



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE  
EDIFICACIONES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO  
MEDIANTE CURVAS DE FRAGILIDAD EN LA CIUDAD DE  
HUARAZ-2017”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

**LENIN ALBERTO SÁNCHEZ ORTIZ**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

**INGENIERO CIVIL**

**HUARAZ – PERÚ**

**2017**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

### **A mis padres.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### **A mi esposa.**

Porque es la luz que enciende mi vida y por su constante apoyo que hizo realidad este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Alas Peruanas, por haberme permitido, con toda normalidad formarme en una carrera profesional y contribuir mi desarrollo integral.

A mi asesor el Ing. Fredy Alva Villacorta por ser mi guía y por ser su ejemplo de gran profesionalismo para realización de este trabajo.

A todos los profesores y amigos, que aportaron su saber y conocimientos para completar esta etapa de mi formación personal y académica.

## RESUMEN

En La Tesis titulada "Evaluación de la vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Aporticados de concreto armado mediante curvas de fragilidad en la ciudad de Huaraz", desarrolla una metodología de enfoque probabilístico basado en curvas de fragilidad; que representa la vulnerabilidad de la estructura ante diversos niveles de intensidad sísmica. El presente trabajo de investigación responde a la necesidad de conocer vulnerabilidad Sísmica de edificaciones aporticados de concreto armado mediante curvas de fragilidad en la ciudad de Huaraz .Tiene como objetivo general determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017.

El estudio fue corresponde al enfoque de investigación cuantitativa, de tipo aplicada , con diseño no experimental transversal y método hipotético deductivo, para la recolección de datos se aplicó la ficha técnica, dicho instrumento fue validado por tres juicos de expertos, la población está representada por 132 edificaciones aporticados de concreto armado, para la muestra se seleccionó la muestra representativa en función a la información disponible y un refinamiento en el muestreo; por consiguiente, las características consideradas fueron el tipo de suelo con condiciones más desfavorables, el tipo de sistema estructural tipo pórtico conformado por pórticos de vigas y columnas de concreto armado 03 pisos cuyo factor de importancia es de uso común (vivienda familiar) esta característica fue establecida por ser el material de construcción y sistema estructural más usada en la ciudad de Huaraz.

Se determinó que para una aceleración horizontal del suelo de 0.35g se obtuvieron una probabilidad de daños en estado moderado de 96.90% en la dirección X y un 99.93% en la dirección Y. Por otro lado, se realizó un análisis

sísmico del tipo Modal de Respuesta Espectral según los parámetros de la Norma E-030 para la muestra elegida donde se obtuvieron las frecuencias, periodos de vibración, modos de vibración, las derivas de piso para el análisis modal de respuesta espectral en ambas direcciones con sus limitaciones de acuerdo a la Norma E-030 y sus gráficos de Fuerza Cortante, Fuerza axial, Momentos para la respuesta espectral.

Palabras claves: **vulnerabilidad sísmica, edificaciones aporticados de concreto, curva de fragilidad.**

## SUMMARY

In the Thesis entitled "Evaluation of Seismic Vulnerability of Armed Concrete Constructed Buildings through Fragility Curves in the City of Huaraz", it develops a probabilistic approach methodology based on fragility curves; which represents the vulnerability of the structure to various levels of seismic intensity. The present research work responds to the need to know seismic vulnerability of buildings contributed by reinforced concrete by curves of fragility in the city of Huaraz. Its general objective is to determine the level of seismic vulnerability in buildings contributed by reinforced concrete, through the curve of fragility in the city of Huaraz-2017.

The study corresponded to the quantitative research approach, of the applied type, with a non-experimental transversal design and hypothetical deductive method, for the data collection the technical data sheet was applied, this instrument was validated by three experts, the population is represented by 132 buildings made of reinforced concrete, for the sample the representative sample was selected based on the available information and a refinement in the sampling; therefore, the characteristics considered were the type of soil with the most unfavorable conditions, the type of porch-like structural system made up of beams and columns of reinforced concrete 03 floors whose importance factor is of common use (family dwelling) this characteristic was established as the most used construction material and structural system in the city of Huaraz.

It was determined that for a horizontal ground acceleration of 0.35g a probability of moderate damage of 96.90% in the X direction and 99.93% in the Y direction was obtained. On the other hand, a seismic analysis of the Modal type was made. Spectral response according to the parameters of Standard E-030 for the chosen sample where the frequencies, vibration periods, vibration modes, floor drifts were obtained for the modal analysis of spectral response in both directions with their limitations according to the Standard E-030 and its graphs of shear force, axial force, moments for spectral response.

**Keywords:** seismic vulnerability, buildings contributed concrete, curve of fragility.

## INDICE

CARATULA.....	i
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	ivii
RESUMEN .....	iv
SUMMARY .....	v
INDICE.....	vi
INTRODUCCION .....	x
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO .....	14
1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:.....	14
1.2 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION:.....	15
1.2.1. Espacial.....	15
1.2.2. Temporal.....	15
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION: .....	16
1.3.1. Problema General.....	17
1.3.2. Problema Específicos.....	17
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION:.....	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivo Específicos.....	17
1.5 FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	18
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	18
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	18
1.5.3 VARIABLES DE LA INVESTIGACION.....	18
1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	19

1.6.1. Tipo de Investigación y nivel de investigación.....	20
1.6.2. Métodos y diseño de la Investigación. ....	20
1.6.3 POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION .....	21
1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..	24
1.6.5 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION .....	25
CAPÍTULO II - MARCO TEORICO.....	28
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION: .....	28
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	28
2.2.2 Antecedentes Nacionales .....	31
2.2 BASES TEORICAS:.....	39
2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS: .....	55
CAPÍTULO III - PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	58
3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO .....	58
3.1.1 Confiabilidad del instrumento.....	58
3.1.2 Validez del instrumento.....	58
3.2 ANALISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.....	60
CAPITULO IV: CONTRASTE DE PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	93
CAPITULO V : DISCUSIÓN Y RESULTADOS .....	98
CONCLUSIONES .....	100
RECOMENDACIONES .....	102
FUENTES DE INFORMACIÓN .....	103

### INDICE DE TABLAS

✓ Tabla 1. Operacionalización de variables.....	16
✓ Tabla 2. Edificaciones en la ciudad de Huaraz.....	18
✓ Tabla 3. Tipo de estructura de edificaciones de pórticos de concreto reforzada.....	38
✓ Tabla 4. Nivel de diseño Haz us y comparación con la norma peruana E.030.....	39



✓ Tabla 5. Clasificación de zona sísmica de UBC .....	39
✓ Tabla 6. Valores de deriva para cada estado de daño y cada nivel de diseño.....	40
✓ Tabla 7. Valores de medio de aceleración del terreno para cada estado de daño y cada nivel de diseño HAZUS para edificaciones C1L.....	40
✓ Tabla 8. Estado de daño y factores de daño sugeridos por Hwang y Lin (2002).....	41
✓ Tabla 9. Tabla de valores de la variable aleatoria.....	54
✓ Tabla 10. Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$ e techo), en X (Extraído del modelo).....	55
✓ Tabla 11. Calculo de probabilidad de fallo $A=0.35$ con una deriva de 5,8 caso leve.....	57
✓ Tabla 12. Probabilidades de falla para la dirección del eje x utilizando la deriva de la norma peruana y la deriva para cada estado para daños Hazus.....	58
✓ Tabla. 13. Periodos y frecuencia con el etabs.....	61
✓ Tabla. 14. Porcentaje de participación de Masa modal.....	62
✓ Tabla. 15. Desplazamiento obtenido según la N 0.30.....	69
✓ Tabla. 16. Desplazamientos de Diafragmas Para el sismo en la dirección X.....	69
✓ Tabla. 17. Desplazamiento de los diafragmas para el sismo en la dirección Y. Aceleraciones de Diafragmas Para el sismo en la dirección X.....	69
✓ Tabla. 18. Aceleraciones de Diafragmas Para el sismo en la dirección Y.....	69
✓ Tabla.19. Fuerza cortante por niveles, sismo en la dirección X.....	70
✓ Tabla. 20. Derivas de Piso para el análisis modal espectral en la Dirección X.....	70
✓ Tabla. 21. Derivas de Piso para el análisis modal espectral en la Dirección y.....	70
✓ Tabla. 22. Evaluación de Derivas máximas en la Dirección X para el Análisis Modal de Respuesta Espectral.....	71

✓ Tabla. 23.Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$ de techo), (Modelo 02)	79
✓ Tabla. 24. Deriva normalizada del techo en modelo 02.....	80
✓ Tabla.25. Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$ de techo), (Modelo 03).....	81
✓ Tabla.26.Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$ de techo), (Modelo 04)	82
✓ Tabla. 27. Deriva normalizada del techo en modelo 04.....	82
✓ Tabla.28. Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$ de techo), (Modelo 05).....	83
✓ Tabla. 29. Deriva normalizada del techo en modelo 05.....	84
✓ Tabla.30. Contingencia curva fragilidad x Edificacion aporticada.....	85
✓ Tabla.31. Contingencia Configuracion Estructural x Resistente a cargas sísmicas.....	86
✓ Tabla.32. Contingencia Comportamiento de estructura x Curvas de fragilidad.	87
✓ Tabla.33. Contingencia edificaciones aporticadasxDaños sísmicos 1970.....	88

### INDICE DE FIGURAS

✓ Fig. 1. Curvas de fragilidad.....	36
✓ Fig.2 Interacción de la placa de Nazca con la Sudamericana.....	43
✓ Fig.3 Epicentro y foco.....	43
✓ Fig. 4 Vista en planta del modelo.....	54
✓ Fig. 5 Vista frontal del pórtico.....	55
✓ Fig. 6. curvas de fragilidad para la direccion larga eje X utilizando la deriva de la norma Peruana y FEMA HAZUS.....	61
✓ Fig. 7. curvas de fragilidad para la direccion larga eje Y utilizando la deriva de la norma Peruana y FEMA HAZUS.....	62
✓ Fig.8. Evaluación de daños y niveles de riesgo en la dirección X.....	62
✓ Fig 9 Evaluación de daños y niveles de riesgo en la dirección Y.....	63
✓ Fig. 10. Deformada para el modo 1-T=0.988s y para el modo 2-T=0.944s.....	65
✓ Fig. 11. Deformada para el modo 3-T=0.7260s y para el modo 4-T=0.1550s..	65
✓ Figura 12: Deformada para el modo 5-T=0.1470s y para el modo 6-	

T=0.1280s.....	66
✓ Figura 13. Deformada para el modo 7-T=0.1170s y para el modo 8-T=0.1120s .....	66
✓ Figura 14. Deformada para el modo 9-T=0.09s.....	67
✓ Figura 15. Perfil de Deriva en la Dirección X para el Análisis Modal Espectral .....	65
✓ Figura 16. Perfil de Deriva en la Dirección Y para el Análisis Modal Espectral .....	65
✓ Figura 17. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación 1 y 2.....	65
✓ Figura 18. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación 3 y 4.....	65
✓ Figura 19. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación 5 y 6.....	66
✓ Figura 20. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación A y B.....	65
✓ Figura 21. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación C.....	66
✓ Figura 22. Fuerza Cortante para el Analisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación A.....	67
✓ Figura 23. Fuerza Cortante para el Analisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación B.....	68
✓ Figura 24. Fuerza Cortante para el Analisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación C.....	65
✓ Figura 25. Fuerza Cortante para el Analisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación 1 y 2.....	68
✓ Figura 26. Fuerza Cortante para el Análisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación 3 y 4.....	65
✓ Figura 27. Fuerza Cortante para el Análisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación 5 y 6 .....	68
✓ Figura 28. Momento Flector para el Análisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación A y C.....	65
✓ Figura 29. Momento Flector para el Análisis Modal de Respuesta espectral en	

---

el sentido X, Elevación 1 y 2.....	66
✓ Figura 30. Curvas de fragilidad de la Muestra 2 .....	67
✓ Figura 31. Curvas de fragilidad para la muestra 3.....	68
✓ Figura 32. Curvas de fragilidad para muestra 4 .....	70
✓ Figura 33. Curvas de fragilidad para la muestra 5.....	71

## **ANEXOS**

MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	100
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO.....	102
FOTOGRAFÍAS.....	107
PLANOS.....	109

## INTRODUCCION

La mayoría de las viviendas en la Ciudad de Huaraz son autoconstruidas y son probablemente la de mayor riesgo por la que no se respetan las normas de diseño y son construidas empíricamente bajo ningún control es así que en este trabajo de investigación del tipo probabilístico las variables aleatorias como el módulo de elasticidad, factor de reducción de respuesta sísmica y la inercia de los elementos estructurales tienen un margen de precisión. Es necesario conocer el estado en que se encuentran las viviendas, especialmente las de mayor riesgo como son las viviendas autoconstruidas.

En la presente investigación nos enfocamos de la siguiente manera. En el capítulo I se presenta el planteamiento de la investigación, el problema, los objetivos, la formulación de las hipótesis, el diseño de la investigación, la población de estudio, las técnicas utilizadas y la justificación e importancia, estos componentes establecen vínculos esenciales y obligatorios, porque con la correcta formulación de estos son premisas básicas para el futuro y el éxito de la investigación.

En el capítulo II encontramos al marco teórico, con informaciones sobre antecedentes nacionales e internacionales para el respaldo de la investigación, y en las bases teóricas se conceptualiza y se profundiza sobre las evaluaciones de la vulnerabilidad sísmicas, edificaciones aporticados de concreto armado y las curva de fragilidad, mediante la revisión bibliográfica; y ellos un pilar fundamental de la presente investigación.

En el capítulo III se abordan la presentación de resultados, dentro de ello se plasma la confiabilidad del instrumento, el análisis cuantitativo de las variables y la prueba de normalidad. En el capítulo IV se realiza el proceso de contraste de las hipótesis planteadas en la investigación.

En el capítulo V se realiza la discusión de resultados finalizando con las conclusiones

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO METODOLOGICO**

#### **1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:**

Uno de los terremotos más devastadores ocurridos en nuestro país se produjo en mayo de 1970, el cual ocasionó la muerte de casi de 70 000 personas y la desaparición total del poblado de Yungay. En noviembre de 1996, en el sur del Perú, se produjo otro terremoto que causó gran destrucción, dejando más de 90 000 damnificados, cerca de 5 000 viviendas destruidas y más de 10 000 viviendas afectadas (INDECI 2006). En junio del 2001, un nuevo terremoto en el sur del Perú dejó el saldo de 83 personas fallecidas, cerca de 220 000 damnificados, alrededor de 37 000 viviendas afectadas y aproximadamente 22 000 viviendas destruidas (INDECI, 2001). En agosto del 2007, se produjo un nuevo terremoto en Pisco Ica que causó gran destrucción dejando más de 431 000 damnificados.

Uno de los primeros intentos para cuantificar la vulnerabilidad sísmica fue desarrollado por el Consejo de Tecnología Aplicada (ATC) que plasmó sus resultados en el reporte ATC-13 (1985). Este reporte cuantifica la probabilidad de daño sísmico de diferentes tipologías de edificios basándose en la opinión de expertos. El ATC desarrolló un método de evaluación visual rápida de edificios. Este método se describe en el reporte FEMA 154 (ATC- 21 2000). Esta metodología aplicable a edificios ha sido adaptada por Muñoz y Blondet (2006) con el objetivo de reforzar la infraestructura educativa peruana.

FEMA, desarrollo la metodología y programa de estimación de pérdidas de Multi-Riesgos al que denomino HAZUS-MH, Earthquake Model. Actualmente se encuentra en su versión (FEMA-NIBS, 2009).

De no tomar las acciones pertinentes las autoridades y la población nos veremos afectado, y si tuviéramos un sismo de alta magnitud estaríamos lamentando pérdidas humanas y de viviendas.

En ese sentido, la presente investigación pretende analizar la Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aporticados de concreto armado mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz, con el objetivo de prevenir los daños causados por la naturaleza y el accionar del hombre.

## **1.2 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION:**

Desde la óptica Sabino (1986), la delimitación habrá de efectuarse en cuanto al tiempo y el espacio, para situar el problema en un contexto definido y homogéneo. De manera tal, delimitar una investigación científica, especificar en términos concretos las áreas de interés en la búsqueda, establecer su alcance y decidir las fronteras de espacio, tiempo y circunstancias que lo impondrá al estudio.

En efecto la delimitación del proyecto de investigación se realizó según detalle:

### **1.2.1. Espacial.**

La presente investigación se desarrollará en ciudad de Huaraz, teniendo en cuenta el grado de vulnerabilidad de las edificaciones a porticados de concreto en dicho lugar.

### **1.2.2. Temporal.**

La investigación comprende los meses de enero a julio de 2017, realizando en el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones a porticados de concretos mediante la curva de fragilidad.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION:**

La Ciudad de Huaraz y su área de influencia, posterior al sismo de 1970, representó una importante zona en que se formularon diversos estudios relacionados al uso de los suelos y su relación a los peligros naturales, con mayor incidencia a los fenómenos glaciológicos, información técnica requerida para la formulación de la MICROZONIFICACION SÍSMICA para la Ciudad de Huaraz ,sobre la base de la experiencia lograda en la MICROZONIFICACION SÍSMICA formulada en 1971 por la MISION TECNICA JAPONESA en la Ciudad costera de Chimbote.

A través de la SUB-COMISION TECNICA-CRYRZA, bajo la dirección del Ing. Julio Kuroiwa H., en el período 19 de octubre al 19 de noviembre de 1970 se ejecutó estudios de distribución de daños en edificaciones en el centro de la Ciudad de Huaraz, donde quedaron arrasadas más de 100 manzanas del centro, donde perecieron más de 10,000 personas.

El objetivo de este valioso estudio tenía la finalidad de determinar a través del comportamiento de la estructura-edificación la influencia del suelo, datos muy importantes requeridos para los estudios de Microzonificación Sísmica que en dicha fecha se ejecutaba.

En el Perú no existe una metodología definida de estimación de pérdida por sismos mientras que, en otros países, estudios de riesgo sísmico han permitido tomar medidas preventivas de reforzamiento en



edificaciones consideradas como vulnerables (José Martín Velásquez 2006 PUCP).

Ampliando la línea de investigación en este proyecto se propone una metodología de evaluación de riesgo sísmico para edificios aporticados de concreto armado en la ciudad de Huaraz a través de metodologías probabilísticas mediante curvas de fragilidad.

### **1.3.1. Problema General.**

- ¿Cuál es nivel de Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017?

### **1.3.2. Problema Específicos.**

- ¿Cuál es la configuración estructural de las edificaciones y cuáles son sus respectivos parámetros sísmicos?
- ¿Cuál es el comportamiento de las estructuras mediante el análisis de la curva de fragilidad?
- ¿Cuánto daño se esperaría en las edificaciones aporticados de concreto armado, si ocurriera un sismo como el de 1970?

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION:**

### **1.4.1. Objetivo General.**

- Determinar el nivel de Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017.

### **1.4.2. Objetivo Específicos.**

- Identificar la configuración estructural de las edificaciones y sus

respectivos parámetros sísmicos.

- Determinar el comportamiento de las estructuras mediante la curva de fragilidad.
- Describir el daño que se ocasionaría en las edificaciones a porticados de concreto armado, si ocurriera un sismo como el de 1970.

## **1.5 FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.**

- El nivel de Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones a porticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017 serían severas.

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.**

- La configuración estructural de las edificaciones con sus respectivos parámetros sísmicos sería resistente a las cargas sísmicas
- El comportamiento de las estructuras mediante la curva de fragilidad permitiría determinar el porcentaje de estado de daño a diferentes intensidades sísmicas.
- El daño que ocasionaría en las edificaciones a porticados de concreto armado, si ocurriera un sismo como el de 1970 en la ciudad de Huaraz los daños serian severas.

### **1.5.3 VARIABLES DE LA INVESTIGACION**

#### **1.5.3.1 Variable Dependiente:**

- Vulnerabilidad sísmica

### 1.5.3.2 Variable Independiente:

- Estructura de la edificación porticados.
- Sismos

### 1.5.3.3 Operacionalización de Variables:

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

Operacionalidad de Variables					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Sismos</b>	Son perturbaciones subitas en el interior de la tierra que da origen a vibraciones o movimientos del suelo	Son movimientos bruscos de la tierra que causan la destrucción de las estructuras dependiendo del grado de intensidad	Interior de la tierra	Hipocentro o foco	Escalas
			Superficie terrestre	Epicentro	
<b>Vulnerabilidad Sísmica</b>	Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo. La vulnerabilidad sísmica en una propiedad intrínseca de la estructura descrita a través de una Ley Causa-Efecto donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Sandi	Serán determinados a partir de los resultados obtenidos de los instrumentos de investigación	Nivel de diseño de la edificación	Calidad de la construcción	Metodología Probabilística a través de "Curvas de Fragilidad" donde se establecerá los Estados de daño
				Tecnología	
			Factores de riesgo	Demanda sísmica	
				Ubicación	
<b>Estructuras de la edificación</b>	Son de tecnología constructiva simple	Son componentes usadas para soportar cargas	Estructuras	Columna Muro Techo Vigas	Guía de observación

Fuente: Elaboración propia

## 1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### **1.6.1. Tipo de Investigación y nivel de investigación**

#### **a) Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es aplicada. Sabino (2006), define la investigación aplicada "como un conocimiento que permite obtener los insumos necesarios para proceder luego a la acción que persiguen fines concretos, inmediatos de carácter unitario. Es considerada aplicada, debido a que las curvas de fragilidad sísmica obtenidas para edificios de concreto armado, permiten formular planes orientados a prevenir y mitigar riesgos

#### **b) Nivel de investigación.**

El presente trabajo puede definirse como nivel investigación descriptiva, al respecto ello Tamayo (2004) expresa: "la investigación descriptiva comprende la descripción, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición y procedimientos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre una persona, grupo o cosa, que conduce o funcione en el presente".

### **1.6.2. Métodos y diseño de la Investigación.**

#### **a) Método de investigación**

La presente investigación utiliza el método deductivo, Según Muñoz (2012) afirma que es un razonamiento que analiza una porción de un todo; parte de lo general a lo particular. Utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de los hechos generales a particulares, aceptados como válidos para llegar a conclusiones específicas. También se puede decir que la investigación es cuantitativa, al respecto Hernández (2010) menciona que se usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis

estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

## **b) Diseños de investigación.**

El diseño de la presente investigación es no experimental, porque no se manipulo ninguno de las variables y de corte transversal, porque la información obtenida fue en un solo momento.

### **1.6.3 POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION**

#### **a) Población.**

Sánchez & Cochran (1980) definen, la población objetiva como el conjunto de elementos a los cuales se quiere extrapolar los resultados, y la población estudiada, definida como el conjunto de elementos accesibles en el estudio.

La población está representada por todas las edificaciones de concreto armado de la ciudad de Huaraz, la cual se obtendrá por el número de población establecida según los datos del INEI al año 2015 del área metropolitana de Huaraz que alberga 127,041.00 habitantes y la densidad poblacional de 5.5 hab/vivienda.

