} \text{Índice de Vulnerabilidad Sismica (IV)} &= 5*1+0*0.25+5*1.5+0*0.75+0*1+5*0.5+25*1+0*0.25+45*1+0*0.25+0*1 \\ &= 85 \end{aligned}$$

$$\text{VI Normalizada} = 22.25 \%$$

Con este resultado obtenido podemos afirmar que el Índice de Vulnerabilidad Sismica del edificio D de la Universidad Alas Peruanas Sub - sede Abancay es baja dado que el IV Normalizada se encuentra entre el 15% y 35%.

### 5.1.6. Pabellón F

Tabla 15: Análisis ingenieril del pabellón F

F	Detalles	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	Val	Punt	Ki	Wi
P1	Presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre	-	-	-	-	-	-	-	-	B	5	1
P2	Mampostería en ladrillo con piezas homogéneas y de dimensiones constantes. Presencia de ligamento entre las piezas.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.25
P3	Se evalúa por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio	N	At	Ax,y	tk	h	Pm	Ps		B	5	1.5
P4	Presenta cimentación sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.75
P5	Presenta: Ausencia de planos a desnivel, La deformabilidad del diafragma es despreciable y La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P6	$b_1 = a / L$ : relación entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor y $b_2 = b / L$	a	0	L	$b_1$	0	-	-	-	A	0	0.5
P7	Variación de masa en porcentaje $\pm$ DM/M entre dos pisos sucesivos ó variación de áreas respectivas $\pm$ DA/A	1	1.1	DA	A	-	-	-	0.91	A	0	1
P8	El factor L/S donde L es el espaciamiento de los muros transversales y S el espesor del muro maestro	4.5	0.15	-	-	-	-	-	30	D	0	0.25
P9	Edificio con cubierta estable y provisto de viga cumbrera	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
P10	Edificio con cornisas bien conectadas a la pared,	-	-	-	-	-	-	-	-	B	0	0.25

---

P11	Muros en buena condición, sin lesiones visibles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

---

Con los datos obtenidos que se muestra en la tabla ( 15) podemos hallar el Índice de Vulnerabilidad (IV) del Edificio “F” de la UAP usando para ello la formula de planteado por Yopez (1996).

Índice de Vulnerabilidad Sismica (IV)

$$= 5*1+0*0.25+5*1.5+0*0.75+0*1+0*0.5+0*1+45*0.25+0*1+0*0.25+0*1$$

$$= 23.75$$

VI Normalizada = 6.22

Con este resultado obtenido podemos afirmar que el Índice de Vulnerabilidad Sismica del edificio F de la Universidad Alas Peruanas Sub - sede Abancay es baja dado que el VI Normalizada se encuentra por debajo del 15%

### 5.1.7. Pabellón G

Tabla 16: Análisis ingenieril del pabellón G

F	Detalles	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	Val	Pu nt	Ki	Wi
P1	No presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas	-	-	-	-	-	-	-	-	B	5	1
P2	Bloques bien cortada, con piezas bien ligadas más no muy homogéneas en toda la extensión del muro.	-	-	-	-	-	-	-	-	B	5	0.25
P3	Se evalúa por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio	N	At	Ax,y	tk	h	Pm	Ps		C	25	1.5
P4	Presenta cimentación sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota.	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.75
P5	Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones	-	-	-	-	-	-	-	-	B	5	1
P6	$b_1 = a / L$ : relación entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor y $b_2 = b / L$	a	0	L	$b_1$	0	-	-	0	A	0	0.5
P7	Variación de masa en porcentaje $\pm$ DM/M entre dos pisos sucesivos ó variación de áreas respectivas $\pm$ DA/A	0	M	DA	A	-	-	-	0	A	0	1
P8	El factor L/S donde L es el espaciamiento de los muros transversales y S el espesor del muro maestro	8	0.3	-	-	-	-	-	26.67	D	0	0.25
P9	Edificio con cubierta inestable, provista de viga cumbrera	-	-	-	-	-	-	-	-	C	25	1
P10	Edificio sin cornisas y sin parapetos	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	0.25