**Tabla 2. Edificaciones en la ciudad de Huaraz**

<b>POBLACION TOTAL</b>	<b>DENSIDAD POBLACIONAL</b>	<b>N° APROXIMADO DE VIVIENDAS</b>	<b>VIVIENDAS DE ADOBE (54%)</b>	<b>VIVIENDAS DE CONCRETO (46%)</b>
127041 Hab.	5.5 Hab/Vivienda	23098 Viviendas	12473	10625

**Fuente: INEI 2015**

SECTOR	VIVIENDAS DE PORTICOS
BELEN	12
CHALLHUA	3
HUARUPAMPA	4
PEDREGAL	5
PUMACAYAN	4
RAYMONDI	2
ROSASPAMPA	5
SAN FRANCISCO	1
SOLEDAD	24
VILLON	9
ZONA COMERCIAL	63
<b>TOTAL</b>	<b>132</b>

Fuente: Vladimir Ferro-Análisis del riesgo en procesos de desarrollo e inversión.

#### **b) Muestra.**

Cochran, (1980). Menciona que los métodos probabilísticos son aquellos en los que los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y por consiguiente, todas las posibles muestras de tamaño  $n$  tienen la misma probabilidad de ser elegidas.

Para la selección de la muestra se utilizó el método aleatorio por conglomerados, que es la que más se adapta a las condiciones de este estudio. Para aplicar dicha técnica, Cochran (1980) plantea que, aunque se cuente con una lista de unidades de muestreo, es recomendable, definir unidades conglomeradas mayores o grupos de vivienda, con base en características específicas establecidas de acuerdo con la información disponible, buscando un refinamiento en el muestreo.

Para determinar el tamaño de la muestra, se empleará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2pq}{e^2(N-1) + Z^2pq}$$

Dónde:

**N** = tamaño de la población finita.

**Z<sup>2</sup>** = 1,96<sup>2</sup> (la seguridad es del 95%)

**p** = proporción esperada 50% = 0,5

**p** = 1 – p (en este caso 0,5 = 50%)

**e<sup>2</sup>** = error de estimación (precisión) 5% = 0,05

Reemplazando datos tenemos:

$$n = \frac{132(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(0,05)^2(132-1) + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$$n = 98.43 \approx n = 98$$

Para la muestra se seleccionó la muestra representativa en función a la información disponible y un refinamiento en el muestreo; por consiguiente, las características consideradas de acuerdo a los cinco tipos de suelos de la ciudad de Huaraz clasificados por INDECI Estudios de Microzonificación Sísmica Huaraz (Ordoñez 1984), el tipo de sistema estructural tipo pórtico conformado por pórticos de vigas y columnas de concreto armado tres pisos y dos Pisos cuyo Tipo de Uso como son de uso común (vivienda familiar) e importante comercial, esta característica fue establecida por ser el material de construcción y sistema estructural más usada en la ciudad de Huaraz, se tomó en cuenta 5 edificaciones aporticados:

Primera construcción: Urbanización Rosas Pampa-Altura Prolong. Av. Bolognesi Tipo de Suelo I, vivienda de uso residencial.

Segunda construcción: Edificación antiguo uso Común residencial de tres pisos Av. Pedro Villon Lateral Hospital Regional Av. Luzuriaga tipo de suelo II.

Tercera construcción: Edificación uso común residencial de tres pisos Av. Pedro Villon Cerca Cruce Av. San Martín para el tipo de suelo III

Cuarta construcción: Edificación de uso Importante comercial de dos pisos sector Plazuela Belén Altura Jr. Juan Olivera para el tipo de suelo IV.

Quinta construcción: Edificación de uso Común de 03 pisos Alameda Grau Frente Iglesia San Francisco para el tipo de suelo V.

#### 1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

##### a) Técnicas

Dentro de las técnicas de recolección de datos usados en la tesis mencionaremos.

**Observación.** - Se evaluó las características estructurales, el estado actual de las edificaciones. Además, se verificó las dimensiones y los usos de los ambientes, esto nos permitió determinar adecuadamente las cargas a la que está sometida la edificación.

##### b) Instrumento.

Para la investigación se utilizó las fichas técnicas para recabar la información.

Esta etapa de la investigación comprende la recopilación de la información relacionada con el análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de concreto mediante análisis estáticos no lineales,



comprendida por casos de estudios, metodologías de análisis, software para el análisis entre otro tipo de información.

Para llevar a cabo esta etapa, se dividió el proceso investigativo en las siguientes fases, las cuales son:

- Análisis de los procesos constructivos y calidad de materiales utilizados en la construcción de la edificación.
- Análisis de los diseños estructurales que se llevaron a cabo para la construcción de dichas estructuras y el análisis del estado actual.

En esta etapa se analizaron los informes, de estudios y diseños estructurales proporcionados y ejecutados en la construcción de la estructura, los materiales utilizados en la construcción y diferentes parámetros como; módulo de elasticidad, resistencia de los materiales, características de relleno, entre otros. Además, mediante diferentes visitas a las edificaciones se realizó de manera totalmente cualitativa el estado actual de los materiales mencionados.

### **1.6.5 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION**

#### **a) Justificación.**

La ciudad de Huaraz el 50% de los predios están en estado medio y alto riesgo por sismo debido a sus indicadores que destacan el tipo de material y/o sistema de construcción, clase de cimentación, número de pisos, antigüedad de la edificación, sistema de configuración de planta y elevación y deficiencias en muros (Vladimir Ferro, 2007). Esto significa que las edificaciones de la ciudad de Huaraz son inseguras y es posible que durante un sismo severo estas colapsen, ocasionando daños materiales y pérdida de vidas humanas.

#### **Teórica**

La justificación teórica permite la aplicación de las teorías y los conceptos básicos de vulnerabilidad sísmica, edificaciones a porticados de concreto armado y curvas de fragilidad, donde podemos encontrar las explicaciones a situaciones como el nivel de diseño de edificaciones, factores de riesgo y estructuras (columna, muro, techo y vigas).

### **Metodológica**

En dicha investigación se justifica de manera metodológica utilizando técnicas de investigación, como la observación, fichas técnicas el cual nos permite describir la vulnerabilidad sísmica en edificaciones a porticados de concreto armado mediante la curva de fragilidad. Luego se analizará y se reportará en el software sap 2000.

### **Práctica**

La situación presentada en la formulación del problema busca describir la vulnerabilidad sísmica en edificaciones a porticados de concreto armado mediante la curva de fragilidad, el que nos permite realizar un diagnóstico de las edificaciones y de esa manera evaluar de forma real la situación de las viviendas y así mitigar el riesgo en cuanto a un posible sismo.

### **b) Importancia.**

La ciudad de Huaraz responde a una configuración urbana no consolidada de manzaneo y lotización irregular con zonas desordenadas en la periferia y en el cono aluvionico, originados por asentamientos clandestinos. Espacialmente predomina el uso residencial que representa el 57.63% del área urbana; el comercio ocupa una extensión de 52.7 has que constituye el 5.61%; el equipamiento urbano, 45.4 has que representa el 4.83% del área urbana; usos especiales ocupa 35.2 has equivalente al 3.74% del área urbana; la industria 13.4 has de extensión que representa el 1.66% pero que no corresponde a un área específicamente para dicho fin, sino más bien se encuentra dispersa en

la ciudad; y la superficie de 251.5 has que corresponde a vías, que representa el 26.77% según INDECI (2003).

Para una planificación urbana de la ciudad de Huaraz, ubicada en una zona de amenaza sísmica, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones se hace importante con el objetivo de establecer las bases para el desarrollo de planes de prevención y mitigación de desastres.

También se hace importante esta investigación ya que al conocer el estado actual de las estructuras y el nivel de daño que presenta ante un evento sísmico se verificara el cumplimiento de los principios, teorías y paradigmas fundamentales de la ingeniería sismo resistente.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION:

##### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

**Rojas, J (2010).** *Curvas de fragilidad sísmica para edificios aporticados de concreto reforzado de poca altura*, para optar el título de Ingeniero Civil, respaldado por la Universidad Central de Venezuela. En este trabajo se construyen curvas de fragilidad sísmica para edificios a porticados de concreto reforzado de poca altura, de 1 a 3 pisos, diseñados con normas Venezolanas. Para este fin se realizaron seis (6) modelos de edificaciones con las siguientes características: 1) un edificio escolar tipo Antiguo I, diseñado con la norma del MOP 1955, de dos pisos; 2) edificio con características del anterior pero con un piso adicional; 3) edificio de uso esencial prediseñado con las normas actuales, de un piso; 4) edificio con las características del modelo anterior de tres pisos; 5) edificio similar al anterior con presencia mampostería; 6) edificio con las características del modelo cuatro con uso residencial. Para la elaboración de los modelos matemáticos de las edificaciones seleccionadas, se utilizó el Método de Análisis Dinámico Lineal de Superposición Modal. Se estimó la respuesta sísmica probabilística mediante el Método de los Estimadores Puntuales, para lo cual se utilizaron tres variables aleatorias (módulo de elasticidad del concreto, factor de reducción de respuesta e inercia de los elementos

estructurales). Se construyeron curvas de fragilidad a partir del cálculo de probabilidades de excedencia para distintas aceleraciones máximas del terreno y para diferentes estados límites: i) la deriva máxima permitida por la norma COVENIN 1756-2001; ii) las derivas asociadas a los estados de daño (Leve, Moderado, Severo y Completo) reportados por HAZUS. Los resultados obtenidos permitieron observar que las edificaciones diseñadas con la norma antigua, presentan mayor vulnerabilidad que las prediseñadas con la norma actual, generando daños y niveles de riesgos sísmico superiores. El modelo con presencia de mampostería fue menos vulnerable que el modelo sin ésta. Por otra parte se observó, que el método de análisis lineal es adecuado para generar curvas de fragilidad asociadas a los estados de daño Leve y Moderado, sin embargo, éste conduce a resultados poco confiables para los estados de daño Severo y Completo. El presente Trabajo Especial de Grado forma parte de una línea de investigación de vulnerabilidad y riesgo sísmico, orientada a priorizar la intervención y posible refuerzo de las estructuras más riesgosas y apoyar planes de prevención y mitigación del riesgo sísmico.

**Carlos & Rodríguez González, (2015).** Para el marco teórico de nuestra investigación es necesario transcribir el siguiente estudio realizado dentro de la ciudad de Cartagena es un estudio realizado en el Claustro de la Merced de Cartagena de Indias, el cual consistió en una evaluación, diagnóstico patológico y análisis de vulnerabilidad sísmica. Para la parte de la evaluación de la vulnerabilidad se usó un análisis dinámico – elástico, los resultados obtenidos de este análisis de evaluaron con la NSR-10.

**Mayorga, J (2010).** *Determinación de curvas de fragilidad de un edificio de marcos de concreto reforzado, para determinadas excitaciones sísmicas*, para optar el grado de maestro en ciencias con especialidad en estructuras, del Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Profesional, México. La constante ocurrencia de sismos en nuestro territorio ha dejado enseñanza que

debemos estudiar y analizar, y poder mitigar el riesgo sísmico al que están expuestas nuestras edificaciones. Una de las técnicas más utilizadas para lograrlo son las curvas de fragilidad. En términos generales, las curvas de fragilidad proporcionan la probabilidad acumulada de sufrir o exceder un estado de respuesta máxima de la estructura, cuando se le somete a sismos de cierta intensidad. En este trabajo se propone y aplica una metodología para la generación de las curvas de fragilidad de una edificación tipo. El procedimiento analítico se describe a continuación: Se comienza definiendo la demanda sísmica a la que estará sujeta la estructura de estudio. Y teniendo en cuenta que en la mayoría de las ocasiones no se cuenta con los registros sísmicos suficientes como para poder representar el peligro o amenaza, en este trabajo se propone el empleo de técnicas de simulación sísmica, para lo cual se generaron 1,000 acelerogramas, para cada una de las intensidades que variaron de 7.1 a 8.4° en la escala de Richter, es decir se generaron en total 14,000 sismos sintético. Posteriormente se define un modelo estructural para representar el comportamiento mecánico del edificio. Aquí se utilizó un modelo numérico construido a base elementos definidos como vigas columnas. Así mismo se utilizó un modelo no lineal del material. Con estos modelos, se realizan análisis dinámicos no – lineales a partir de la demanda sísmica ya establecida, esto es para cada uno de los acelerogramas sintéticos. Para analizar la respuesta del edificio, se establece un índice que determina la magnitud de los posibles daños de la estructura. Para el presente trabajo se empleó la distorsión de entrepiso, debido a que los elementos estructurales y algunos componentes no estructurales son sensibles a los desplazamientos relativos entre diferentes niveles producidos durante los sismos. Además, este parámetro se utiliza para controlar la respuesta de las estructuras en las diferentes normativas de diseño sísmo resistente, lo cual facilita considerablemente la implementación de los resultados obtenidos. Finalmente, la generación de las curvas de fragilidad se hace a partir del tratamiento estadístico y probabilístico de la información de las respuestas simuladas. La principal aportación

derivada de este trabajo, fue la de proponer una metodología para genera curvas de fragilidad, a partir de métodos estadísticos y probabilísticos, de un edificio estructurado a base de marcos de concreto reforzado, sin embargo esta metodología puede ser mejorada, considerando las variaciones en la resistencia de los materiales.

## 2.2.2 Antecedentes Nacionales

**Astorga, M & Aguilar, R (2006).** *"Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas"*, para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil, en la Pontificia Universidad Católica del Perú. En este trabajo se desarrollaron herramientas para estimar el desempeño sismo resistente y para cuantificar pérdidas en edificios educativos peruanos. Se identificaron cinco tipos estructurales como los más representativos. Un tipo corresponde a los edificios de adobe, tres tipos a los edificios de concreto y albañilería construidos antes de 1997 y un tipo a los edificios de concreto y albañilería muy robustos que se empezaron a construir después de 1997 y que representan el 2% del total de edificaciones. Para estimar pérdidas se construyeron funciones de distribución de daño para diferentes escenarios de sismicidad en base a las cuales se obtuvieron curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño. En el país no existe información estadística sobre los daños de edificios escolares afectados por terremotos, ni tampoco sobre sus características estructurales. Por este motivo, se recurrió a la opinión de expertos en ingeniería estructural para estimar el comportamiento esperado. Para la presentación del tema y la recolección de información se empleó el método Delphi.

Los resultados indican que los edificios de adobe quedarían irreparables (daño mayor a 60%) para eventos con intensidades de VII MM o más. Para los edificios de concreto albañilería construidos antes de 1997 y para los de reciente construcción se encontró que el daño irreparable se alcanzaría desde intensidades de IX MM y X MM respectivamente. Se



estudió el desempeño de los edificios ubicados en las zonas de mayor sismicidad en sismos frecuentes (50 años de periodo de retorno y 0.2g de aceleración pico del suelo) y en eventos mayores (500 años de periodo de retorno y 0.4g de aceleración pico). Los resultados indican que en sismos frecuentes los edificios de concreto-albañilería construidos después de 1997, tendrían daños menores al 5% y en sismos severos alcanzarían 40% de daño. Para los edificios de concreto-albañilería anteriores a 1997 y para los edificios de adobe los daños serían importantes en sismos frecuentes (20% y 45% respectivamente) y en sismos severos ambos tipos de edificios quedarían irreparables (65% y 95% de daño).

Para completar el desarrollo de un plan nacional de protección de la infraestructura educativa es necesario que el estado compile y organice la información necesaria para lograr una representación cuantitativa de la distribución geográfica y de las condiciones locales de la infraestructura educativa. En paralelo al desarrollo de este plan es necesario organizar programas de reducción de vulnerabilidad de bajo costo para las edificaciones en mayor riesgo.

**Velásquez (2006).** *Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante Curvas de Fragilidad analíticas*, para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú. La constante ocurrencia de sismos en nuestro territorio ha dejado enseñanzas que debemos estudiar y analizar, y poder mitigar el riesgo sísmico al que están expuestas nuestras edificaciones. En esta tesis se desarrolla una metodología que permite predecir de manera razonable las pérdidas por sismo en edificios peruanos. La metodología tiene un enfoque probabilístico y está basada en curvas de fragilidad. Las curvas de fragilidad son funciones que representan la vulnerabilidad de una estructura cuando está sometida a diversos niveles de intensidad sísmica. Con esta herramienta de evaluación se podría estimar los costos de reparación de grupos de



edificios o evaluar el desempeño de sistemas de refuerzo. Este trabajo constituye una estimación del riesgo sísmico de edificaciones.

Las curvas de fragilidad son generadas analíticamente mediante un procedimiento de simulación en el que se toma en cuenta la incertidumbre y aleatoriedad de la demanda sísmica y de las propiedades mecánicas de la estructura. Se generan una cantidad importante de muestras de modelos con propiedades estructurales variables y un mismo número de acelerogramas aleatorios. Los modelos estructurales generados son sometidos a los acelerogramas aleatorios y se calcula su respuesta mediante un análisis dinámico no-lineal. Luego, aplicando un procedimiento estadístico, se generan las curvas de fragilidad. Las pérdidas por sismo, es decir, los costos de reparación asociados a determinados escenarios de peligro sísmico pueden estimarse a partir de las curvas de fragilidad. En este trabajo se propone un método sencillo en el que se utiliza el costo de reposición total y los factores de daño asociados a los diversos estados límites. La metodología para generar curvas de fragilidad es implementada en un programa de cómputo y se generaron las curvas de fragilidad para 2 colegios típicos peruanos. Se observa una marcada diferencia en la vulnerabilidad sísmica de ambos colegios. Los resultados demuestran que la vulnerabilidad sísmica de las estructuras estudiadas está adecuadamente representada mediante sus curvas de fragilidad. También se concluye que pueden estimarse con una razonable precisión los costos de reparación estructural. Existe una clara diferencia en los costos de reparación estimados para los 2 colegios estudiados.

**Castro, D (2015).** *Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de la ciudad de Jauja –Junín*, para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú. El objetivo de esta tesis es la contribuir a la reducción de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Jauja aportando herramientas para la toma de decisión sobre los criterios de intervención. Estas herramientas contemplan una base de datos extensa, las cuales están asociadas al peligro sísmico de la

zona y a la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones existentes. Para estimar el peligro sísmico regional se aplica la metodología desarrollada por Comell (1968) en términos probabilísticos; debido a que la totalidad de edificaciones del área analizada son viviendas, se consideró una vida útil de 50 años y tres intensidades sísmicas correspondientes a sismo frecuente, ocasional y raro, asociadas a periodos de retomo de 45, 75 y 475 años respectivamente. Para el peligro sísmico a nivel local se recopiló información de la zonificación geotécnica y el mapa geológico de Jauja (Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Perú - INGEMMET), complementando toda esta información con la realización del ensayo geofísico de micro trepidaciones en 41 puntos. Con toda. Esta información recopilada y generada se caracterizó la "Zonificación Sísmica Geotécnica" del centro histórico de la ciudad de Jauja. Respecto a vulnerabilidad sísmica se aplicó el método del índice de Vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1982), se recogió información de campo de un total de 1,017 edificaciones, de las cuales el 69.0% representan las edificaciones de tierra (ad-be), mientras que el 29.8% son de albañilería y tan solo el 1,2% son de concreto armado. Las estructuras de adobe en general presentan una vulnerabilidad media a alta, mientras que las de albañilería y concreto armado presentan en promedio una vulnerabilidad baja a media. Para estimar el daño estructural se construyó funciones de vulnerabilidad calibradas para las tipologías existentes en la zona, estas funciones calibradas fueron obtenidas utilizando las funciones de vulnerabilidad empleadas por Norbertt Quispe (2004) y las relaciones promedio de daño para diferentes tipos de construcción del proyecto SISRA (Programa para la Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina). Los niveles de daño se propusieron en función a los establecidos por: EERI (Earthquake Engineering Research Institute de California), NHRC (Naturai Hazards Research Centre), AfC-13, Benedetti et al 1982, Park et al 1987, Ang y Wen et al 1989, N. Quispe (2004). Todos estos resultados son presentados mediante mapas temáticos utilizando para ello el Sistema de Información Geográfica (SIG), el cual posee la capacidad de capturar, transformar, analizar y

gestionar una gran cantidad de información de una manera rápida y eficaz. Finalmente se estimó de manera rápida las pérdidas directas en las edificaciones mediante el producto del índice de daño estimado con el costo de la edificación.

**Ortega, C (2014).** *Determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones por efecto de sismo en el centro urbano del distrito de Villa Rica*, para optar el título de Ingeniero Civil, en la Universidad del Centro del Perú -Huancayo .La estadística a nivel mundial para el siglo XX, demostraron que el 75% de las muertes acontecidas durante un terremoto fueron causadas por el colapso de estructuras civiles, además se demostró que le 63% de esas muertes fueron ocasionadas por el colapso de estructuras de mampostería, un 14% por el colapso de otras tipologías estructurales y un 23% por causas no estructurales o post evento. Un estudio de Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo tiene como finalidad descubrir que en una edificación existente los puntos débiles que fallarían al ocurrir un evento sísmico. Esta vulnerabilidad se evalúa para los elementos estructurales (columnas, vigas, aligerados, placas, etc.), como para los no estructurales (tabiques, equipos, tuberías, vidrios, etc.). Evaluar edificios existentes es un tema que no ha calado del todo en los profesionales peruanos involucrados en el diseño y se hace énfasis en el cálculo estructural y construcción de nuevos edificios desatendiendo a aquellos que ya existen, están operativos y albergan a muchas personas. Esto tal vez se realiza para no mirar atrás y no crearse "problemas" si existiera alguna irregularidad seria en el edificio tras dicho estudio. En el Perú se tiene conocimiento de un proyecto de diagnóstico de la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo (Vulnerabilidad Sísmica) de hospitales, realizada en 1997 con apoyo de la OPS/OMS, como el del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati. Aquí se evalúan sólo los componentes no estructurales, pero de una manera cualitativa. El SIS MID como centro de estudios realizo diversas investigaciones en el territorio peruano dando un soporte técnico y datos estadísticos en algunos distritos de Lima e incluso

algunas provincias (Moquegua, Chiclayo entre otros). Países pioneros en el desarrollo de metodologías orientadas a la evaluación de la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo de edificios existentes son Japón, Estados Unidos, Italia y España. Estos países, al igual que otros más, aportan métodos 15 analíticos/cuantitativos para evaluar a detalle la posible vulnerabilidad de una estructura ante algún sismo probable. La aplicación de métodos para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad e Índice de daño en América latina nos centra en la necesidad de contar con datos a nivel de estudio del comportamiento de las edificaciones ante un evento sísmico de intensidad "X", es por ello que atendiendo a esta necesidad escogimos dos métodos para el análisis de dichos parámetros los cuales no sean demasiado complejos pero si arrojen resultados confiables, es así que se aplicó el método del Índice de vulnerabilidad para edificaciones de Mampostería no reforzada y edificaciones de Concreto Armado y el Método ATC- 21 para el análisis de edificaciones de madera con esto calculamos los índices de vulnerabilidad para la muestra calculada, para el cálculo del índice de daño se aplicaron algunas metodologías específicas desarrolladas íntegramente teniendo en cuenta el Índice de Vulnerabilidad que se determinó los métodos descritos líneas arriba. Para el cálculo de la Vulnerabilidad Estructural (Índice de Vulnerabilidad), inicialmente se desarrollaron fichas para el levantamiento de la información que se aplicaron con éxito para los 03 tipos de edificaciones analizadas, dichas fichas fueron detalladas de manera que cumplan con las exigencias de las metodologías empleadas, posteriormente a la recopilación de datos se realizó el procesamiento de la información mediante los parámetros señalados en cada método, de este procesamiento se calculó el índice de Vulnerabilidad de cada edificación aplicando el Método del índice Vulnerabilidad para edificaciones de Mampostería no Estructural y Concreto armado así mismo el Método A TC - 21 para edificaciones de madera, una vez calculados los índices de Vulnerabilidad se calcularon sus respectivos índices de daño para de acuerdo a los escenarios propuestos (edificaciones de mampostería no Estructural se utilizó la

aceleración pico efectiva para 0.18g, 0.24g y 0.32g y para edificaciones de concreto armado se usó la escala macro sísmica de MM para sus valores de VII, VIII y IX grados), ambos resultados se plasmaron en tablas y gráficos estadísticos de acuerdo a la clasificación propuesta por el Ing. Julio Kuroiwa, contanto con ambos parámetros se diseñaron funciones de Vulnerabilidad propuestos tanto para las edificaciones de mampostería no reforzada como para las edificaciones de concreto armado, dichas funciones para cada escenario propuesto. 16 La mayoría de las edificaciones de mampostería no reforzada se clasifican como construcciones normales las cuales sufrirían daños moderados después de una evento sísmico intenso (grado VI - VIII) siendo solo el 3.98% de las edificaciones de mampostería no estructural que llegarían al colapso durante dichos eventos telúricos. Las edificaciones de concreto armado en su mayoría se clasifican como construcciones normales mientras que el 14.29% de las mismas llegarían al colapso durante un evento sísmico intenso. De ambos análisis tanto para edificaciones de mampostería no reforzada como concreto armado cabe resaltar que los elementos arquitectónicos y estructurales influyen en que tan vulnerables son antes los sismos planteados en el estudio y el grado de daño que sufrirían si llegasen a producirse, es así que los parámetros estudiados revelan la importancia de una adecuada convergencia entre las formas, dimensiones y resistencia de todos los elementos estructurales en edificaciones. Por otro lado las edificaciones de madera de acuerdo al Índice de vulnerabilidad calculado empleando el método del ATC-21 no representan mayor riesgo ante un evento sísmico de gran intensidad, ya que dichas edificaciones no superan los 02 niveles y su uso es exclusivo viviendas unifamiliares. Finalmente se plasmaron los resultados en planos de peligros ante efectos de sismo de acuerdo a la tipología estructural empleada en las edificaciones para mostrar visualmente los resultados obtenidos tanto del índice de vulnerabilidad como del grado de daño que sufrirían las edificaciones dentro del centro urbano del distrito de Villa Rica.