---

P11	Muros en buena condición, sin lesiones visibles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	0	1
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

---

La tabla ( 16) muestra la valoración para la edificación G obtenida para hallar el Índice de Vulnerabilidad (IV) del Edificio “G” de la UAP usando para ello la formula de planteado por Yopez (1996). donde se puede apreciar que No presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas, que tiene bloques de adobe con piezas bien ligadas más no muy homogéneas en toda la extensión del muro, lo que ha permitido una valoración B en los item P1 y P2, tambien se ha encontrado por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio es baja por lo que se ha preocedido a dar la valoración C en el item P3 con todo ello su IV es:

$$\begin{aligned}
 \text{Indice de Vulnerabilidad Sismica (IV)} &= 5*1+5*0.25+25*1.5+0*0.75+5*1+0*0.5+0*1+45*0.25+25*1+0*0.25+0*1 \\
 &= 85
 \end{aligned}$$

$$\text{VI Normalizada} = 22.25$$

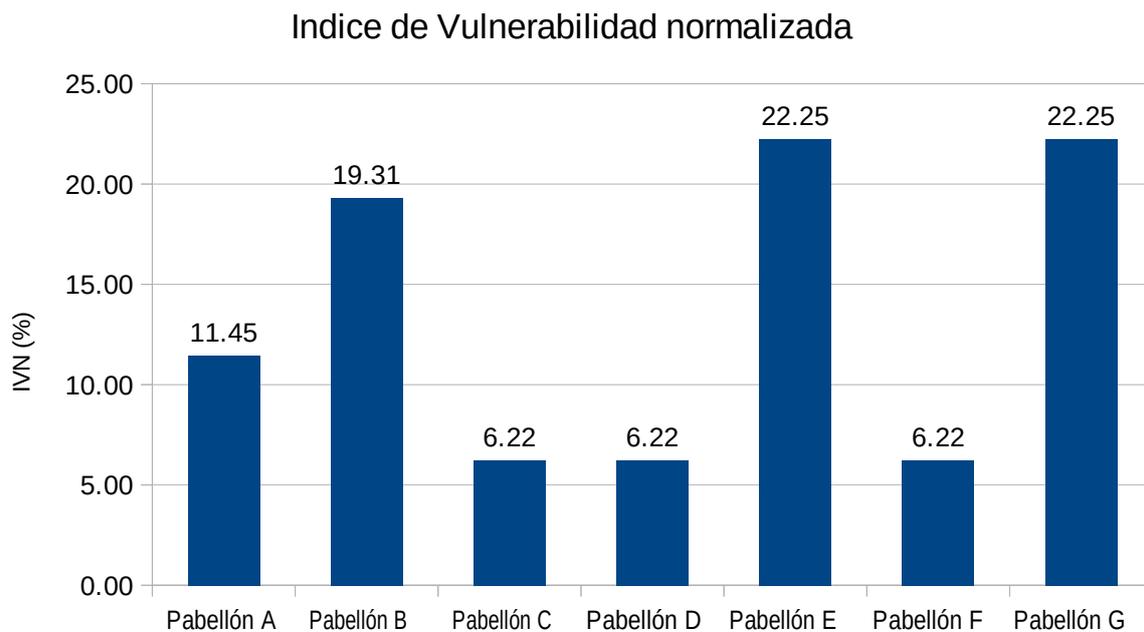
Con este resultado obtenido podemos afirmar que el Índice de Vulnerabilidad Sismica del edificio G de la Universidad Alas Peruanas Sub - sede Abancay es Media dado que el VI Normalizada se encuentra entre el 15% y 35%.

### 5.1.8. Resumen

Tabla 17: Resumen de los datos obtenidos de campo, valoraciones y los IV de los edificios de la UAP.

Factores	Pabellón						
	A	B	C	D	E	F	G
P1	A	B	B	B	B	B	B
P2	A	A	A	A	A	A	B
P3	B	C	B	B	B	B	C
P4	A	A	A	A	A	A	A
P5	A	A	A	A	A	A	B
P6	A	A	A	A	B	A	A
P7	A	B	A	A	C	A	A
P8	D	D	D	D	A	D	D
P9	C	B	A	A	D	A	C
P10	B	B	B	B	B	B	A
P11	A	A	A	A	A	A	A
N.º Pisos	5	5	2	2	3	2	1
Frec. de A	7	5	7	7	5	7	5
Frec. de B	2	4	3	3	4	3	3
Frec. de C	1	1	0	0	1	0	2
Frec. de D	1	1	1	1	1	1	1
VI	43.75	73.75	23.75	23.75	85	23.75	85
VIN	11.45	19.31	6.22	6.22	22.25	6.22	22.25
Vulnerabilidad	Baja	Media	Baja	Baja	Media	Baja	Media

En la tabla ( 17) se muestra el resumen de los resultados de la valoración de los ítem que se considera para la determinación del índice de vulnerabilidad y la calificación respectiva, aquí se puede observar que los pabellones B, E y G tienen calificación media es decir son medianamente vulnerables a eventos sísmicos que podría ocurrir en ésta region de apurímac, además es de notar que los índices del pabellón E y G son ambas 22.25 %.



*Figura 6 : Indice de Vulnerabilidad de las edificaciones de la UAP Sub - sede Abancay*

En la figura (6) se representa gráficamente los índices de vulnerabilidad normalizada para cada pabellón de la Universidad Alas Peruanas Sub sede Abancay, aquí se puede notar que los pabellones B, E y G tienen los índices más altos, por lo tanto más vulnerables a eventos sísmicos en contraste también podemos diferenciar los índices de los pabellones C, D y F los cuales están por debajo del 10%, lo que quiere decir que tienen vulnerabilidad baja a eventos sísmicos, por otro lado podemos afirmar que dichos pabellones son más seguros.

### Vulnerabilidad de las edificaciones de la UAP

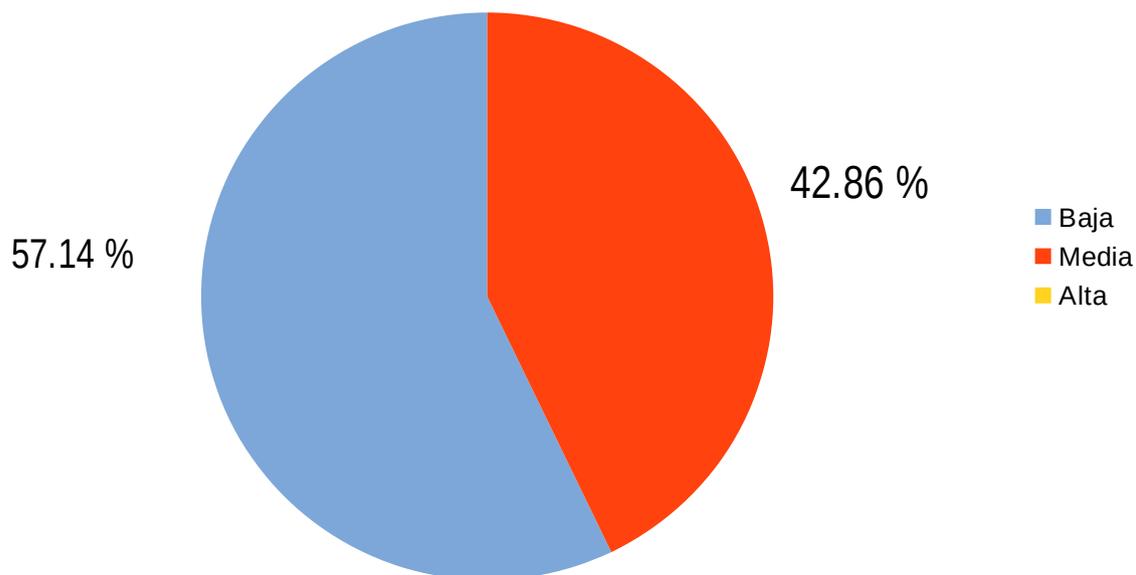


Figura 7: Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones de la UAP Sub - sede Abancay