**Proaño, H Scaletti, C Zavala, J Olarte, L Quiroz, M Castro Cuba, F lazares & M Rodríguez).** En la tesis realizada para el Análisis de la Vulnerabilidad sísmica de la catedral de Lima, se extrae la siguiente información una de las principales metodologías para evaluar los riesgos, ha sido simulando efectos sísmicos sobre la estructura, creando modelos que recreen las cargas que la edificación tendrá que soportar al momento de un terremoto, estos análisis han supuesto fuerzas estáticas y dinámicas, pero considerando que los materiales se encuentran en un rango elástico o lineal, el análisis de vulnerabilidad sísmica a la catedral de Lima, en los cuales, se realizó un análisis lineal, los resultados arrojados concordaron con las condiciones estructurales que presentaba la catedral, es decir diferentes esfuerzos eran coherentes con el tipo de estructura y los años en que fueron construidas, y se concluyó que presentaban un riesgo sísmico alto porque los desplazamientos y esfuerzos al momento de ejercerse fuerzas sísmicas laterales, no cumplieron con las normas vigentes sismo resistentes de Peru E-030, el problema de este tipo de análisis fue la búsqueda de información primaria referente a las medidas exactas de las catedrales y tipo de materiales usados.

Después de revisar varias investigaciones realizadas con similitud del tema es necesario mencionar que se han creado diferentes modelos que involucren la respuesta del material al someterse a un sobreesfuerzo. Una de las metodologías es la propuesta por la FEMA 356 y la ATC-40 que es el análisis estático no lineal (AENL) o pushover, El cual consiste en observar las diferentes formaciones secuenciales de rotulas plásticas mediante la aplicación de fuerzas laterales. Esta metodología en los últimos años ha arrojado resultados certeros que ha permitido llevar a cabo el análisis de estructuras de gran importancia, tales como hospitales y escuelas.

En nuestro país se realizó un análisis no lineal estático de diferentes estructuras mediante la demanda provista por la Norma E-030 peruana, y la metodología propuesta por la ATC40 y la FEMA 356, mediante el



monitoreo de las deformaciones (giros o desplazamientos) se determinó el nivel de desempeño de la estructura. Es importante anotar que en esta evaluación se modeló un edificio de 5 pisos con irregularidad en plantas. Según el estudio de DELGADILLO, (2005). El resultado más relevante de esta investigación fue confirmar la confiabilidad de la metodología pushover al momento de analizar la vulnerabilidad sísmica de una estructura.

## **2.2 BASES TEORICAS:**

### **Vulnerabilidad sísmica**

La vulnerabilidad sísmica de una edificación es una magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo. La vulnerabilidad sísmica cuantifica el riesgo debido únicamente a las características de la estructura. El peligro sísmico es la magnitud que cuantifica el riesgo debido a la zona geográfica sobre la cual se emplaza la estructura. Tanto la vulnerabilidad sísmica de una estructura, como el peligro sísmico asociado a su emplazamiento, así como el daño sísmico potencial, contribuyen a cuantificar el riesgo sísmico asociado a un conjunto.

### **Curvas de fragilidad**

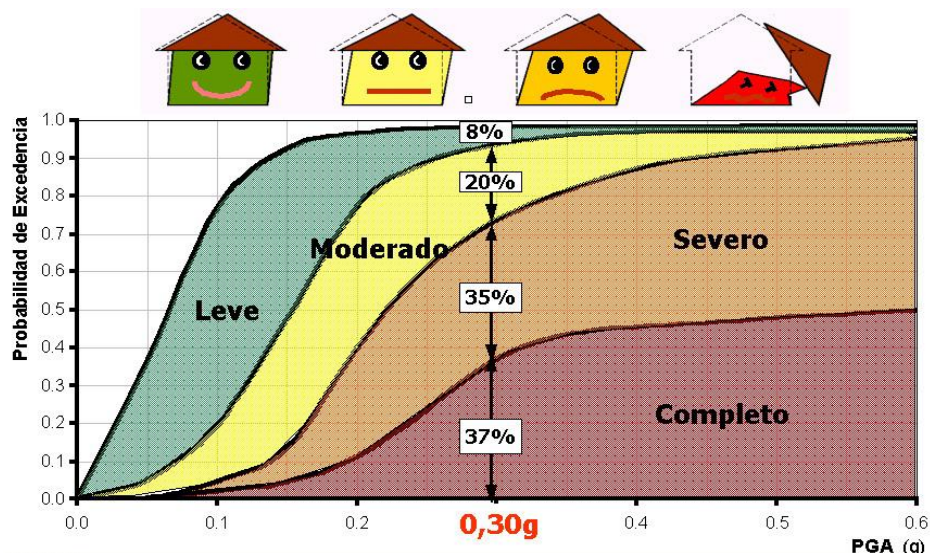
La fragilidad de un edificio está relacionada con su vulnerabilidad sísmica y se puede cuantificar mediante curvas de fragilidad. Las curvas de fragilidad se definen como la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño límite específico, dada una respuesta estructural, ante una acción sísmica determinada (FEMA, 1999)

La caracterización del daño, obtenido mediante técnicas analíticas o como resultado de la observación de los efectos de los terremotos sobre las estructuras ha contribuido a la calibración de funciones de pérdidas

de resistencia o funciones de vulnerabilidad. En los últimos años se han creado y utilizado dos tipos de curvas: de fragilidad y de capacidad. Estas se usan para estimar la probabilidad de alcanzar o exceder estados de daño específicos para un determinado nivel de respuesta sísmica.

La probabilidad de alcanzar un estado de daño, mediante esta técnica, se calcula con la diferencia entre las curvas de fragilidad (Kircher, Nassar, Kustu y Holmes et al. 1997). Para el desarrollo de estas funciones, normalmente, se ha hecho primero una clasificación de los edificios según su sistema estructural, su uso, altura, etc. En algunos casos, estas funciones predicen el daño en forma separada sobre el sistema estructural, los elementos no estructurales sensibles a inclinaciones (como muros divisorios) y sensibles a la aceleración (como techos suspendidos). En general, para estas funciones se definen cuatro niveles de daño: Leve, Moderado, Fuerte y Total. Por lo tanto, las curvas de fragilidad son, en síntesis, funciones que describen la probabilidad de alcanzar o exceder un nivel de daño estructural o no estructural, dado un valor determinístico de respuesta, como de desplazamiento espectral. Un ejemplo de este tipo de curva se ilustra en la Figura.

Figura 1. Curvas de fragilidad



Fuente: RISK-UE WP4 (2003)



## **Curvas capacidad.**

Existen varias formas de hallar las curvas de capacidad. Una de ellas es el análisis pushover o "paso a paso", en el cual se aplica una carga lateral a la estructura mediante incrementos en forma paulatina. Para cada incremento de carga se determina el desplazamiento, teniendo en cuenta el comportamiento no lineal, obteniéndose así la curva de capacidad o la relación fuerza deformación para una estructura. Es decir, la gráfica de la fuerza cortante total y del desplazamiento lateral asociado con cada incremento, hasta que la estructura alcanza el estado límite o condición de colapso.

## **Método de análisis estructural**

Todos los materiales presentan un comportamiento elástico como respuesta de tensiones que generan deformaciones pequeñas en las que el elemento podrá recuperar su forma inicial, representado por una relación lineal, al aumentar estos esfuerzos en forma progresiva las diferentes deformaciones serán no reversibles, y los elementos mostrarán comportamientos no elásticos o plásticos, en el cual los esfuerzos y deformaciones no constituyen una relación lineal, hasta llegar a la rotura, a este comportamiento se le conoce como No lineal o inelástico.

## **Análisis estático no lineal (Pushover)**

Los ingenieros estructurales, en su afán de conocer y comprender cada día más el comportamiento en el rango inelástico en el que incursionan las estructuras sometidas a las acciones sísmicas, han creado en el tiempo, herramientas de análisis cada vez más refinadas, tales como el análisis no lineal de cedencia sucesiva, popularmente conocido como método pushover o por sus siglas, Análisis Estático No Lineal (AENL). Este análisis se sustenta en investigaciones realizadas sobre miembros estructurales reales aplicando cargas laterales para observar la formación secuencial de rótulas plásticas.

Dicho análisis (AENL) se ha venido empleado con mucho éxito en estructuras que necesitan adecuarse, debido a que son vulnerables a acciones de eventos naturales, tales como sismos y vientos. La aplicación del AENL permite determinar la capacidad resistente de la estructura y compararla con la demanda posible ante un evento natural. La demanda depende de la amenaza sísmica y del sitio de ubicación de la estructura, así como de las características globales. La capacidad de la estructura depende de la rigidez, la resistencia y la deformación de cada uno de sus miembros.

Por tanto, cuando se procede a realizar un análisis estático no lineal es necesario contar con la siguiente información sobre la estructura:

- Características constitutivas de los materiales.
- Las dimensiones de las secciones de los miembros y el acero de refuerzo tanto longitudinal como transversal y el detallado de cada uno de ellos.
- Las acciones gravitacionales (Cargas permanentes y variables) que actúan sobre ella.
- La resistencia real de las vigas y las columnas.
- La posible ubicación donde podrían formarse las rótulas plásticas en los miembros estructurales.
- Las propiedades de las relaciones tensiones-deformación de las rótulas plásticas en función de su cantidad de acero de refuerzo longitudinal y transversal, así como su detallado y las solicitaciones que actúan.
- Cargas laterales aplicadas en el centro de masa de la estructura. El valor de estas cargas por pisos debe tener la misma forma de cargas proveniente de la aplicación del primer modo de vibración. Es decir, de forma triangular invertida, de mayor valor en el piso superior y menor en el nivel inferior.

#### **Clasificación del daño.**

El daño de los materiales ocurre a través de un proceso continuo en los cuales ellos se fracturan. El daño puede ser clasificado según el tipo de elemento que afecte:

### **Daño estructural.**

El daño estructural es el tipo de daño que más relevancia tiene ya que está directamente relacionado con el colapso de la estructura o con una reparación demasiado costosa. La calidad de los materiales, la configuración, la resistencia a cargas laterales y las características del movimiento sísmico (número de ciclos de carga, periodo, duración) influirán en el grado de daño de los distintos elementos estructurales.

A causa de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de los esfuerzos de flexo compresión.

En vigas, se producen grietas diagonales y rotura de estribos, a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura de refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y debajo de la sección como resultado de las cargas alternadas.

Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga - columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas, a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión.

### **Daño no estructural.**

El sistema no estructural en un edificio comprende los componentes arquitectónicos (particiones, ventanas, etc.), sistemas mecánicos (ductos, elevadores, etc.), sistemas eléctricos (seguridad,

comunicaciones, etc.). Estos elementos pueden a su vez dividirse en elementos sensitivos a la deformación y elementos sensitivos a la aceleración de la estructura. Entre los daños más comunes se encuentran el agrietamiento de elementos divisorios, desprendimiento de los acabados, rotura de vidrios y de instalaciones de diferente tipo. En forma tradicional los códigos han enfatizado la seguridad de la vida como su primer objetivo, prestándose poca importancia a los componentes no estructurales.

Generalmente, los daños no estructurales se deben a la unión inadecuada entre los muros de rellenos y divisorios, las instalaciones y la estructura, o a la falta de rigidez de la misma, lo que se traduce en excesivas deformaciones que no pueden ser absorbidas por este tipo de componentes.

Los daños no estructurales más comunes son el agrietamiento de los elementos divisorios de mampostería, el aplastamiento de las uniones entre estructuras y los elementos no estructurales, el desprendimiento de acabados y la rotura de vidrios y de instalaciones de diferente tipo.

Sin embargo, es importante resaltar que diseñar de acuerdo a una normativa no siempre salvaguarda contra el daño producido por terremotos severos. Los códigos por si solos no pueden garantizar la seguridad contra el daño excesivo, puesto que son reglamentos que experimentan actualizaciones continuas, de acuerdo con los avances tecnológicos y las enseñanzas que dejan las investigaciones y los estudios de los efectos causados por terremotos, que deben utilizarse como pruebas de laboratorio a escala natural.

**Tabla 3. Tipo de estructura de edificaciones de pórticos de concreto reforzada**

Clasificación hazus	Descripción	Altura				
		Rango		Típico		
		Nombre	Pisos	Pisos	Pies	Metro
C1L	Pórticos de concreto	Baja - elevación	1-3	2	20	6.1
C1M		Mediana- elevación	4-7	5	50	15.2
C1H		Alta- elevación	8+	12	120	38.6

Fuente: FEMA-NIBS (2009)

Estas fueron modeladas para siete (7) combinaciones de niveles de diseño y calidades de construcción. Las mismas se pueden clasificar en dos grupos como se muestra en la tabla.

**Tabla 4. Nivel de diseño Haz us y comparación con la norma peruana E.030**

N°	NIVEL DE DISEÑO	GRUPO	Nivel de importancia según E.030
1	High - Code	I	B,C Y D Edif. Importantes, Comunes y Menores
2	Moderate - Code		
3	Low - code		
4	Pre - Code		
5	Special High - Code	II	A Edificios esenciales
6	Special Moderate - Code		
7	Special Low - Code		

Fuente: Elaboración propia.

Para diferenciar cuando utilizar un código u otro, HAZUS propone tablas dependiendo del año de construcción y el tipo de zona sísmica. Para tener un valor de comparación de las zonas sísmicas del *Uniform Building Code* (UBC). Utilizado en Estados Unidos, se indica la aceleración del terreno o factor z, en la Tabla

**Tabla 5. Clasificación de zona sísmica de UBC**

Zonas Sísmicas (UBC)	Factor Z
Zona 4	0.400
Zona 3	0.300
Zona 2B	0.200
Zona 2A	0.150
Zona 1	0.075
Zona 0	0.010

Fuente: FEMA - NIBS (2009)

Los parámetros de deriva para edificios de concreto reforzado resistente a momento se muestran en la Tabla II.4, dependiendo del nivel de diseño del edificio y estado de daño, resultantes de HAZUS.

**Tabla 6. Valores de deriva para cada estado de daño y cada nivel de diseño**

Nivel de Diseño (edificios típicos)	Deriva			
	Leve	Moderado	Severo	Completo
High - Code	0.0050	0.0100	0.0300	0.8000
Moderate - Code	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
Low - Code	0.0050	0.0080	0.0200	0.0500
pre - Code	0.0040	0.0064	0.0160	0.0400
Nivel de Diseño (edificios Esencial)	Deriva			
	Leve	Moderado	Severo	Completo
S. High - Code	0.0063	0.0125	0.0375	0.1000
S. Moderate - Code	0.0063	0.0108	0.0392	0.0750
S. Low - Code	0.0063	0.0100	0.0250	0.0625

Fuente: FEMA - NIBS (2009)

En cuanto a las curvas de fragilidad, los valores medio de aceleración máxima del terreno, para cada estado de daño y cada nivel de diseño sísmico, se muestran en la Tabla II.5.

**Tabla 7. Valores de medio de aceleración del terreno para cada estado de daño y cada nivel de diseño HAZUS para edificaciones C1L**

Nivel de Diseño (edificios típicos)	Aceleración media, $A_{\sigma 1}$ (g)			
	Leve	Moderado	Severo	Completo
High - Code	0.21	0.35	0.70	1.37
Moderate - Code	0.16	0.23	0.41	0.77
Low - Code	0.12	0.15	0.27	0.45
pre - Code	0.10	0.12	0.21	0.36
Nivel de Diseño (edificios Esencial)	Aceleración media, $A_{\sigma 1}$ (g)			
	Leve	Moderado	Severo	Completo
S. High - Code	0.29	0.51	1.07	2.06
S. Moderate - Code	0.23	0.33	0.63	1.22
S. Low - Code	0.17	0.22	0.36	0.67

Fuente: FEMA - NIBS (2009)

Hwang y Lin (2002) establece que estudiar el efecto de los sismos se utiliza el factor de daño que representa la relación entre el costo de reparación y el costo de reposición (reemplazo total) del edificio. Los

valores mostrados en la tabla II.6. Serán utilizados en esta metodología. Por ejemplo, a partir de esta tabla, podríamos afirmar que para reparar una estructura que ha sufrido daño moderado el costo de reparación equivale al 20% del costo de reposición.

**Tabla 8. Estado de daño y factores de daño sugeridos por Hwang y Lin (2002)**

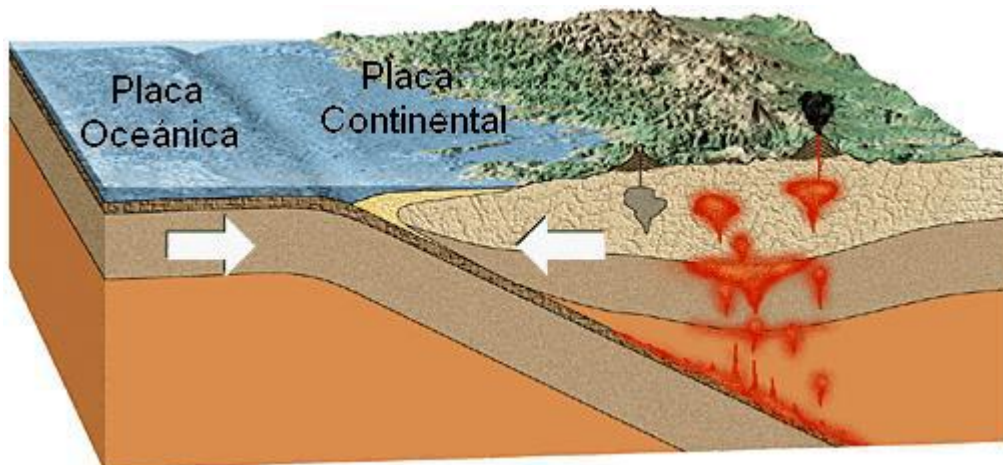
Estado de Daño	Factor de daño
Sin Daño	0%
Leve	5%
Moderado	20%
Severo	65%
Completo	100%

Las curvas de fragilidad permiten calcular directamente los costos de reparación, escogiendo adecuadamente escenarios de intensidad sísmica. Cabe mencionar que no se toma en cuenta el daño producido en los elementos no estructurales. El procedimiento consiste en determinar las probabilidades para los diversos estados de daño y los factores de daño (FD), que permiten calcular un Factor de Daño Medio, FDM (Hwang y Lin 2002).

### **Sismo**

Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo. El origen de los sismos en nuestro territorio se debe principalmente a la interacción de la placa Nazca (placa oceánica) con la placa Sudamericana (placa continental) (Fig. II.1). Frente a la costa del Perú se produce el fenómeno de subducción en el que la placa Nazca se introduce debajo de la placa Sudamericana. Cuando se presenta un movimiento relativo entre estas dos placas se generan ondas sísmicas, que producen el movimiento del suelo.

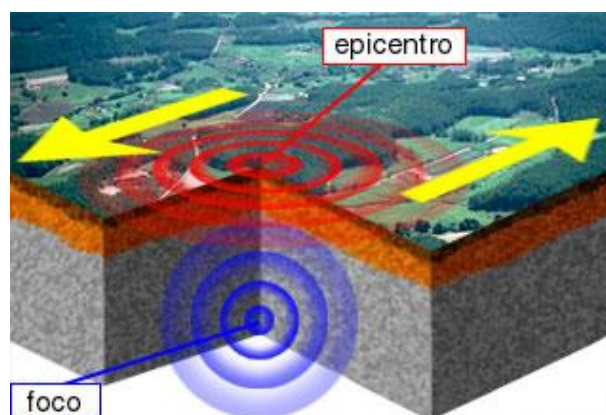




**Fig.2 Interacción de la placa de Nazca con la Sudamericana**

Las ondas sísmicas se clasifican en ondas de cuerpo y en ondas de superficie. Las ondas de cuerpo son aquellas que se transmiten desde el interior de la corteza terrestre hacia la superficie. En cambio, las ondas superficiales solo se transmiten sobre la superficie y son las más perjudiciales para las edificaciones.

Para el estudio de los sismos es necesario conocer dos puntos imaginarios. Uno de ellos es el foco o hipocentro, que es el centro de propagación de las ondas sísmicas. El foco se idealiza como un punto en la superficie de falla donde se inicia la ruptura. El otro punto importante es el epicentro, que es la proyección del foco sobre la superficie terrestre (fig II.2)



**Fig.3 Epicentro y foco**



Los sismos pueden ser medidos en función de su magnitud y de su intensidad. La magnitud está relacionada a la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas (Sarria 1995). La intensidad es la medida o estimación empírica de la vibración o sacudimiento del suelo. La intensidad de un sismo se mide teniendo en cuenta los daños causados en las edificaciones y en la naturaleza a través de cómo el hombre percibe las vibraciones sísmicas (Kuroiwa 2002).

### **Método del análisis Dinámico Modal espectral.**

El método de análisis utilizado es el método de análisis dinámico modal espectral con tres grados de libertad por nivel. Para el análisis de una estructura ante un evento sísmico, debe tener en cuenta todos los grados de libertad necesarios, para representar completamente los posibles modos de deformación y fuerzas de inercia significativas que puedan generarse en tres dimensiones. Bajo la hipótesis de comportamiento elástico, existen una variedad de programas basados en el método del elemento finito, que facilitan el análisis dinámico de los modelos con cualquiera distribución de masas y rigideces.

No obstante, aun cuando se disponga de los recursos de computadora apropiados para analizar un edificio mediante un modelo completamente tridimensional de elementos finitos, no debe de perderse de vista que es mayor el esfuerzo que demandan la preparación de datos y la interpretación de resultados, acrecentando la posibilidad de incurrir en problemas numéricos y errores humanos. Además, es innecesario refinar mucho un modelo elástico que solo representa de manera aproximada, a una estructura que se espera que incurra en incursiones en el comportamiento no lineal para la intensidad del sismo de diseño. Por tales motivos, es conveniente utilizar solamente tantos grados de libertad como sean realmente necesarios, para representar las deformaciones y fuerzas relevantes (Bazán y Meli, 1998).

Por lo antes expuesto, en el diseño de edificios, de la misma forma

como se realiza en el análisis estático, en el análisis dinámico se emplea la hipótesis de que los pisos son diafragmas rígidos. De esta manera el problema global se reduce a tres grados de libertad dinámicos por nivel: dos desplazamientos laterales y un giro alrededor del eje vertical (Bazán y Meli, 1998).

En los métodos de análisis sísmicos comúnmente adoptados, se da por sentado que los sistemas de piso y techo, constituyen diafragmas horizontales infinitamente rígidos y capaces de realizar dicha distribución de fuerzas sin deformarse. Esta hipótesis es generalmente válida, ya que los sistemas usuales de losas de concreto poseen alta rigidez para fuerzas en su plano. No siempre es así, sin embargo, hay estructuras que carecen de sistemas de piso en alguno o en todos sus niveles, o en las que existen grandes huecos que reducen drásticamente la rigidez (Bazán y Meli, 1998). Las faltas de estos diafragmas rígidos ocasionan las siguientes consecuencias:

- Las fuerzas de inercia y cortantes de entrepiso no se distribuyen entre los distintos elementos resistentes.
- Las fuerzas de inercia pueden generar empujes sobre los elementos de muro de carga, donde estos tiene escasa resistencia.
- Puede ocasionar distorsión de la estructura en planta e invalidar la hipótesis, de que las fuerzas sísmicas actuantes en cualquier dirección pueden descomponerse en fuerzas aplicadas sobre los sistemas ortogonales resistentes de la estructura.

## **Procedimiento para el análisis Modal de Respuesta Espectral.**

### **Periodos Naturales y Modos de Vibración.**

Los periodos y modos de vibración se calculan obteniendo los valores y vectores característicos, partiendo de la ecuación del movimiento de una estructura en vibración libre. La ecuación es la siguiente:

$$M\ddot{u} + Ku = 0$$

M es la matriz de masas del sistema, K es la matriz de rigidez y u es el vector de desplazamientos. La matriz de masas contiene las masas por niveles y los momentos de inercia de masa en un análisis tridimensional; asimismo, el vector de desplazamientos contendrá las traslaciones y rotaciones del sistema.

El cálculo de los valores y vectores característicos o propios, computacionalmente se realiza con métodos iterativos como la directa, inversa, Stodola; o métodos de transformación como el método de Jacobi, el método QR, etc. Por definiciones del manual de referencia del Etabs y Sap 2000 se tiene los EigenVectores y RitzVectores.

### **Factores de Participación Modal y Porcentaje de Participación de Masa Modal**

Los Factores de Participación Modal (FPM) son productos punto de las cargas de aceleración con las formas de modo. Los FPM para el modo  $n$  se calculan como.

$$FPM_{UX} = \Phi M J, FPM_{UY} = \Phi M J, FPM_{UZ} = \Phi M J$$

Donde  $\Phi$  es la forma de modo, M es la matriz de masas, y J es un vector con unos y ceros dependiendo de la dirección de la carga la formula II.8 se usa para los grados de libertad tanto traslacionales como rotacionales.

El Porcentaje de Participación de Masa Modal (PPMM), proporciona una

medida de cuán importante es el modo para el cómputo de la respuesta de las cargas de aceleración, y se evalúa como:

$$PPMM UX = \frac{(FPM UX)}{Mx}$$

Mx

$$PPMM UY = \frac{(FPM UY)^2}{My}$$

My

$$PPMM UZ = \frac{(FPM UZ)^2}{Mz}$$

Mz

La sumatoria acumulada de los PPMMs nos proporciona el grado de precisión del análisis, ya que las normativas nos exigen que se deba de alcanzar como mínimo un 90 por ciento de la masa efectiva sísmica.

### **Análisis de Respuesta Espectral Según la Norma E-030**

La norma E.030 indica que el espectro de aceleraciones,  $S_a$ , se calcule según la siguiente ecuación:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Dónde:

Z = Factor de Zona

U = Factor de Uso

C = Factor de amplificación sísmica

S= Factor de Suelo

R= Factor de reducción

g =Aceleración de la gravedad.

Para el factor de amplificación sísmica se toma dentro de los siguientes rangos

$$T < T_p, \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L, \quad C = 2.5(T_p)$$

T

$$T > T_L \quad C = 2.5(T_p T_L)$$

T<sup>2</sup>

### Combinación Modal y Direccional Según la Norma E-030

La combinación modal que se puede utilizar es la combinación cuadrática completa (CQC).

### Desplazamientos Obtenidos Según la E.030

Una vez definido el espectro de aceleraciones de diseño también se pueden encontrar los valores de los espectros de velocidades y de desplazamientos según las siguientes ecuaciones:

$$S_d = S_a / w^2$$

$$S_v = S_a / w$$

Para obtener las respuestas modales se deben de encontrar en cada forma de modo, para cada periodo obtenido, los valores de  $S_a$ , el programa los calcula por medio de interpolación, luego los valores para  $S_d$ , y  $S_v$  se obtienen por medio de las ecuaciones (II.15) y (II.16).

Los desplazamientos correspondientes a cada modo se obtienen por medio de la siguiente ecuación:

$$y_i = S_d FPM_i X_i$$

La Formula II.17 nos da desplazamientos según el nivel del desplazamiento espectral para cada modo, luego los resultados por cada modo se combinan para obtener el resultado final.

### **Fuerza Cortante Dinámica en la Base Según la E.030**

Las fuerzas por cada modo y por cada piso se obtienen al multiplicar la masa del piso por la aceleración. La aceleración en cada nivel se obtiene según la ecuación (Formula II.18).

$$\text{Aceleración} = S_a FPM_i X_i$$

Para el cálculo de la fuerza cortante en la base primero se deben de calcular las fuerzas aplicadas en cada nivel, por cada modo de vibración, la fuerza cortante será igual a la suma de todas las fuerzas aplicadas en cada piso, luego se combinan los resultados para cada modo. En el análisis de respuesta espectral no se deben de utilizar resultados combinados para obtener nuevas solicitaciones, siempre se deberá

trabajar primero en cada modo de forma independiente hasta encontrar el resultado objetivo y por último combinar los resultados de cada modo y obtener el valor final útil.

### **Escalado de Solicitaciones para el Diseño Según la E.030**

La E.030 en su Sección 4.6.4 trata sobre la fuerza mínima en la base para análisis dinámicos. En estructuras regulares la fuerza cortante mínima en la base no podrá ser menor al 80 por ciento de la fuerza cortante calculada con el procedimiento de las fuerzas horizontales equivalentes, y en el caso de estructuras irregulares el porcentaje es del 90 por ciento.

## **2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS:**

**Curvas de fragilidad:** Las curvas de fragilidad, denominadas también "funciones de vulnerabilidad", representan la probabilidad de que una estructura exceda un determinado estado de daño en función de un parámetro que define la intensidad sísmica. Estas curvas sirven para estimar el riesgo sísmico de grupos de edificios con características estructurales similares o de una estructura esencial (puente, planta nuclear, aeropuerto, líneas vitales).

**Riesgo:** El riesgo en general, y el sísmico en particular, representa en términos probabilísticos una convolución entre la vulnerabilidad y la amenaza. La vulnerabilidad es una probabilidad condicionada del grado de pérdida en miembros o conjunto de miembros en riesgo como resultado de la ocurrencia de una amenaza. Mc Guire, (2004).

**Probabilidad.** -Es la proporción de veces en las que un evento ocurrirá en una corrida prolongada de experimentos repetidos (Johnson, 1997), es decir, cuantificar la incertidumbre de ocurrencia que puede tener una

serie de resultados en un experimento, donde se conocen los resultados posibles, pero no se puede anticipar con exactitud el acontecimiento.

**Análisis no lineal estático:** El análisis no lineal estático "Pushover" es la generación de la curva de capacidad, que representa el desplazamiento lateral como una función de la fuerza aplicada a la estructura. Este proceso provee al diseñador valores que le dan una visión más clara del comportamiento de una estructura.

**Diseño por capacidad:** En el diseño de estructuras por capacidad, los elementos estructurales que resistirán las fuerzas gravitatorias y las originadas por la acción sísmica son cuidadosamente seleccionados y apropiadamente diseñados y detallados para ser capaces de disipar energía por deformaciones inelásticas en zonas preestablecidas.

**Funciones de distribución de probabilidades:** La fragilidad de un edificio está relacionada con su vulnerabilidad sísmica y se puede cuantificar mediante curvas de fragilidad. Las curvas de fragilidad se definen como la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño límite específico, dada una respuesta estructural, ante una acción sísmica determinada (FEMA, 1999).

**Funciones de Vulnerabilidad.** Consiste en relaciones gráficas entre la vulnerabilidad estructural (o grado de daño en los distintos tipos de edificación) y la intensidad u otro parámetro significativo del terremoto.

**Matrices de probabilidad de daño:** Consiste en conocer el tipo de edificación, el posible comportamiento de cada edificación frente a terremotos de magnitud o intensidad determinada y el daño estructural relacionado con los distintos niveles de intensidad.



**Adecuación estructural:** Obras que proporcionen al edificio condiciones de seguridad constructiva, de forma que quede garantizada su estabilidad, resistencia, firmeza y solidez, o destinadas a la eliminación de barreras arquitectónicas o mejora de la accesibilidad del edificio, como la instalación de ascensores.

**Vulnerabilidad no estructural:** Un estudio de vulnerabilidad no estructural busca determinar la susceptibilidad a daños que estos elementos pueden presentar.

**Vulnerabilidad estructural:** Se refiere a que tan susceptibles a ser afectados o daños son los elementos estructurales de un edificación o estructura frente a las fuerzas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dicha estructura

**Intensidad:** La severidad del movimiento producido por un sismo en una ubicación determinada se denomina Intensidad. La escala de intensidades más difundida es la de Mercalli.

## **CAPÍTULO III**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

##### **3.1.1 Confiabilidad del instrumento**

En el proceso de generar las curvas de fragilidad la metodología empleada permite estimar el índice de confiabilidad correspondiente a la distribución de probabilidad del margen de seguridad, a partir de los parámetros de las variables aleatorias establecidas. Asimismo, es un método donde se obtienen resultados de índice de confiabilidad similares a los obtenidos por otros métodos estadísticos como el método de simulación Monte Carlo (Fuentes y Zambrano 2008)

Con respecto a la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, Sánchez y Guarisma (1995) plantean que una medición es confiable o segura, cuando aplicada repetidamente a un mismo individuo o grupo, o al mismo tiempo por investigadores diferentes, da iguales o parecidos resultado.

##### **3.1.2 Validez del instrumento**

Para la validez del instrumento; se designó a un grupo de tres profesionales con el nivel de instrucción académico y que estuvo conformado por:

Ingeniero Civil Dennys Leon Ulloa ,los cuales dieron las observaciones y revisiones respectivas para dicha validación de la ficha técnica para la recopilación de información.

Para Hernández, Fernández y Baptista (1998) "la validez en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que quiere medir"

Esta etapa de la investigación comprende la recopilación de la información relacionada con el análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de concreto mediante análisis estáticos no lineales, comprendida por casos de estudios, metodologías de análisis, software para el análisis entre otro tipo de información.

Para llevar a cabo esta etapa, se dividió el proceso investigativo en las siguientes fases, las cuales son:

- Análisis de los procesos constructivos y calidad de materiales utilizados en la construcción de la edificación.
- Análisis de los diseños estructurales que se llevaron a cabo para la construcción de dichas estructuras y el análisis del estado actual.

En esta etapa se analizaron los informes, de estudios y diseños estructurales proporcionados y ejecutados en la construcción de la estructura, los materiales utilizados en la construcción y diferentes parámetros como; módulo de elasticidad, resistencia de los materiales,

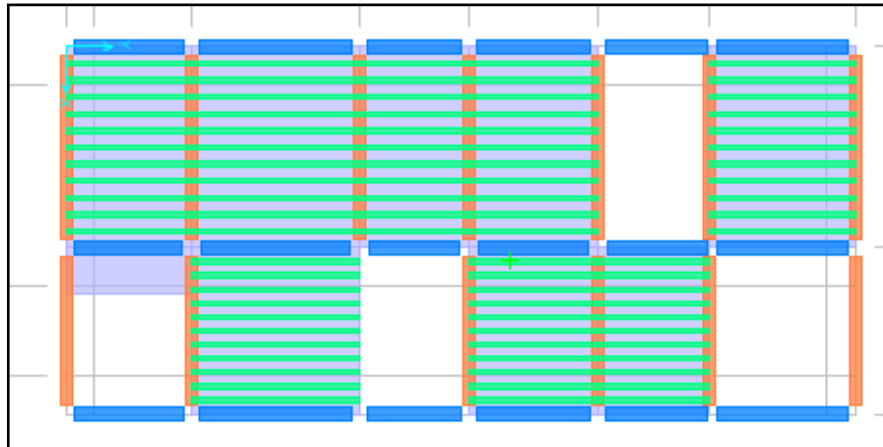
características de relleno, entre otros. Además, mediante diferentes visitas a las edificaciones se realizó de manera totalmente cualitativa el estado actual de los materiales mencionados.

### 3.2 ANALISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

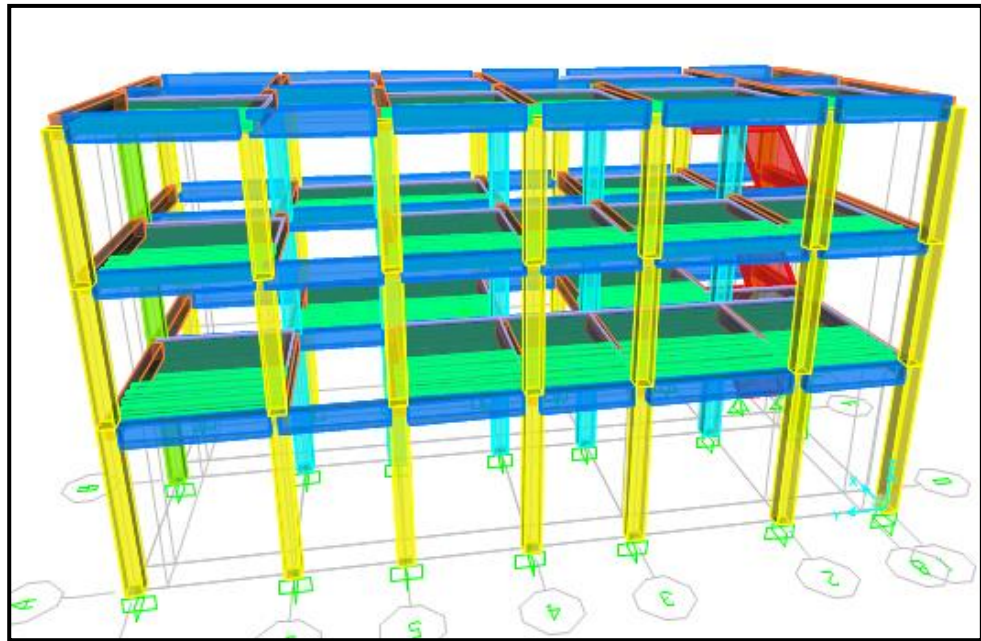
#### **Modelación del edificio, utilizando el programa de análisis estructural.**

Empleando las características del modelo definido y el procedimiento para elaborar los modelos matemáticos, se realizó la modelación de los edificios.

Las figuras IV presentan las vistas laterales, vista frontal, vista de planta y vista en 3D respectivamente del modelo.



**Fig. 4 Vista en planta del modelo**



**Fig. 5 Vista frontal del pórtico**

**Obtención de las respuestas sísmicas probabilísticas de las edificaciones utilizando el análisis dinámico lineal de respuesta espectral y el método de estimadores puntual.**

La tabla de los valores de las variables aleatorias para cada caso de analisis del modelo, es la que indica en la tabla.

**Tabla 9. Tabla de valores de la variable aleatoria**

Nº DE CASOS DE ANALISIS	VAREABLE ALEATORIA		
	MODULO DE ELASTICIDAD	FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA, R (Adimensional)	INERCIA DE ,OS ELEMENTOS ESTRUCTURALES I (cm 4)
1	184765.05	5.6	72000.00
2	249976.25		
3	184765.05	10.4	
4	249976.25		
5	184765.05	5.6	88000.00
6	249976.25		
7	184765.05	10.4	
8	249976.25		

**Fuente elaboración propia**

Una vez realizado el modelo con las variaciones, en función de las variables aleatorias para diferentes valores de aceleración del terreno, se extraen de estos los valores de los desplazamientos del nivel del techo, (Tabla 4.2) y se realizan la transformación a deriva de techo. como se muestra en la tabla 4.3. para el modelo, en la dirección larga o eje x.

**Tabla 10. Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$  e techo), en X (Extraído del modelo)**

$\Delta_0$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dír X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	0.330	0.670	1.000	1.330	1.670	2.000	2.330	2.670	3.000
CASO 2	0.290	0.570	0.880	1.150	1.440	1.720	2.010	2.300	2.580
CASO 3	0.180	0.360	0.540	0.720	0.900	1.080	1.260	1.440	1.610
CASO 4	0.150	0.310	0.460	0.620	0.770	0.930	1.080	1.240	1.390
CASO 5	0.310	0.620	0.930	1.240	1.550	1.860	2.170	2.480	2.790
CASO 6	0.250	0.490	0.740	0.980	1.230	1.480	1.720	1.970	2.210
CASO 7	0.170	0.330	0.500	0.670	0.830	1.000	1.170	1.330	1.500
CASO 8	0.130	0.260	0.390	0.530	0.660	0.790	0.930	1.060	1.190

$\Delta_0$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dír X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	3.330	3.670	4.000	4.330	4.670	5.000	5.330	5.670	6.000
CASO 2	2.870	3.160	3.440	3.730	4.020	4.310	4.590	4.880	5.170
CASO 3	1.800	1.970	2.150	2.330	2.510	2.690	2.870	3.050	3.230
CASO 4	1.550	1.700	1.850	2.210	2.160	2.320	2.470	2.630	2.780
CASO 5	3.100	3.410	3.720	1.020	4.330	4.640	4.950	5.260	5.570
CASO 6	2.460	2.700	2.950	3.200	3.440	3.690	3.930	4.180	4.430
CASO 7	1.670	1.830	2.000	2.170	2.330	2.500	2.670	2.830	3.000
CASO 8	1.320	1.460	1.590	1.720	1.850	1.990	2.120	2.250	2.380

$\Delta_0$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dír X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	6.330	6.670	7.010	7.340	7.670	8.010	8.340	8.670
CASO 2	5.450	5.740	6.030	6.310	6.600	6.890	7.170	7.460
CASO 3	3.410	3.590	3.770	3.950	4.130	4.310	4.490	4.670
CASO 4	2.940	3.090	3.250	3.400	3.560	3.710	3.870	4.020
CASO 5	5.880	6.190	6.500	6.810	7.120	7.430	7.740	8.050
CASO 6	4.670	4.920	5.160	5.410	5.650	5.900	6.140	6.390
CASO 7	3.170	3.330	3.940	3.660	3.830	3.990	4.160	4.330
CASO 8	2.520	2.650	2.780	2.920	3.050	3.180	3.320	3.450

$\Delta_o$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	1.474	2.994	4.468	5.943	7.462	8.936	10.411	11.930	13.404
CASO 2	1.296	2.547	3.932	5.138	6.434	7.685	8.981	10.277	11.528
CASO 3	1.494	2.987	4.481	5.974	7.468	8.962	10.455	11.949	13.360
CASO 4	1.245	2.572	3.817	5.145	6.389	7.717	8.962	10.289	11.534
CASO 5	1.385	2.770	4.155	5.540	6.926	8.311	9.696	11.081	12.466
CASO 6	1.117	2.189	3.306	4.379	5.496	6.613	7.685	8.802	9.874
CASO 7	1.411	2.738	4.149	5.560	6.887	8.298	9.709	11.036	12.447
CASO 8	1.079	2.157	3.236	4.398	5.477	6.555	7.717	8.796	9.874

$\Delta_o$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	14.879	16.398	17.872	19.347	20.866	22.340	23.815	25.334	26.809
CASO 2	12.823	14.119	15.370	16.666	17.962	19.257	20.509	21.804	23.100
CASO 3	14.936	16.347	17.840	19.334	20.828	22.321	23.815	25.309	26.802
CASO 4	12.862	14.106	15.351	16.638	17.923	19.251	20.496	21.823	23.068
CASO 5	13.851	15.236	16.621	18.006	19.347	20.732	22.117	23.502	24.887
CASO 6	10.991	12.064	13.181	14.298	15.370	16.487	17.560	18.677	19.794
CASO 7	13.857	15.185	16.596	18.006	19.334	20.745	22.155	23.483	24.894
CASO 8	10.953	12.115	13.194	14.272	15.351	16.513	17.591	18.670	19.749

$\Delta_o$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	28.283	29.802	31.321	32.796	34.270	35.789	37.264	38.738
CASO 2	24.351	25.647	26.943	28.194	29.489	30.785	32.036	33.332
CASO 3	28.296	29.789	31.283	32.777	34.270	35.764	37.257	38.751
CASO 4	24.396	25.640	26.968	28.213	29.540	30.785	32.113	33.357
CASO 5	26.272	27.657	29.043	30.428	31.813	33.198	34.583	35.968
CASO 6	20.866	21.983	23.055	24.172	25.245	26.362	27.434	28.551
CASO 7	26.304	27.632	28.964	30.370	31.781	33.109	34.519	35.930
CASO 8	20.911	21.989	23.068	24.230	25.309	26.387	27.549	28.628



## Construcción de las curvas de fragilidad aproximada de las edificaciones.

Para la construcción de la curva de fragilidad, se realizó una tabla para calcular la probabilidad de fallo asociada al estado de daño de la deriva límite utilizado. para los diferentes valores de aceleración horizontal del terreno, que para el modelo 1 fueron de 26 ( $A_0$ ), como se aprecia en la Tabla 3.3.