La Figura (7) muestra la frecuencia en porcentajes de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la UAP filial Abancay, donde se puede observar que las edificaciones de vulnerabilidad media representa un 42.86 % mientras que las edificaciones de vulnerabilidad baja representan un total de 57.14 % y finalmente no hay ninguna edificación con vulnerabilidad alta.

## 5.2. Prueba de hipótesis

- H0: La vulnerabilidad sísmica, mediante el método de categorización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017, presenta un nivel medio en un 30% del total de edificaciones.
- Ha: La vulnerabilidad sísmica, mediante el método de categorización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017, presenta un nivel medio diferente del 30% del total de edificaciones.

Tamaño de muestra = 7

Hipótesis Nula: proporción = 0,3

Hipótesis Alternativa: no igual

Proporción de muestra = 0,43

Intervalos de confianza del 95,0% para p: [0,0997322;0,816903]

Valor-P = 0,70586

La muestra consta de 7 observaciones, la proporción muestral es igual a 0,43 dado que se tiene 3 edificios con vulnerabilidad media. Por lo tanto puesto que el valor-P = 0,70586 para la prueba es mayor o igual que 0,05, no puede rechazarse la hipótesis nula con un 95,0% de nivel de confianza. Es decir se acepta que la vulnerabilidad sísmica analizada y determinada mediante el método de categorización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017, es de nivel medio o moderado en un 30% del total de sus edificaciones.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- La vulnerabilidad sísmica determinada mediante el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017 presenta porcentaje de 42.86% de vulnerabilidad media, 57.14 % de vulnerabilidad baja y 0% de vulnerabilidad alta de las cuales: Pabellón A Baja, Pabellón B Media, Pabellón C Baja, Pabellón D Baja, Pabellón E Media, Pabellón F Baja y Pabellón G Media.
- Se ha identificado los factores de vulnerabilidad sísmica con mayor incidencia, evaluado por el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017 los cuales son en primera instancia: el factor espaciamiento de los muros transversales y el espesor del muro maestro, factor que se presenta en todas las edificaciones de la UAP, seguido por el factor cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira factor que se presenta en los pabellones A B y E, los cuales aumentan la vulnerabilidad sísmica de éstos pabellones.
- Los valores del índice de vulnerabilidad sísmica hallada mediante el método de categorización o caracterización de los edificios del campus de la Universidad Alas Peruanas filial Abancay – Apurímac – 2017 es como sigue: Pabellón A 11.45 %, Pabellón B 19.31 %, Pabellón C 6.22 %, Pabellón D 6.22 %, Pabellón E 22.25 %, Pabellón F 6.22 % y Pabellón G 22.25 %.