La Tabla 3.4. muestra el cálculo de la probabilidad de fallo para una aceleración del terreno de 0.45 g en el modelo;

La tabla de los valores de las variables aleatorias para cada caso de análisis del modelo, es la que indica en la tabla 3.1.

**Tabla 11. Calculo de probabilidad de fallo  $A=0.35$  con una deriva de 5,8 caso leve**

Paso	Descripcion	Casos de Analisis	Aceleracion Horizontal del Suelo ( $A_0$ )= $A_{0i}$							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Deriva normalizada $\delta_{in}$	$\delta_{in}$	10.411	8.981	10.455	8.962	9.696	7.685	9.709	7.717
2	Valor medio de $\delta_{in}$	$\mu\delta_{in}$	9.201861702							
3	Desviacion estandar $\delta_{in}$	$\sigma\delta_{in}$	1.078671808							
4	Coefficiente de variacion $\delta_{in}$	$V\delta_{in}$	0.117				11.72%			
5	Valor limite de deriva	$\delta_{inmax}$	5.8							
6	Factor de ponderación	$P_j$	0.125							
6	Funcion de fallo ( $f$ )	$f_i$	-4.6106	-3.1809	-4.6553	-3.1617	-3.8957	-1.8851	-3.9085	-1.9170
8	Funcion de fallo cuadrado	$f_i^2$	21.2580	10.1178	21.6720	9.9964	15.1768	3.5536	15.2765	3.6750
9	Distrib.de probabilidad simetrica por funcion de fallo	$P_i \cdot f_i$	-0.5763	-0.3976	-0.5819	-0.3952	-0.4870	-0.2356	-0.4886	-0.2396
10	Distrib. de probabilidad simétrica por funcion de fallo al cuadrado	$P_i \cdot f_i^2$	2.6572	1.2647	2.7090	1.2495	1.8971	0.4442	1.9096	0.4594
11	Valor medio "f"	$\mu_f$	-3.4019							
12	Desviación estandar de "f"	$\delta_f$	1.0090							
13	Coefficiente de variacion "f"	$V_f$	-0.2966							
14	Indice de confiabilidad ( $\beta$ )	$\beta$	-3.3715							
15	Probabilidad de ocurrencia de ( $\beta$ )	$\phi(\beta)$	0.0004				VER TABLA DISTRIB. NORMAL			
16	Probabilidad de fallo	$P_f$	0.99960							
17	Probabilidad de fallo (%)	$P_f(\%)$	99.96%							

Fuente elaboracion propia

as probabilidades de falla para las restantes aceleraciones de terreno y diferentes casos de falla se muestra en la tabla 3.5 y 3.6 en la direccion del eje X y Y respectivamente.

**Tabla 12. Probabilidades de falla para la dirección del eje x utilizando la deriva de la norma peruana y la deriva para cada estado para daños Hazus.**

A <sub>0</sub> (g)	NORMA E-0.30 Di=0.007	HAZUS NIVEL DE DISEÑO MODERADO (MODERATE CODE)			
		DAÑO LEVE Di=0.0033	DAÑO MODERADO Di=0.0058	DAÑO SEVERO Di=0.0156	DAÑO COMPLETO Di=0.0400
0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
0.05	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
0.10	0.00%	1.16%	0.00%	0.00%	0.00%
0.15	0.00%	92.65%	0.00%	0.00%	0.00%
0.20	0.14%	99.96%	17.62%	0.00%	0.00%
0.25	27.76%	100.00%	85.31%	0.00%	0.00%
0.30	84.38%	100.00%	99.16%	0.00%	0.00%
0.35	98.54%	100.00%	99.96%	0.03%	0.00%
0.40	99.90%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%
0.45	100.00%	100.00%	100.00%	0.18%	0.00%
0.50	100.00%	100.00%	100.00%	4.55%	0.00%
0.55	100.00%	100.00%	100.00%	23.27%	0.00%
0.60	100.00%	100.00%	100.00%	53.59%	0.00%
0.65	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
0.70	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
0.75	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
0.80	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
0.85	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
0.90	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
0.95	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
1.00	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
1.05	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
1.10	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
1.15	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
1.20	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
1.25	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
1.30	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%
1.35	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

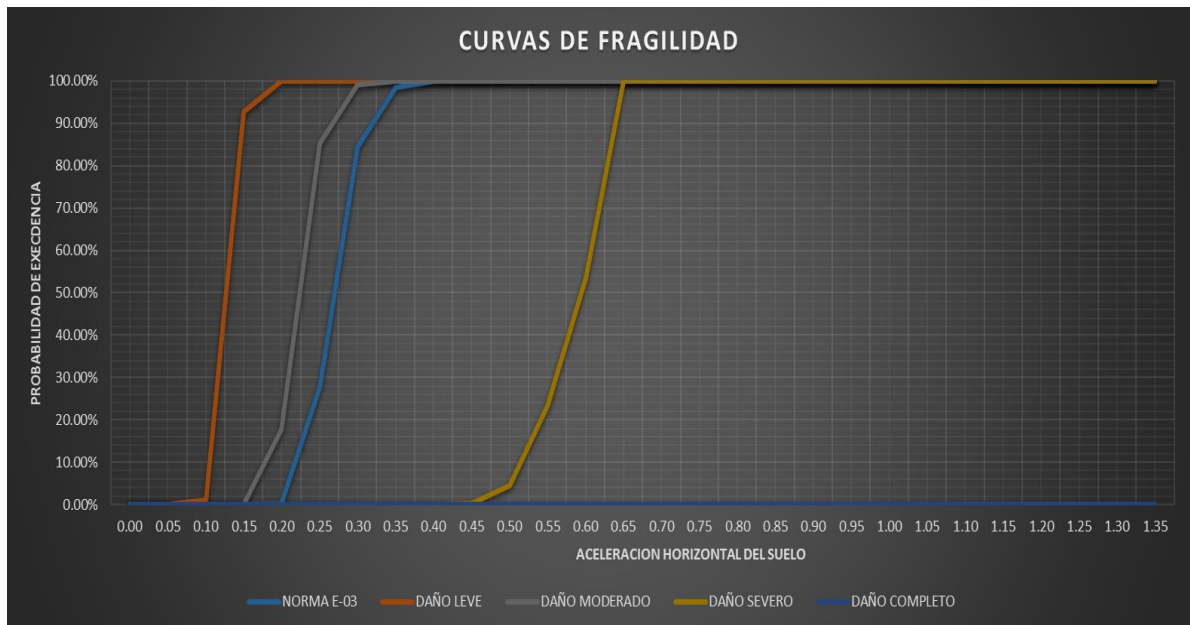
Fuente elaboración propia

Con los valores de las probabilidades de fallo para las diferentes aceleraciones de terreno se genera la curva de fragilidad con la unión de los puntos discretos, como se muestra en la Figura. para el modelo 1, en la dirección larga o eje X.

**Pruebas de normalidad.**

Las pruebas de normalidad se representan en los gráficos siguientes que muestra el grado de vulnerabilidad a que está sometido la muestra a través de curvas de fragilidad.

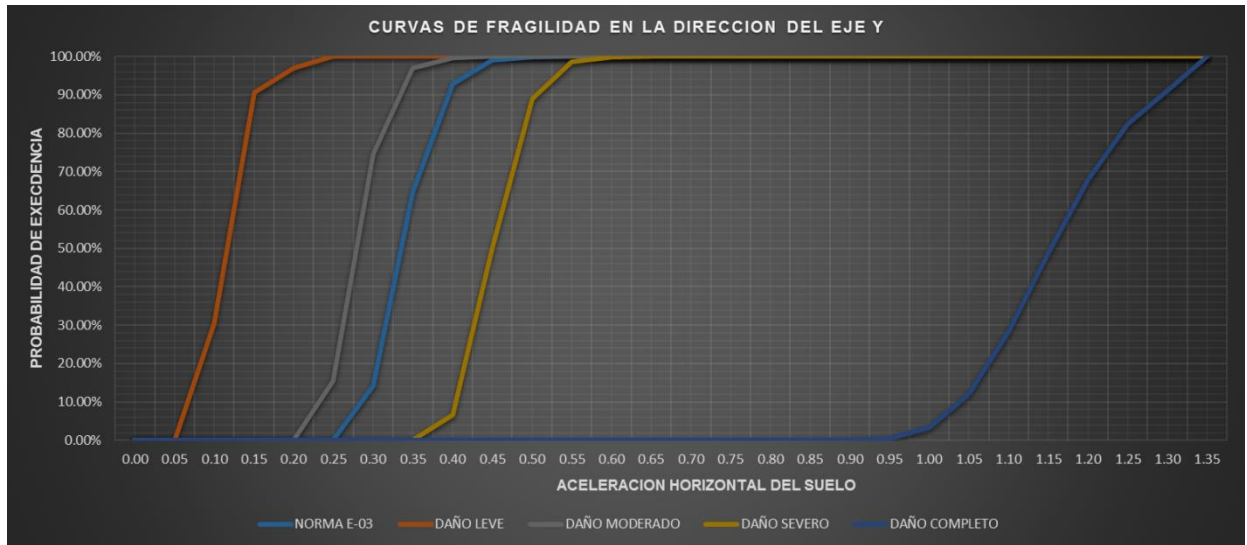
**Fig. 6. curvas de fragilidad para la direccion larga eje X utilizando la deriva de la norma Peruana y FEMA HAZUS**



Fuente elaboración propia

El modelo, presentado en la figura 3.4. muestra las curvas de fragilidad y los valores de la aceleración media del terreno, para un limite de deriva indicado en la norma E-030, en comparación con los obtenidos por el programa HAZUS (FEMA NIBS), los cuales se encuentran entre los estados de daño Moderado y Severo, con mayor tendencia al estado moderado.

**Fig. 7. curvas de fragilidad para la dirección larga eje Y utilizando la deriva de la norma Peruana y FEMA HAZUS**



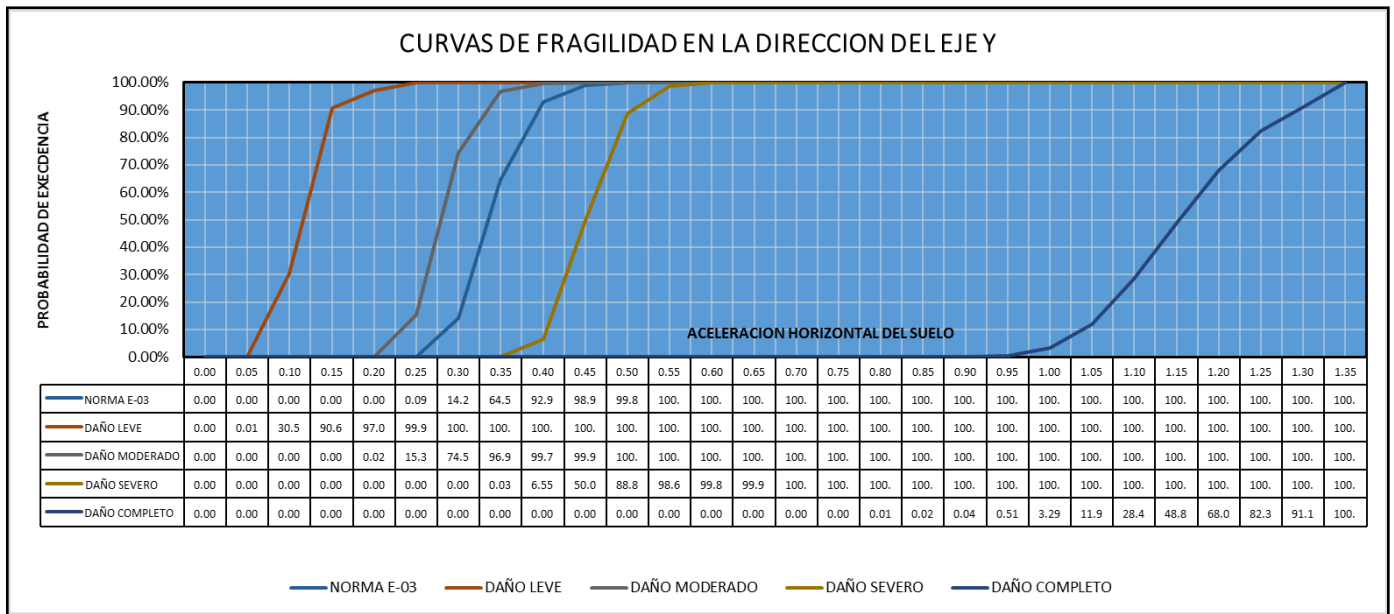
Fuente elaboración propia

El modelo, presentado en la figura 3.5. muestra las curvas de fragilidad y los valores de la aceleración media del terreno, para un límite de deriva indicado en la norma E-030, en comparación con los obtenidos por el programa HAZUS (FEMA NIBS), los cuales se encuentran entre los estados de daño Moderado y Severo, con mayor tendencia al estado moderado.

**Aplicaciones de las curvas de fragilidad a la evaluación simplificada de daños y niveles de riesgo sísmico.**

La figura 3.6 y figura 3.7 presentan las probabilidades de ocurrencia para los estados de daño "leve", "moderado", "severo" y "completo", del modelo para ambas direcciones de estudio (la dirección larga o eje X y la dirección corta o eje Y), resultantes de una aceleración horizontal del terreno de 0.25 g, 0.35 g, 0.45 g, para determinar los niveles de riesgo sísmico.

**Fig.8. Evaluación de daños y niveles de riesgo en la dirección para la Muestra 01**



Ao (g)	Estados de daño				
	Sin daño	Leve	Moderado	Severo	Completo
0.25	0.05%	84.56%	15.39%	0.00%	0.00%
0.35	0.00%	3.07%	96.90%	0.03%	0.00%
0.45	0.00%	0.03%	49.97%	50.00%	0.00%

Fuente elaboración propia

**Caso de análisis Dinámico Modal Espectral mediante la Norma E-030 para la muestra número 01.**

**Análisis Modal:**

Periodos y frecuencias para los diferentes modos mediante el programa Etabs y el Sap 2000.

**Tabla 13. Periodos y frecuencia con el etabs**

Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
	sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
1	0.988	1.012	6.361	40.464
2	0.944	1.060	6.658	44.324
3	0.726	1.377	8.650	74.815
4	0.155	6.431	40.407	1632.685
5	0.147	6.799	42.717	1824.700
6	0.128	7.812	49.085	2409.304
7	0.117	8.533	53.614	2874.422
8	0.112	8.892	55.868	3121.236
9	0.090	11.088	69.666	4853.290

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 14. Porcentaje de participación de Masa modal**

Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
	Sec											
1	0.9880	0.8973	0.0496	0.8973	0.0496	0.0000	0.0005	0.0063	0.0417	0.0005	0.0063	0.0417
2	0.9440	0.0613	0.9169	0.9586	0.9664	0.0000	0.0080	0.0007	0.0109	0.0084	0.0070	0.0526
3	0.7260	0.0306	0.0225	0.9892	0.9889	0.0000	0.0001	0.0025	0.9355	0.0085	0.0094	0.9881
4	0.1550	0.0051	0.0002	0.9943	0.9891	0.0000	0.0365	0.8292	0.0010	0.0450	0.8386	0.9891
5	0.1470	0.0002	0.0044	0.9946	0.9935	0.0000	0.8184	0.0467	0.0000	0.8634	0.8853	0.9891
6	0.1280	0.0035	0.0000	0.9980	0.9935	0.0000	0.0002	0.0201	0.0027	0.8636	0.9054	0.9918
7	0.1170	0.0000	0.0062	0.9980	0.9997	0.0000	0.1353	0.0019	0.0002	0.9990	0.9073	0.9920
8	0.1120	0.0012	0.0002	0.9992	0.9999	0.0000	0.0002	0.0720	0.0024	0.9991	0.9793	0.9944
9	0.0900	0.0008	0.0001	1.0000	1.0000	0.0000	0.0009	0.0207	0.0056	1.0000	1.0000	1.0000

De acuerdo a la Norma E-030 el análisis deberá incluir suficientes números de modos para obtener una participación de masa modal combinada de al menos el 90% de la masa actual en cada una de las direcciones horizontales ortogonales de respuesta consideradas en el modelo. Por tanto se cumple con este requisito, ya que con los nueve modos con los que se está trabajando se tiene un porcentaje de participación de masa modal de 94.00% en el primer modo en el eje X y el 94.70% en la direcciones Y respectivamente, según la hoja de cálculo.

En las figuras 3.8-3.12 se presenta las formas deformadas del edificio para los primeros nueve modos de vibración. Según imágenes capturadas del Sap 2000.

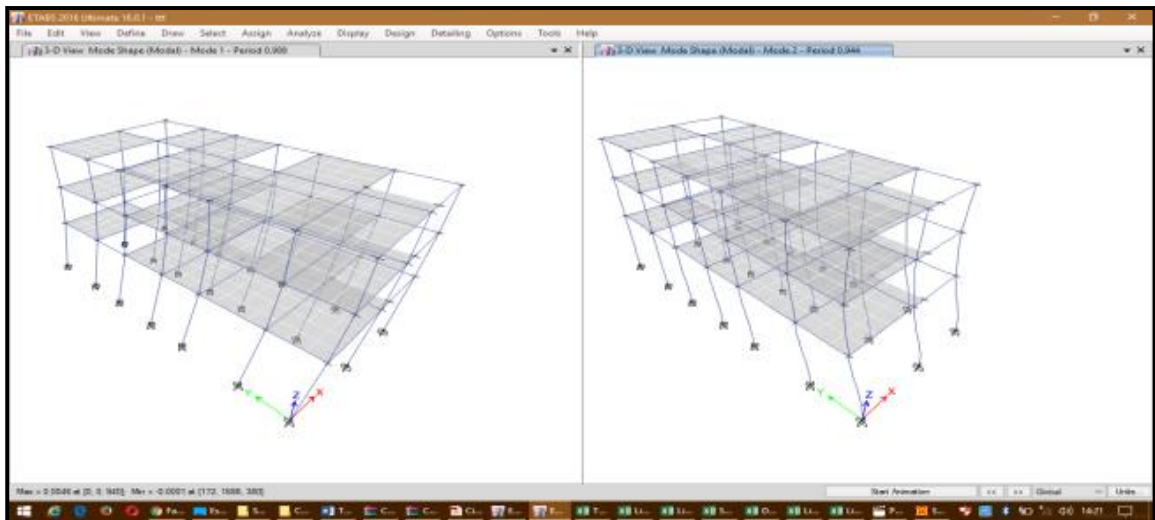
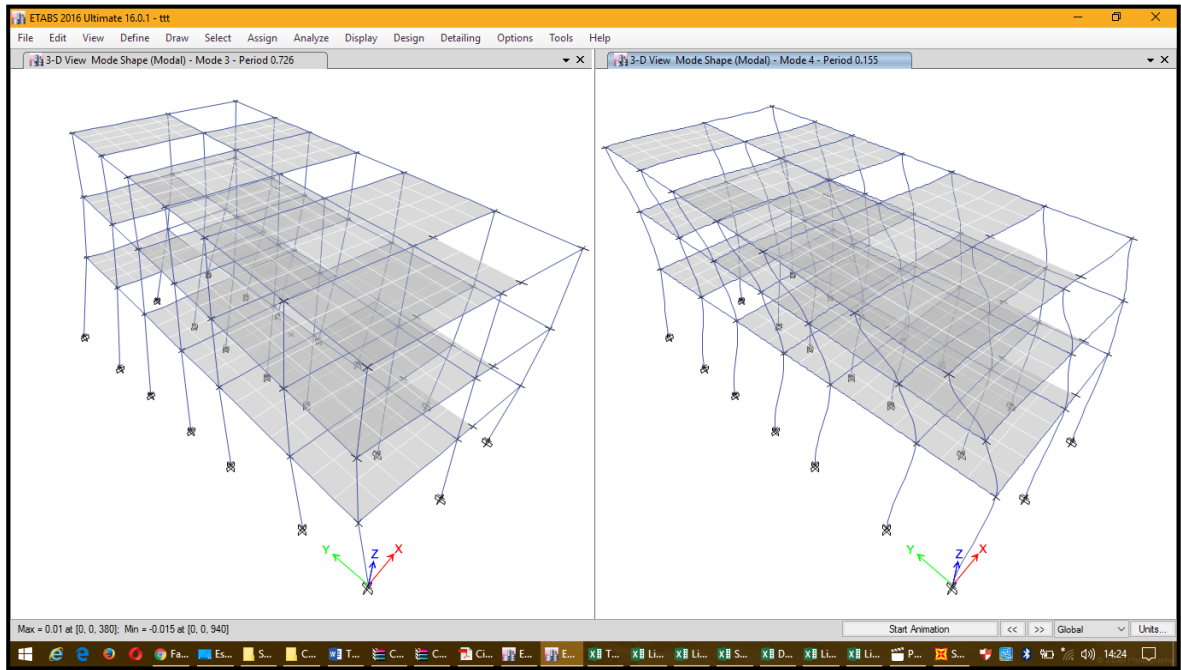
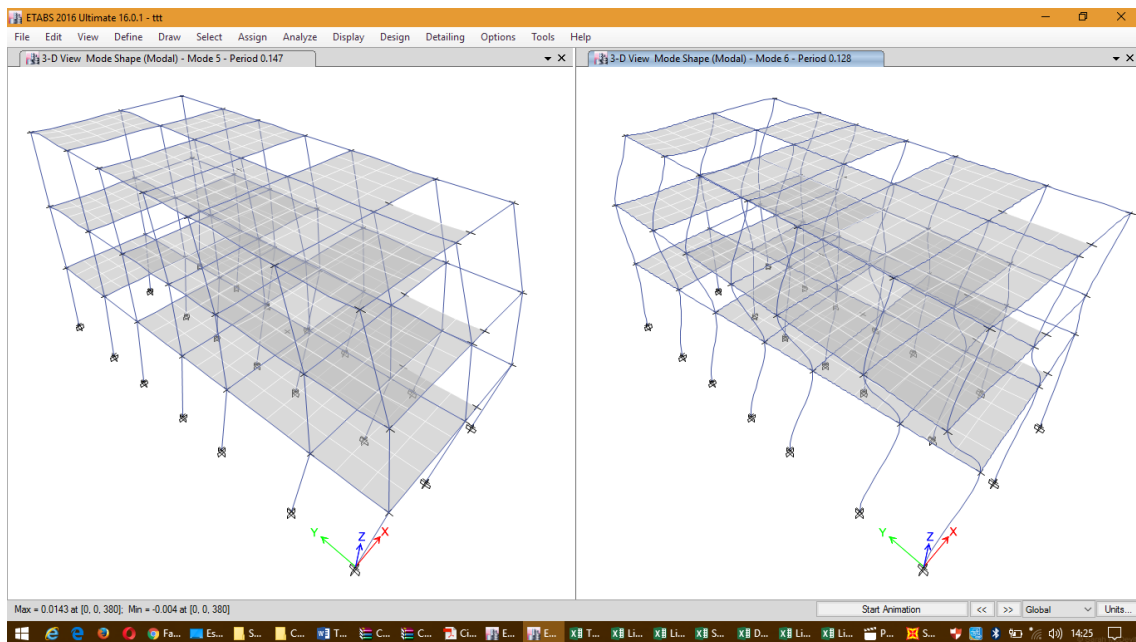


Figura 10. Deformada para el modo 1-T=0.988s y para el modo 2-T=0.944s





**Figura 11. Deformada para el modo 3-T=0.7260s y para el modo 4-T=0.1550s**



**Figura 12: Deformada para el modo 5-T=0.1470s y para el modo 6-T=0.1280s**



Figura 13. Deformada para el modo 7-T=0.1170s y para el modo 8-T=0.1120s

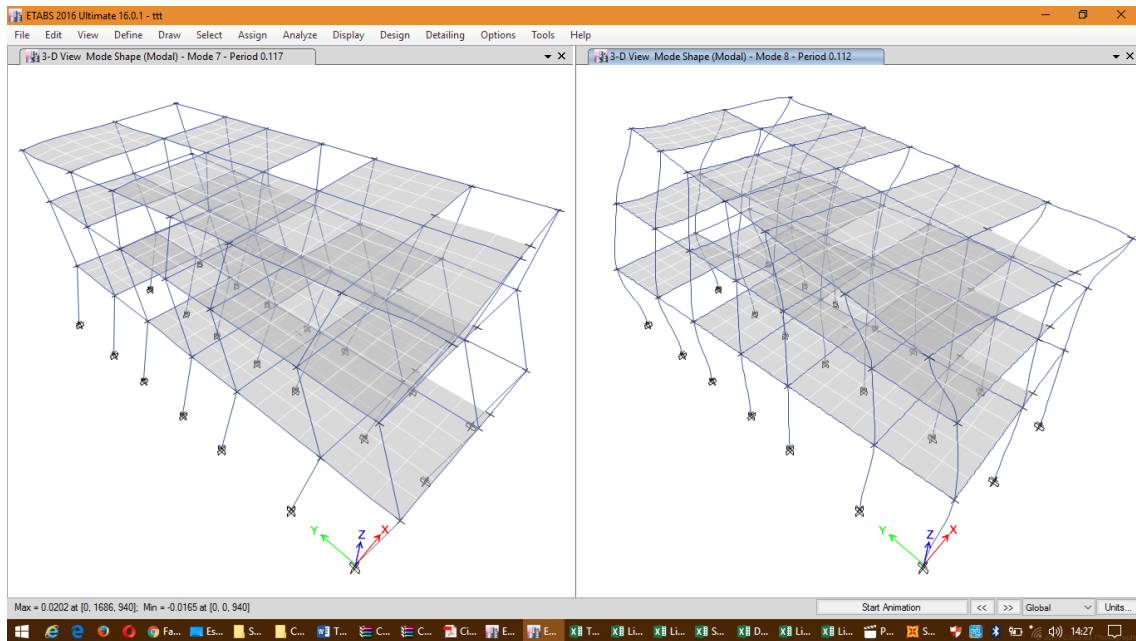
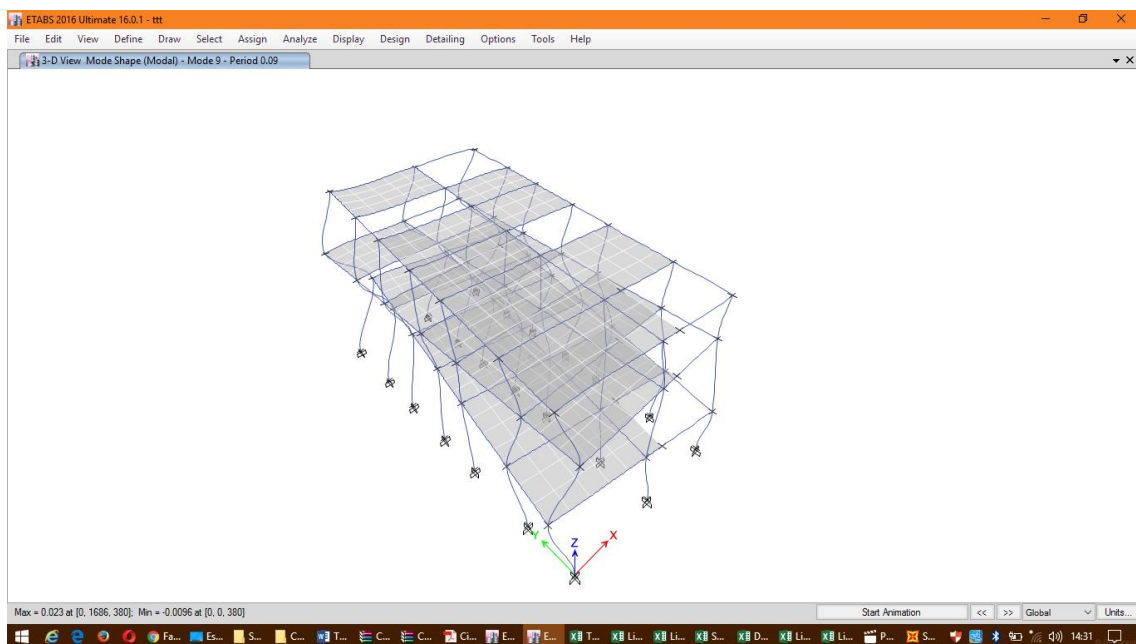


Figura 14. Deformada para el modo 9-T=0.09s



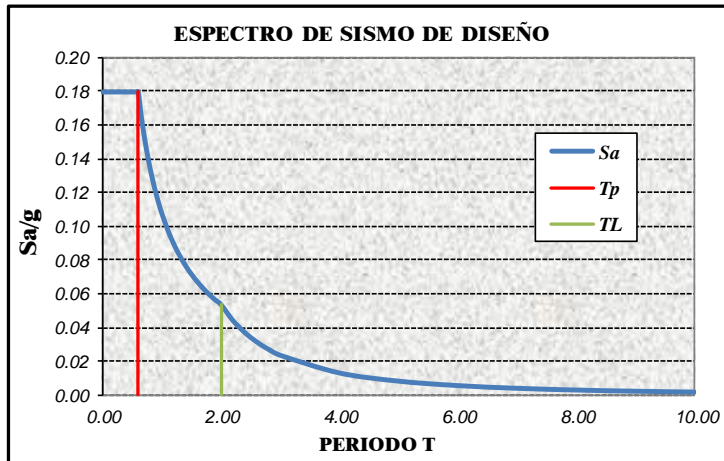
## Análisis de Respuesta Espectral

### Espectro de respuesta Según la Norma E-030 para el caso de análisis

<b>ESPECTRO DE RESPUESTA</b> <b>Según la Nueva NTE E.030 - 2016</b>	
<b>1.- Zonificación, Según E.030-2014 (2.1)</b>	
Zona :	3 $Z = 0.35$ g
<b>2.- Parámetros de Sitio, Según E.030-2014 (2.4)</b>	
Perfil Tipo :	S2 $S = 1.15$ $T_p = 0.60$ $T_L = 2.00$
<b>3.- Categoría del Edificio, Según E.030-2014 (3.1)</b>	
Categoría :	Común C $U = 1.00$
<b>4.- Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2014 (3.4)</b>	
Sistema Estructural :	Concreto Armado: pórticos
	$R_0 = 8$
<b>5.- Restricciones de Irregularidad, Según E.030-2014 (3.7)</b>	
Restricciones :	No se permiten irregularidades extremas
<b>6.- Factores de Irregularidad, Según E.030-2014 (3.6)</b>	
<b>Tomar en consideración el punto 5 sobre restricciones.</b>	
Irregularidad en Altura, $I_a$ :	01 Regular
	$I_a = 1.00$
Irregularidad en Planta, $I_p$ :	01 Regular
	$I_p = 1.00$ (Para el tipo 03 se debe ingresar el valor manualmente)
<b>7.- Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2014 (3.8)</b>	
	$R = R_0 \times I_a \times I_p = 5.6$

8.- Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño (Sa/g) = (Aceleración Espectral)

C	T (s)	Sa/g
2.50	0.00	0.1797
2.50	0.02	0.1797
2.50	0.04	0.1797
2.50	0.06	0.1797
2.50	0.08	0.1797
2.50	0.10	0.1797
2.50	0.12	0.1797
2.50	0.14	0.1797
2.50	0.16	0.1797
2.50	0.18	0.1797
2.50	0.20	0.1797
2.50	0.25	0.1797
2.50	0.30	0.1797
2.50	0.35	0.1797
2.50	0.40	0.1797
2.50	0.45	0.1797
2.50	0.50	0.1797
2.50	0.55	0.1797
2.50	0.60	0.1797
2.31	0.65	0.1659
2.14	0.70	0.1540
2.00	0.75	0.1438
1.88	0.80	0.1348
1.76	0.85	0.1268
1.67	0.90	0.1198
1.58	0.95	0.1135
1.50	1.00	0.1078
1.36	1.10	0.0980
1.25	1.20	0.0898
1.15	1.30	0.0829
1.07	1.40	0.0770
1.00	1.50	0.0719
0.94	1.60	0.0674
0.88	1.70	0.0634
0.83	1.80	0.0599
0.79	1.90	0.0567
0.75	2.00	0.0539
0.62	2.20	0.0446
0.52	2.40	0.0374
0.44	2.60	0.0319
0.38	2.80	0.0275
0.33	3.00	0.0240
0.19	4.00	0.0135
0.12	5.00	0.0086
0.08	6.00	0.0060
0.06	7.00	0.0044
0.05	8.00	0.0034
0.04	9.00	0.0027
0.03	10.00	0.0022



**ZONIFICACIÓN ZONAS SÍSMICAS DEL PERÚ**



SISMICIDAD	ZONA	Z
MUY ALTA	4	0.45
ALTA	3	0.35
MEDIA	2	0.25
BAJA	1	0.10

**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL ANÁLISIS ESTÁTICO por FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES**

**CÁLCULO DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA: C**

$c = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right), c \leq 2.5$       Modo.- Tx = 0.389 seg      ↔ C = 3.856 > 2.5  
 Modo.- Ty = 0.309 seg      ↔ C = 4.854 > 2.5

USAR: Cx = 2.50 ; Cy = 2.50 (de ser mayor tomar el valor límite)

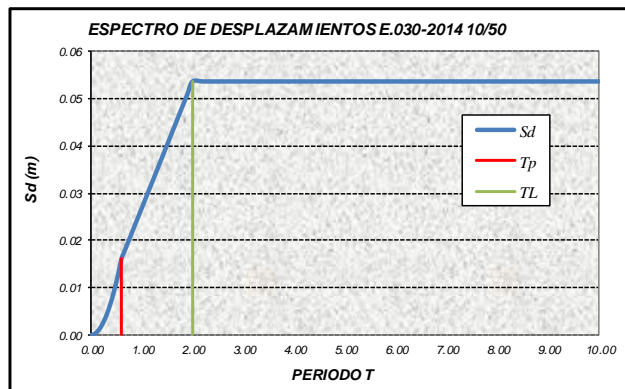
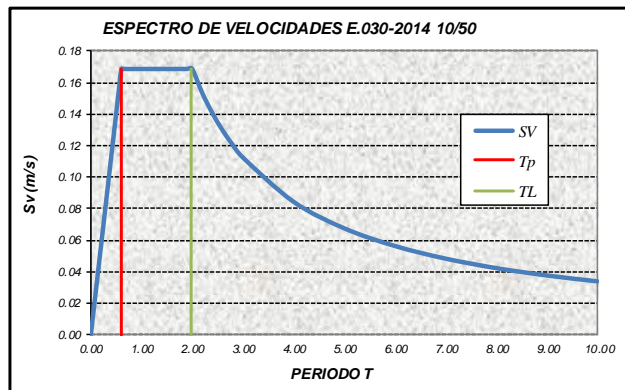
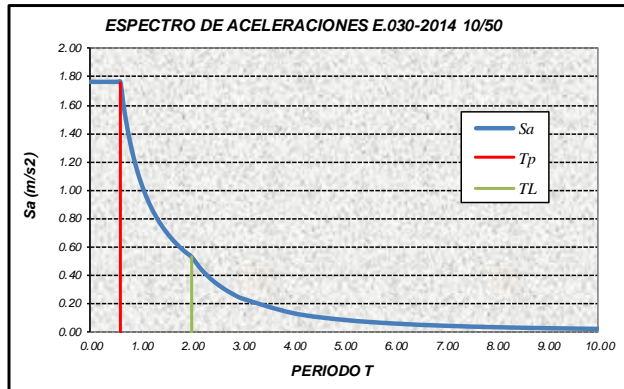
**EVALUANDO VALOR: C/R ≥ 0.125**

0.313 > 0.125	↔	0.313	Seismic X dir+Ecc	Seismic Y dir+Ecc
0.313 > 0.125	↔	0.313		

**COEFICIENTE DEL CORTANTE EN LA BASE = 0.1258      0.1258**

### 9 Cálculo y Gráfico de los Espectros de Aceleraciones, Velocidades y Desplazamientos

Sa (m/s <sup>2</sup> )	Sv (m/s)	Sd (m)
176	0.000	0.000
176	0.006	0.000
176	0.011	0.000
176	0.017	0.000
176	0.022	0.000
176	0.028	0.000
176	0.034	0.001
176	0.039	0.001
176	0.045	0.001
176	0.050	0.001
176	0.056	0.002
176	0.070	0.003
176	0.084	0.004
176	0.098	0.005
176	0.12	0.007
176	0.26	0.009
176	0.40	0.011
176	0.54	0.014
176	0.68	0.016
163	0.68	0.017
151	0.68	0.019
141	0.68	0.020
132	0.68	0.021
124	0.68	0.023
116	0.68	0.024
111	0.68	0.025
106	0.68	0.027
96	0.68	0.029
88	0.68	0.032
81	0.68	0.035
76	0.68	0.038
71	0.68	0.040
66	0.68	0.043
62	0.68	0.046
59	0.68	0.048
56	0.68	0.051
53	0.68	0.054
44	0.53	0.054
37	0.40	0.054
31	0.29	0.054
27	0.20	0.054
24	0.12	0.054
13	0.084	0.054
08	0.067	0.054
06	0.056	0.054
04	0.048	0.054
03	0.042	0.054
03	0.037	0.054
02	0.034	0.054



**Tabla. 15. Desplazamiento obtenido según la N 0.30**

NIVEL	UX	UY	RZ
	cm	cm	rad
NIVEL 3	2.748	0.376	0.001
NIVEL 2	2.578	0.353	0.001
NIVEL 1	1.813	0.236	0.001

**Tabla. 16. Desplazamientos de Diafragmas Para el sismo en la dirección X**

NIVEL	UX	UY	RZ
	cm	cm	rad
NIVEL 3	0.377	2.676	0.001
NIVEL 2	0.354	2.506	0.001
NIVEL 1	0.234	1.686	0.001

**Tabla. 17. Desplazamiento de los diafragmas para el sismo en la dirección Y.  
Aceleraciones de Diafragmas Para el sismo en la dirección X.**

NIVELES	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
	cm/sec <sup>2</sup>	cm/sec <sup>2</sup>	cm/sec <sup>2</sup>	rad/sec <sup>2</sup>	rad/sec <sup>2</sup>	rad/sec <sup>2</sup>
NIVEL 3	153.577	38.335	1.795	0.026	0.092	0.073
NIVEL 2	135.528	31.192	1.599	0.034	0.114	0.060
NIVEL 1	105.941	25.349	1.077	0.029	0.123	0.054

**Tabla. 18. Aceleraciones de Diafragmas Para el sismo en la dirección Y**

NIVELES	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
	cm/sec <sup>2</sup>	cm/sec <sup>2</sup>	cm/sec <sup>2</sup>	rad/sec <sup>2</sup>	rad/sec <sup>2</sup>	rad/sec <sup>2</sup>
NIVEL 3	59.5110	134.5920	1.6790	0.1020	0.0400	0.0560
NIVEL 2	52.6570	120.2490	1.5340	0.1050	0.0330	0.0500
NIVEL 1	36.8610	92.3710	1.0770	0.1360	0.0510	0.0340

**Tabla. 19. Fuerza cortante por niveles, sismo en la dirección X**

NIVEL	VX	VY
	tonf	tonf
NIVEL 1	6.134	0.943
NIVEL 2	59.380	8.747
NIVEL 3	64.325	9.451

**Fuerza cortante por niveles, sismo en la dirección Y**

**Tabla. 20. Derivas de Piso para el análisis modal espectral en la Dirección X**

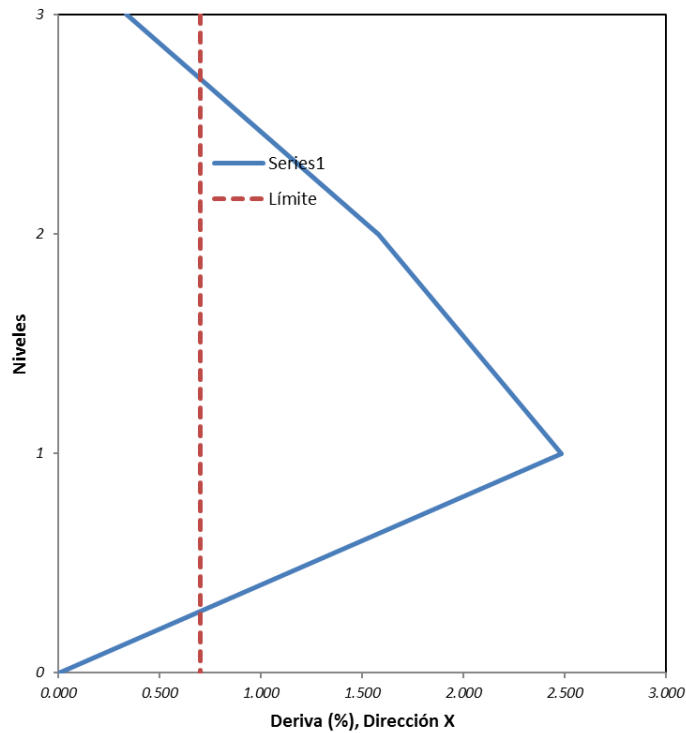
Item	Carga Sísmica	Drift	Drift	X	Y	Z	NIVEL
		X	Y	m	m	m	
Diafragma 3	SISMO XX	0.000795		7.85	0	9.4	3°
Diafragma 3	SISMO XX		0.000136	0	16.86	9.4	
Diafragma 2	SISMO XX	0.003766		5.1	0	6.6	2°
Diafragma 2	SISMO XX		0.000653	0	13.72	6.6	
Diafragma 1	SISMO XX	0.005916		4.3	0	3.8	1°
Diafragma 1	SISMO XX		0.001019	0	2.68	3.8	

**Tabla. 21. Derivas de Piso para el análisis modal espectral en la Dirección Y**

Item	Carga Sísmica	Drift	Drift	X	Y	Z	NIVEL
		X	Y	m	m	m	
Diafragma 3	SISMO YY	0.000227		7.85	0	9.4	3°
Diafragma 3	SISMO YY		0.000663	0	16.86	9.4	
Diafragma 2	SISMO YY	0.001073		5.1	0	6.6	2°
Diafragma 2	SISMO YY		0.003161	0	13.72	6.6	
Diafragma 1	SISMO YY	0.001648		4.3	0	3.8	1°
Diafragma 1	SISMO YY		0.00486	0	2.68	3.8	

**Tabla. 22. Evaluación de Derivas máximas en la Dirección X para el Análisis Modal de Respuesta Espectral**

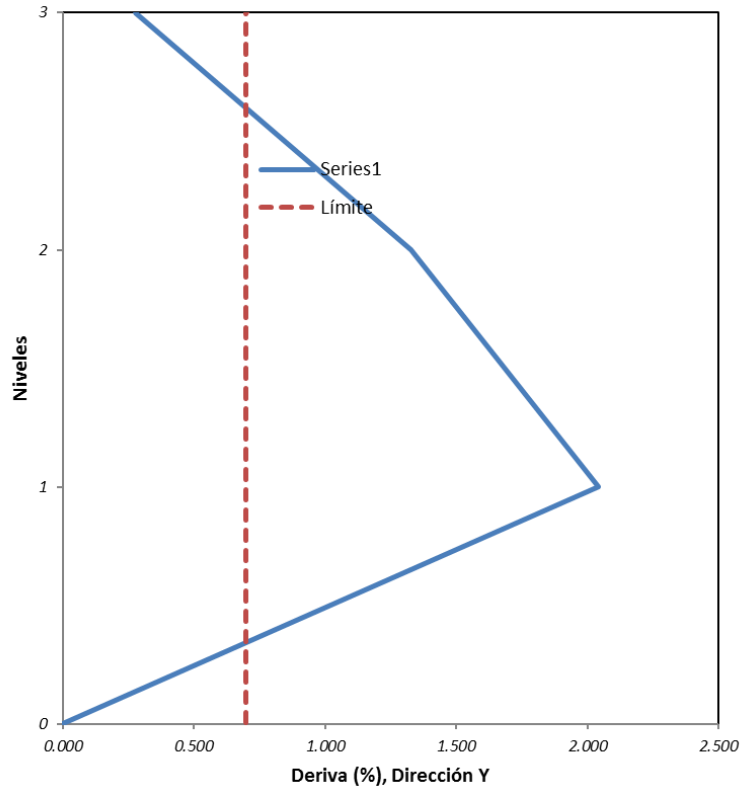
Nivel	Derivas del Etabs / h	Deriva Inelástica / h	Deriva Inelástica (%)	Deriva Permitida (%)
3	0.000795	0.00334	0.334	0.70
2	0.003766	0.01582	1.582	0.70
1	0.005916	0.02485	2.485	0.70
0			0	0.70



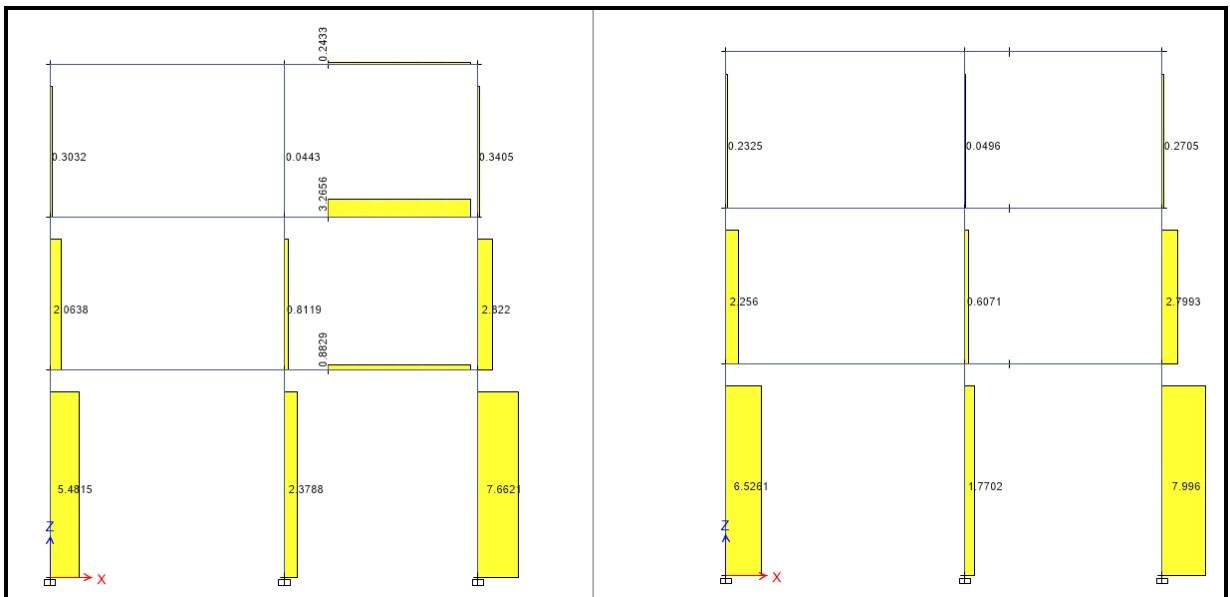
**Figura 15. Perfil de Deriva en la Dirección X para el Análisis Modal Espectral**