## 6.2. Recomendaciones

- En este trabajo de investigación se ha encontrado que los pabellones B, C y G tienen vulnerabilidad media y cuyos factores de riesgo son iguales por lo que se recomienda determinar el índice mediante un estudio más exhaustivo es decir con el método analítico con especial cuidado en los factores cuya incidencia es mayor en esta investigación los cuales son espaciamiento de los muros transversales y el espesor del muro maestro y también hacer énfasis sobre las cubiertas parcialmente estables.
- En base a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se recomienda tomar las acciones necesarias para reducir la vulnerabilidad de los edificios que están con vulnerabilidad media.
- Se recomienda también iniciar un estudio similar en todas las instituciones educativas de la ciudad de Abancay y sus provincias ya que nuestra región pertenece a la zona sísmica 2, lo que sugiere que en cualquier momento menos esperado se podría tener un evento sísmico de consideración y debemos estar preparados para afrontar los efectos de dicho evento sísmico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldaz, H., & Ehurel, D. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del Casco Urbano de Namballe-San Ignacio-Cajamarca.
- Barbat, A., & Pujades, L. (2004). Evaluación de la Vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas. Aplicación a Barcelona. In *Sísmica 2004: 6º Congreso Nacional de Sismología e Engenharia Sísmica* (pp. 229-252).
- Bertero, V. V. (1997). Performance-based seismic engineering: A critical review of proposed guidelines. *Seismic design methodologies for the next generation of codes*, 1-31.
- Bonett Díaz, R. L. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Caicedo Caicedo, C., Barbat Barbat, H. A., Canas Torres, J. A., & Aguiar Falconí, R. (1994). Vulnerabilidad sísmica de edificios. Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE).
- Carrillo, J. (2008). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño. *Dyna*, 75(155), 91-102.
- Ley N° 320739. E.030. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, viernes 9 de junio de 2006.
- Ortega, F., & Eduvigues, R. (2015). Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del Distrito de Samegua, Región Moquegua.
- Safina Melone, S. (2003). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Universitat Politècnica de Catalunya.

- Sandi, H. (1983). "Earthquake risk and earthquake preparedness: some qualitative aspects and quantification possibilities", Proceedings of the Seminar on Earthquake Preparedness. UNDP/UNESCO/UNDRO Project for Earthquake Risk Reduction in the Balkan Region, Athens, 79-93.
- Sandi, H. (1986). Vulnerability and risk analysis for individual structures and systems. In Proceedings of the 8th European Conference on Earthquake Engineering (pp. 11-60).
- Talledo Coveñas, M. L. (2012). Evaluación y reforzamiento sismorresistente de una estructura, empleando El FEMA 273.
- Yépez, F., Barbat, A. H. y Canas, J. A. (1996). Evaluación probabilista de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras de hormigón armado por medio de simulación, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE, Barcelona, monografía IS-20.
- Navia Llorente, J. A., Roa, B., & Mauricio, E. (2008). Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica en viviendas de interés social de uno y dos pisos construidas con mampostería estructural en la ciudad de Bogotá.

## ANEXOS

### A) FICHA TÉCNICA

No. edificio: _____
Dirección: _____
Fecha: _____
Observador: _____
1, Organización del sistema resistente:
2. Calidad del sistema resistente:
3, Resistencia convencional
• Número de pisos N:
• Área total cubierta A <sub>t</sub> : _____ m <sup>2</sup>
• Área resistente sentido x A <sub>x</sub> : _____ m <sup>2</sup>
• Área resistente sentido y A <sub>y</sub> : _____ m <sup>2</sup>
• Resistencia cortante mampostería Tau <sub>k</sub> : _____ Ton/m <sup>2</sup>
• Altura media de los pisos h: _____ m
• Peso específico mampostería P <sub>m</sub> : _____ Ton/m <sup>3</sup>
• Peso por unidad de área diafragma P <sub>s</sub> : _____ Ton/m <sup>2</sup>
4. Posición del edificio y de la cimentación:
5. Diafragmas horizontales:
6. Configuración en planta betha <sub>1</sub> = a/L= _____; betha <sub>2</sub> = b/L= _____
7. Configuración en elevación Superficie porche % : _____ T/H = _____ +/- delta M/M: _____
8. Distancia máxima entre los muros L/S: _____
9. Tipo de cubierta: _____
10. Elementos no estructurales: _____
11. Estado de conservación: _____

## B) EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



Figura 8: Pabellón E de la UAP Sub sede Abancay



Figura 9: Toma de datos del pabellón A de la UAP Sub sede Abancay



Figura 10: Medición de las dimensiones de la escalera del pabellón A de la UAP Sub sede Abancay



Figura 11: Medición de la anchura del pabellón B de la UAP Sub sede Abancay

# **PLANOS DE LAS EDIFICACIONES DE LA UAP SUB SEDE ABANCAY**