Nivel	Derivas del Etabs / h	Deriva Inelástica / h	Deriva Inelástica (%)	Deriva Permitida (%)
3	0.00066	0.00278	0.278	0.70
2	0.00316	0.01328	1.328	0.70
1	0.00486	0.02041	2.041	0.70
0			0	0.70

**Evaluación de Derivas máximas en la Dirección Y para el Análisis Modal de Respuesta Espectral**



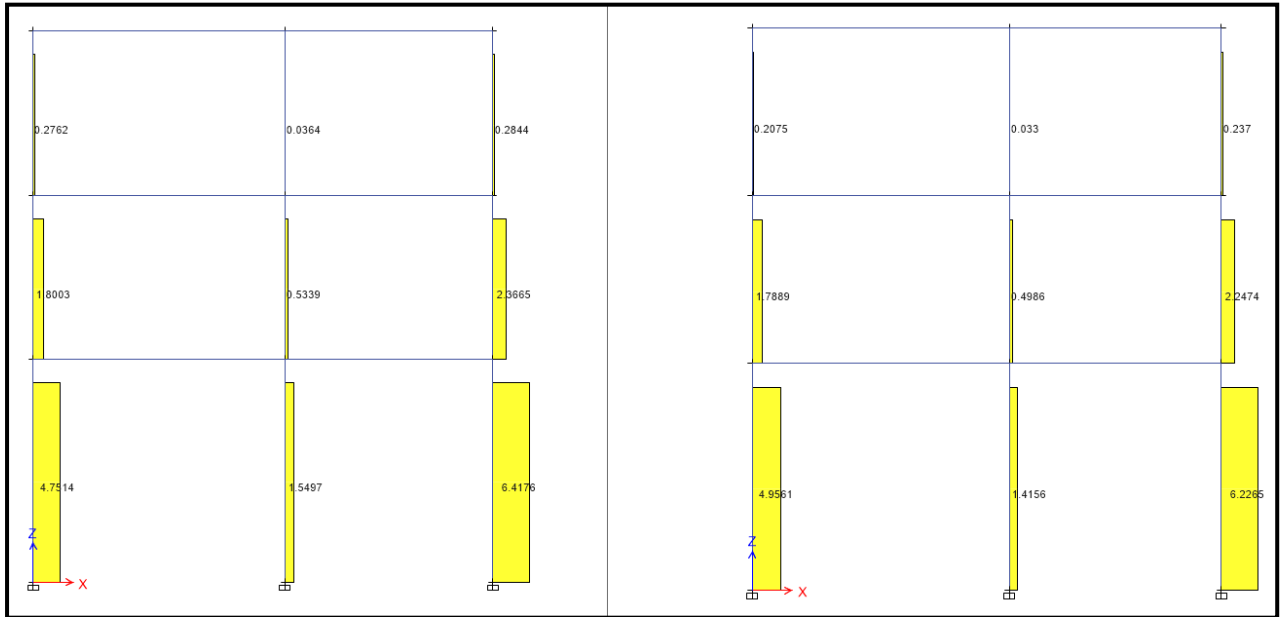
**Figura 16. Perfil de Deriva en la Dirección Y para el Análisis Modal Espectral**



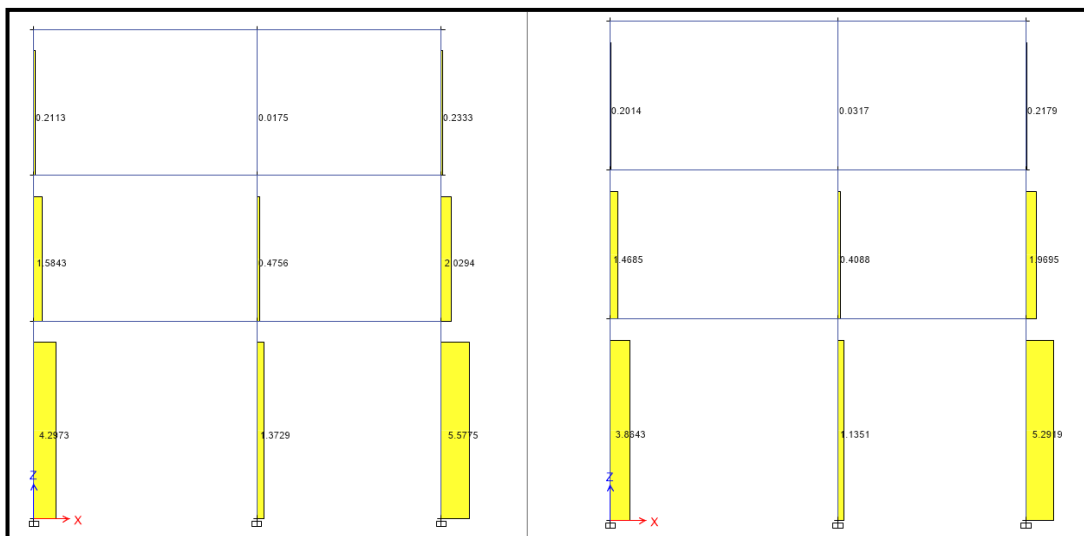
**Figura 17. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación 1 y 2**



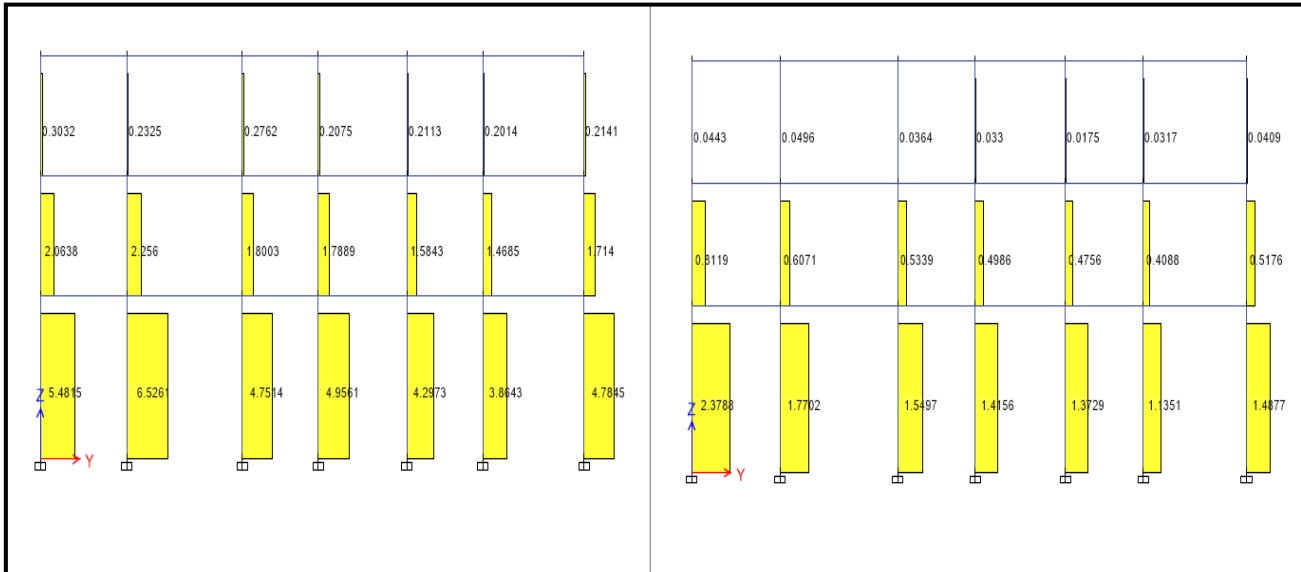
**Figura 18. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación 3 y 4**



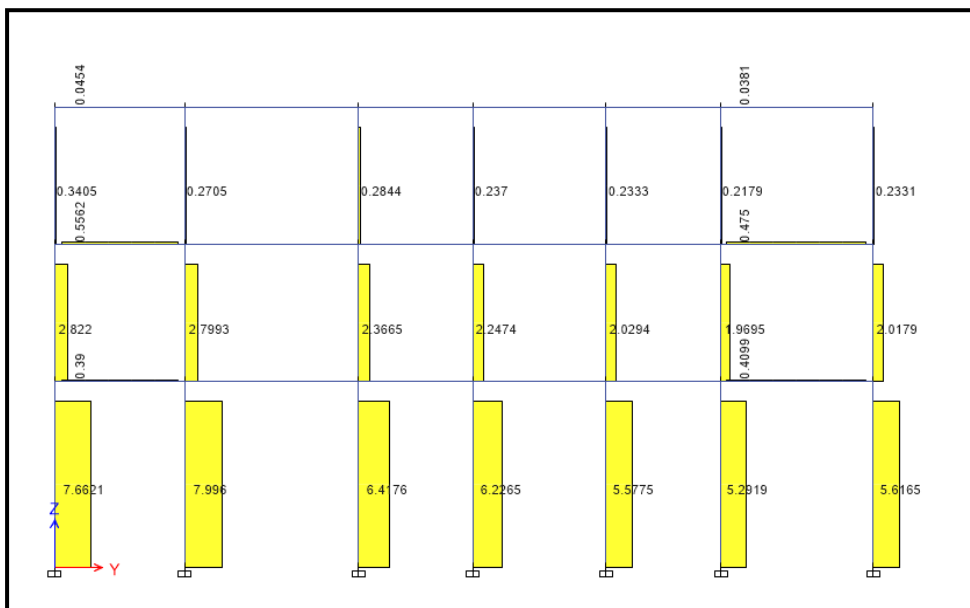
**Figura 19. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación 5 y 6**



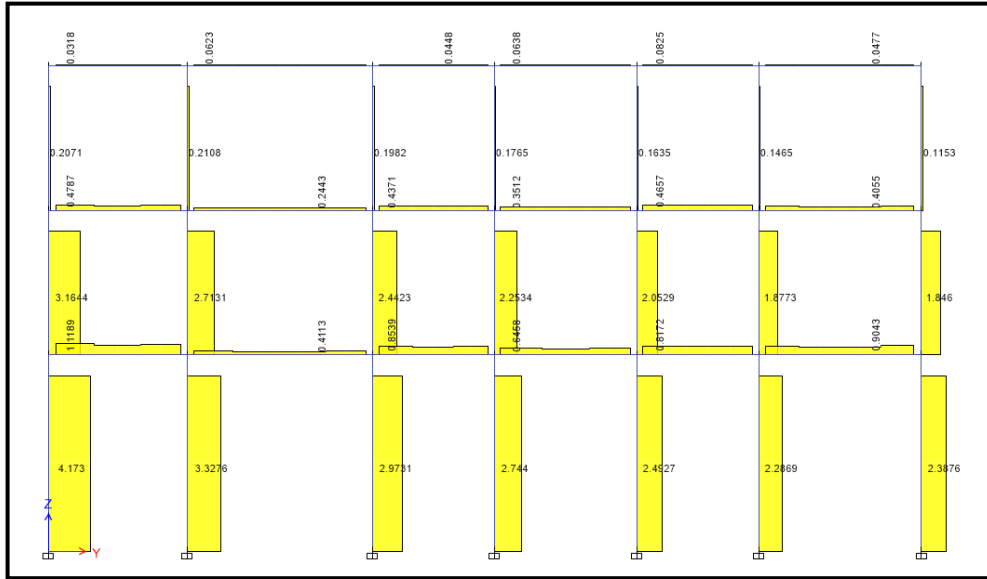
**Figura 20. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación A y B**



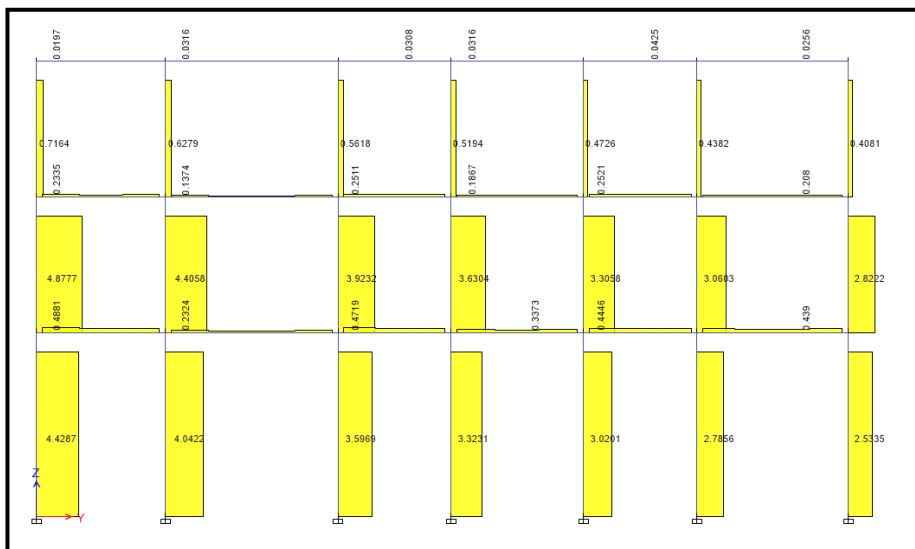
**Figura 21. Fuerza Axial para el análisis modal de respuesta espectral en el sentido X, Elevación C**



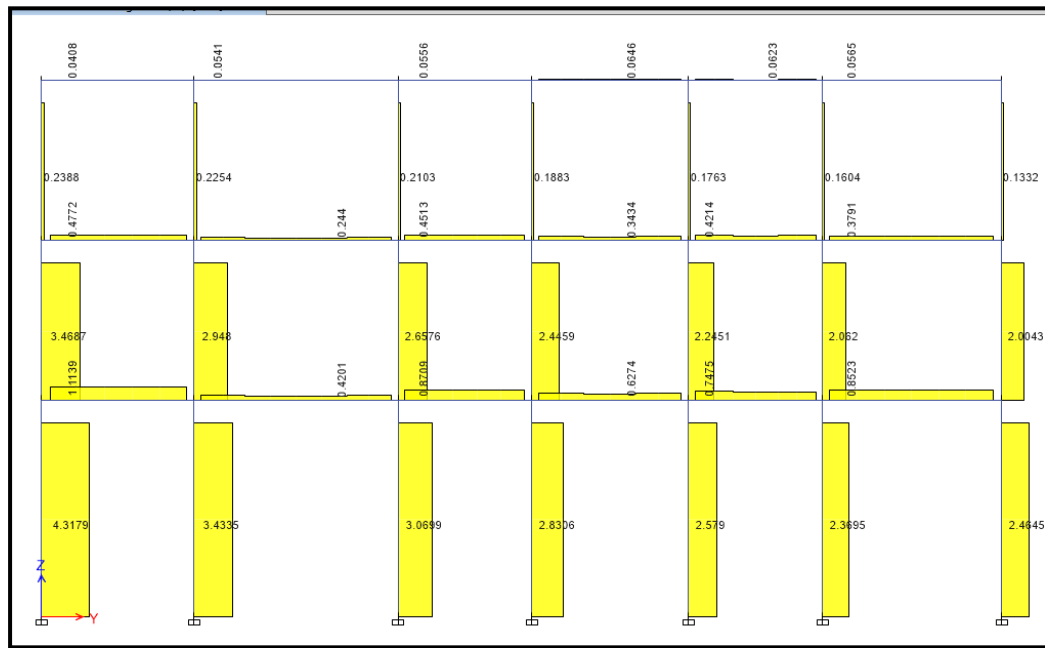
**Figura 22. Fuerza Cortante para el Analisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación A**



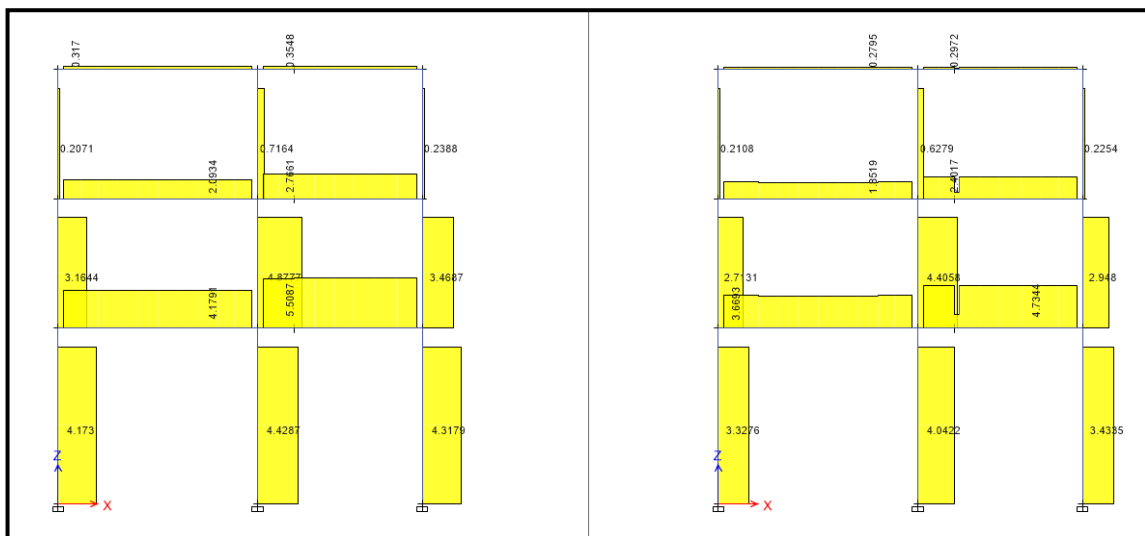
**Figura 23. Fuerza Cortante para el Analisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación B**



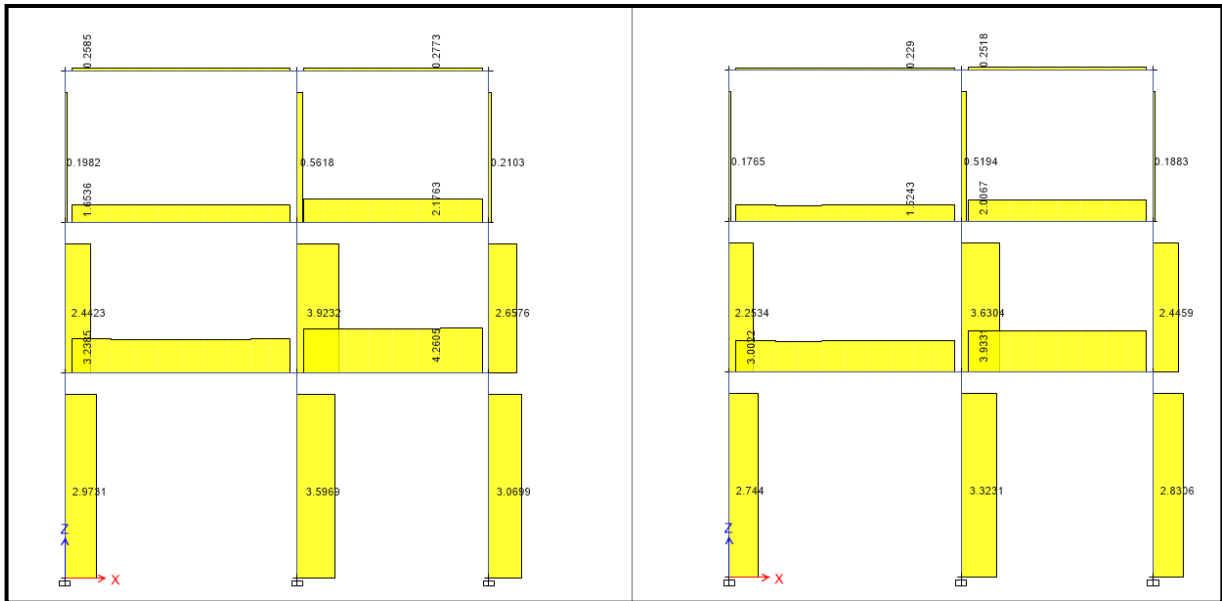
**Figura 24. Fuerza Cortante para el Analisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación C**



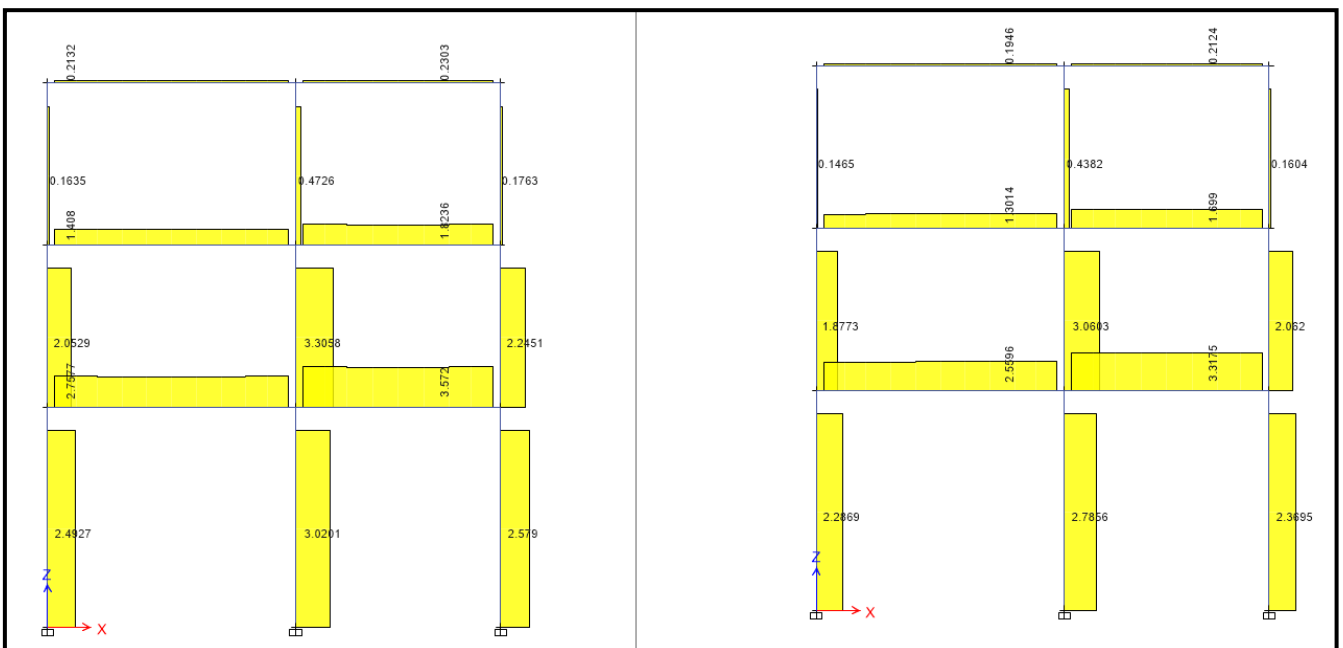
**Figura 25. Fuerza Cortante para el Analisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación 1 y 2**



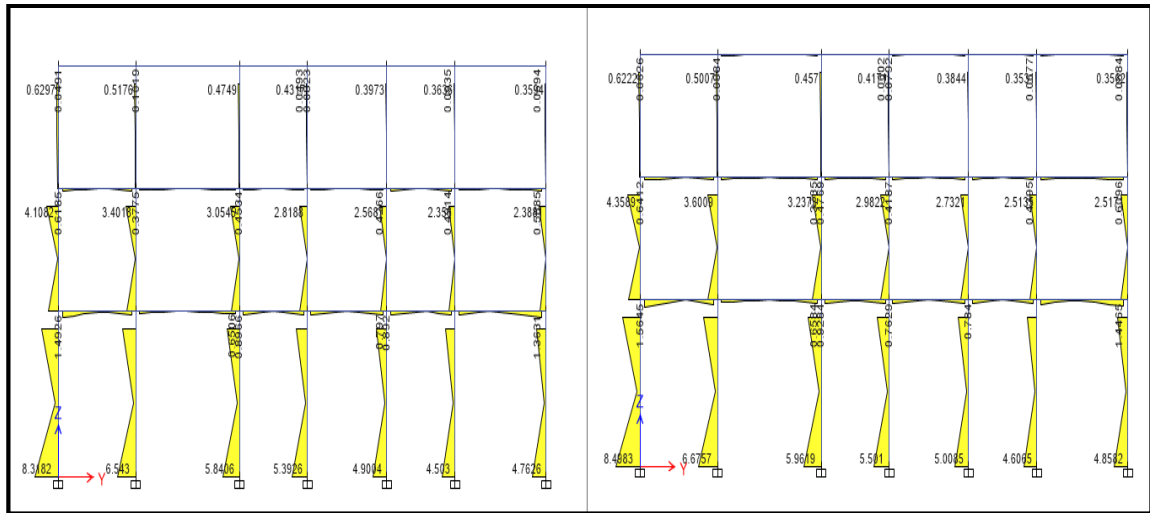
**Figura 26. Fuerza Cortante para el Análisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación 3 y 4**



**Figura 27. Fuerza Cortante para el Análisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación 5 y 6**



**Figura 28. Momento Flector para el Análisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación A y C**



**Figura 29. Momento Flector para el Análisis Modal de Respuesta espectral en el sentido X, Elevación 1 y 2**

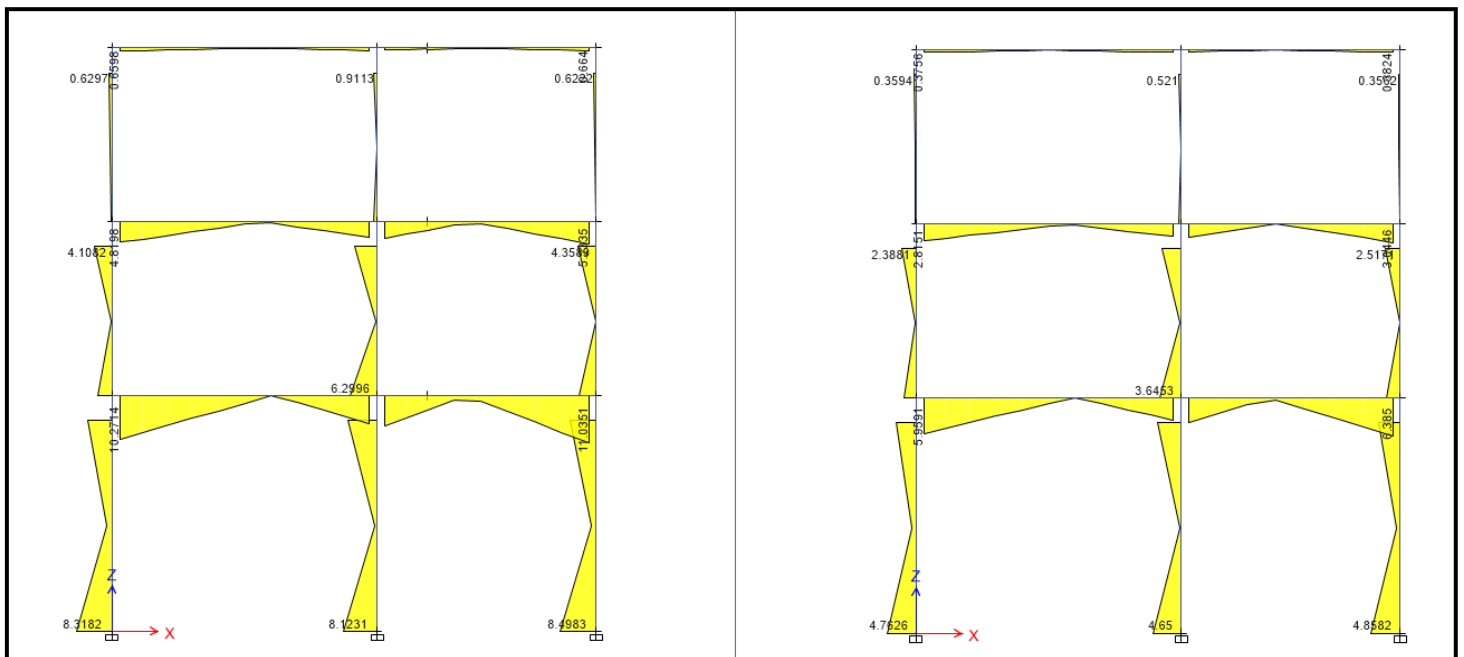
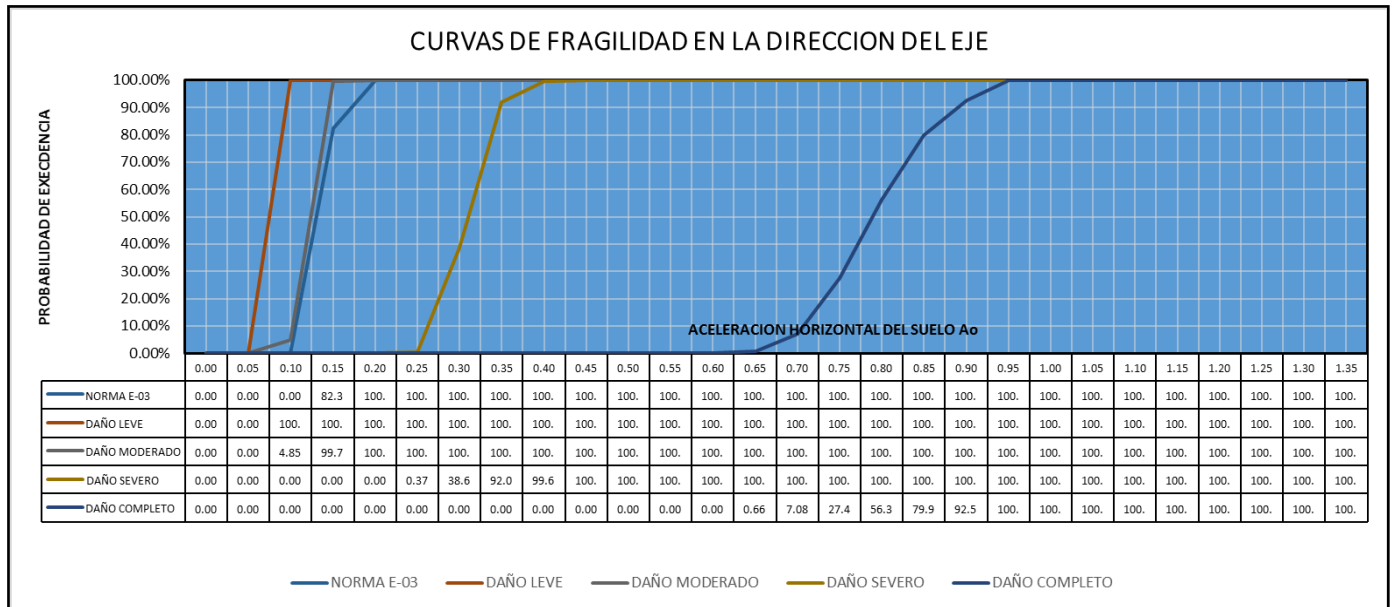


Figura 30. Curvas de fragilidad de la Muestra 2



Ao (g)	Estados de daño				
	Sin daño	Leve	Moderado	Severo	Completo
0.25	0.00%	0.00%	99.63%	0.37%	0.00%
0.35	0.00%	0.00%	7.95%	92.05%	0.00%
0.45	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%

Tabla.23. Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$  de techo), (Extraído del modelo 2)

$\Delta_0$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	2.356	4.456	6.843	9.123	11.405	13.684	15.966	18.320	20.512
CASO 2	1.959	3.919	5.877	7.840	9.790	11.759	13.718	15.540	17.615
CASO 3	1.229	2.456	3.685	4.912	6.141	7.369	8.598	9.813	11.043
CASO 4	1.055	2.111	3.166	4.221	5.276	6.331	7.387	8.385	9.488
CASO 5	2.104	4.206	6.308	8.413	10.514	12.618	14.722	16.802	18.895
CASO 6	1.808	3.616	5.423	7.231	9.039	10.847	12.656	14.452	16.240
CASO 7	1.132	2.266	3.398	4.530	5.664	6.793	7.927	9.069	10.172
CASO 8	0.974	1.947	2.921	3.893	4.867	5.840	6.598	7.762	8.745

$\Delta_0$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	22.754	25.235	27.562	29.654	31.586	33.658	36.598	37.570	41.699
CASO 2	19.586	21.356	23.523	25.365	27.365	29.365	31.897	33.256	34.264
CASO 3	12.193	13.459	14.366	15.632	17.259	18.365	18.965	19.365	22.590
CASO 4	10.458	11.459	12.365	13.699	14.774	15.370	16.897	16.896	17.699
CASO 5	21.075	23.146	25.365	27.265	29.370	31.590	33.590	35.698	36.599
CASO 6	18.142	19.546	21.786	23.501	25.370	27.490	27.699	30.699	33.026
CASO 7	11.286	12.356	13.986	14.724	15.896	16.590	19.026	18.963	21.365
CASO 8	9.688	10.458	11.258	12.696	13.699	14.366	16.896	17.056	17.963

$\Delta_0$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	6.330	6.670	7.010	7.340	7.670	8.010	8.340	8.670
CASO 2	5.450	5.740	6.030	6.310	6.600	6.890	7.170	7.460
CASO 3	3.410	3.590	3.770	3.950	4.130	4.310	4.490	4.670
CASO 4	2.940	3.090	3.250	3.400	3.560	3.710	3.870	4.020
CASO 5	5.880	6.190	6.500	6.810	7.120	7.430	7.740	8.050
CASO 6	4.670	4.920	5.160	5.410	5.650	5.900	6.140	6.390
CASO 7	3.170	3.330	3.490	3.660	3.830	3.990	4.160	4.330
CASO 8	2.520	2.650	2.780	2.920	3.050	3.180	3.320	3.450

**Tabla. 24. Deriva normalizada del tacho ( $\Delta$  de techo) en (extraído del modelo 2)**

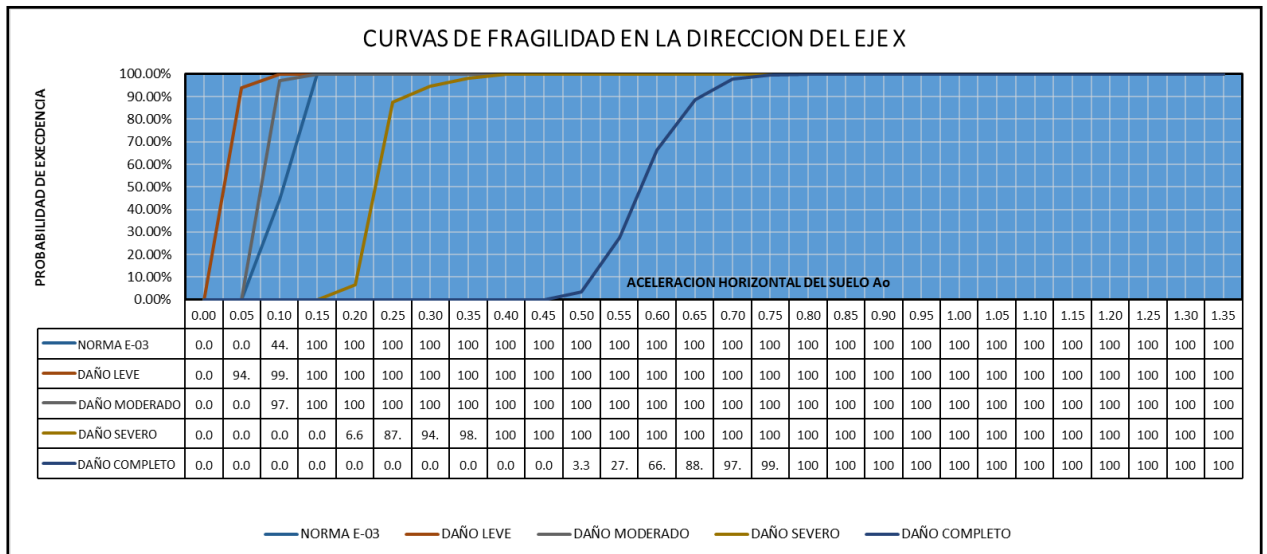
**Tabla 3.3 Deriva normalizada del techo  $\delta$ techo, en X**

$\Delta_o$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	2.834	5.673	8.513	11.356	14.189	17.025	19.864	22.712	25.547
CASO 2	2.436	4.872	7.311	9.755	12.193	14.630	17.076	19.517	21.950
CASO 3	2.838	5.687	8.500	11.350	14.187	17.026	19.870	22.715	25.542
CASO 4	2.441	4.897	7.322	9.764	12.197	14.636	17.078	19.521	21.945
CASO 5	2.612	5.225	7.854	10.463	13.091	15.710	18.329	20.940	23.560
CASO 6	2.253	4.508	6.742	8.992	11.245	13.489	15.752	17.989	20.249
CASO 7	2.585	5.239	7.856	10.471	13.086	15.694	18.321	20.936	23.556
CASO 8	2.241	4.486	6.755	8.998	11.250	13.492	15.752	17.993	20.430

$\Delta_o$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	28.386	31.227	34.052	36.894	39.732	42.576	45.416	48.256	51.084
CASO 2	24.382	26.830	29.263	31.709	34.146	36.583	39.021	41.453	43.905
CASO 3	28.388	31.226	34.060	36.893	39.730	42.578	45.414	48.255	51.083
CASO 4	24.391	26.831	29.267	31.706	34.148	36.579	39.023	41.457	43.898
CASO 5	26.170	28.792	31.408	34.025	36.645	39.260	41.877	44.498	47.119
CASO 6	22.493	24.748	26.998	29.243	31.493	33.751	35.995	38.242	40.492
CASO 7	26.174	28.783	31.403	34.022	36.638	39.254	41.879	44.496	47.106
CASO 8	22.497	24.743	26.995	29.244	31.497	33.742	35.992	38.240	40.497

$\Delta_o$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	28.283	29.802	31.321	32.796	34.270	35.789	37.264	38.738
CASO 2	24.351	25.647	26.943	28.194	29.489	30.785	32.036	33.332
CASO 3	28.296	29.789	31.283	32.777	34.270	35.764	37.257	38.751
CASO 4	24.396	25.640	26.968	28.213	29.540	30.785	32.113	33.357
CASO 5	26.272	27.657	29.043	30.428	31.813	33.198	34.583	35.968
CASO 6	20.866	21.983	23.055	24.172	25.245	26.362	27.434	28.551
CASO 7	26.304	27.632	32.694	30.370	31.781	33.109	34.519	35.930
CASO 8	20.911	21.989	23.068	24.230	25.309	26.387	27.549	28.628

**Figura 31. Curvas de fragilidad para la muestra 3**



Ao (g)	Estados de daño				
	Sin daño	Leve	Moderado	Severo	Completo
0.25	0.00%	2.50%	12.00%	87.50%	0.00%
0.35	0.00%	0.00%	1.80%	98.20%	0.00%
0.45	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.05%



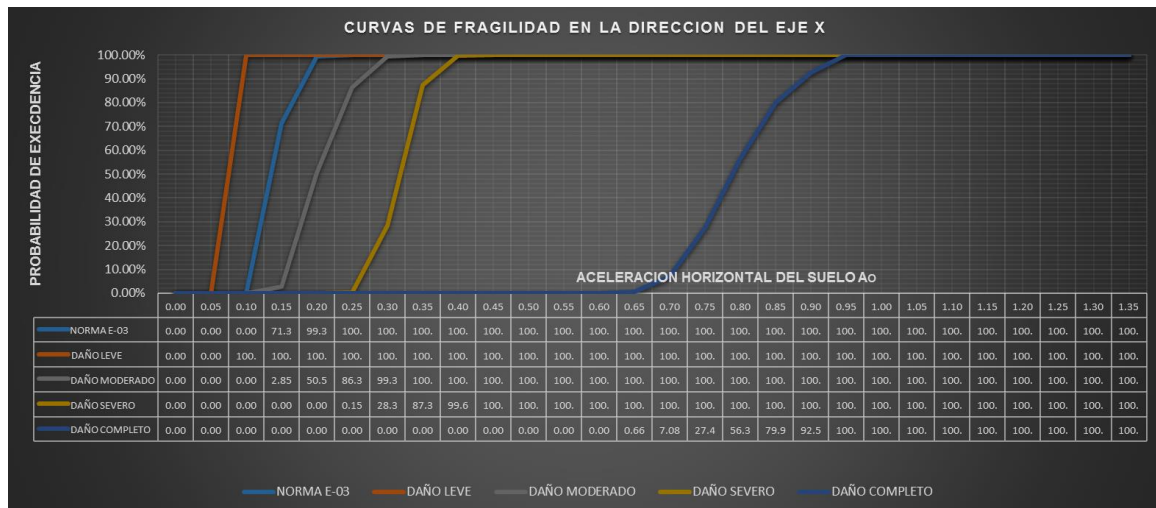
**Tabla.25. Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$  de techo), (Extraído del modelo 3)**

$\Delta_0$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	2.020	4.004	6.003	8.006	10.009	12.017	14.012	16.014	18.017
CASO 2	1.721	3.445	5.160	6.885	8.606	11.759	12.045	13.769	15.482
CASO 3	1.762	2.156	3.240	4.311	5.391	6.465	7.553	8.225	9.705
CASO 4	0.928	1.859	2.760	3.706	4.632	5.550	6.488	7.412	8.336
CASO 5	1.852	3.701	5.550	7.404	9.257	11.108	12.950	14.803	16.657
CASO 6	1.589	3.803	5.423	6.368	7.950	9.549	11.140	12.730	14.328
CASO 7	0.993	1.993	3.398	3.986	4.972	5.970	6.975	7.960	8.968
CASO 8	0.860	1.713	2.921	3.425	4.292	5.138	5.990	6.862	7.716

$\Delta_0$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	20.015	22.026	24.027		28.023		32.028		36.032
CASO 2	17.214	18.930	20.648		24.090		27.534		30.982
CASO 3	10.785	11.955	12.390		15.087		17.235		19.406
CASO 4	9.259	10.190	11.118		12.972		14.824		16.690
CASO 5	18.515	20.358	22.216		25.913		29.616		33.322
CASO 6	15.915	17.509	19.101		22.280		25.471		28.646
CASO 7	9.965	10.962	11.965		13.948		15.950		17.948
CASO 8	8.568	9.425	10.282		11.995		13.730		15.435

$\Delta_0$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1		40.032		44.045		48.032		
CASO 2		34.430		37.858		41.206		
CASO 3		21.547		23.717		25.472		
CASO 4		18.529		20.390		22.141		
CASO 5		37.026		40.773		44.327		
CASO 6		31.833		35.028		38.174		
CASO 7		19.932		21.931		23.912		
CASO 8		17.146		18.852		20.471		

**Figura 32. Curvas de fragilidad para muestra 04**



A0 (g)	Estados de daño				
	Sin daño	Leve	Moderado	Severo	Completo
0.25	0.00%	13.68%	86.17%	0.15%	0.00%
0.35	0.00%	0.00%	12.65%	87.35%	0.00%
0.45	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%

**Tabla 26 Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$  de techo), (Extraído del modelo 4)**

Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta_e$  Techo), en (Extraído del modelo)

$\Delta_o$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	0.288	0.628	0.958	1.288	1.628	1.958	2.288	2.628	2.958
CASO 2	0.248	0.528	0.838	1.108	1.398	1.678	1.968	2.258	2.538
CASO 3	0.138	0.318	0.498	0.678	0.858	1.038	1.218	1.398	1.568
CASO 4	0.108	0.268	0.418	0.578	0.728	0.888	1.038	1.198	1.348
CASO 5	0.268	0.578	0.888	1.198	1.508	1.818	2.128	2.438	2.748
CASO 6	0.208	0.448	0.698	0.938	1.188	1.438	1.678	1.928	2.168
CASO 7	0.128	0.288	0.458	0.628	0.788	0.958	1.128	1.288	1.458
CASO 8	0.088	0.218	0.348	0.488	0.618	0.748	0.888	1.018	1.148

$\Delta_o$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	3.288	3.628	3.958	4.288	4.628	4.958	5.288	5.628	5.958
CASO 2	2.828	3.118	3.398	3.688	3.978	4.268	4.548	4.806	5.128
CASO 3	1.758	1.928	2.108	2.288	2.468	2.648	2.828	2.786	3.188
CASO 4	1.508	1.658	1.808	2.168	2.118	2.278	2.428	2.386	2.738
CASO 5	3.058	3.368	3.678	4.078	4.288	4.598	4.908	4.866	5.528
CASO 6	2.418	2.658	2.908	3.158	3.398	3.648	3.888	3.846	4.388
CASO 7	1.628	1.788	1.958	2.128	2.288	2.458	2.628	2.586	2.958
CASO 8	1.278	1.418	1.548	1.678	1.808	1.948	2.078	2.036	2.338

$\Delta_o$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	6.288	6.628	6.968	7.298	7.628	7.968	8.298	8.628
CASO 2	5.408	5.698	5.656	6.268	6.558	6.848	7.128	7.418
CASO 3	3.368	3.548	3.506	3.908	4.088	4.268	4.448	4.628
CASO 4	2.898	3.048	3.006	3.358	3.518	3.668	3.828	3.978
CASO 5	5.838	6.148	6.106	6.768	7.078	7.388	7.698	8.008
CASO 6	4.628	4.878	4.836	5.368	5.608	5.858	6.098	6.348
CASO 7	3.128	3.288	3.246	3.618	3.788	3.948	4.118	4.288
CASO 8	2.478	2.608	2.566	2.878	3.008	3.138	3.278	3.408

**Tabla. 27 Deriva normalizada de techo, (Extraído del modelo 4)**

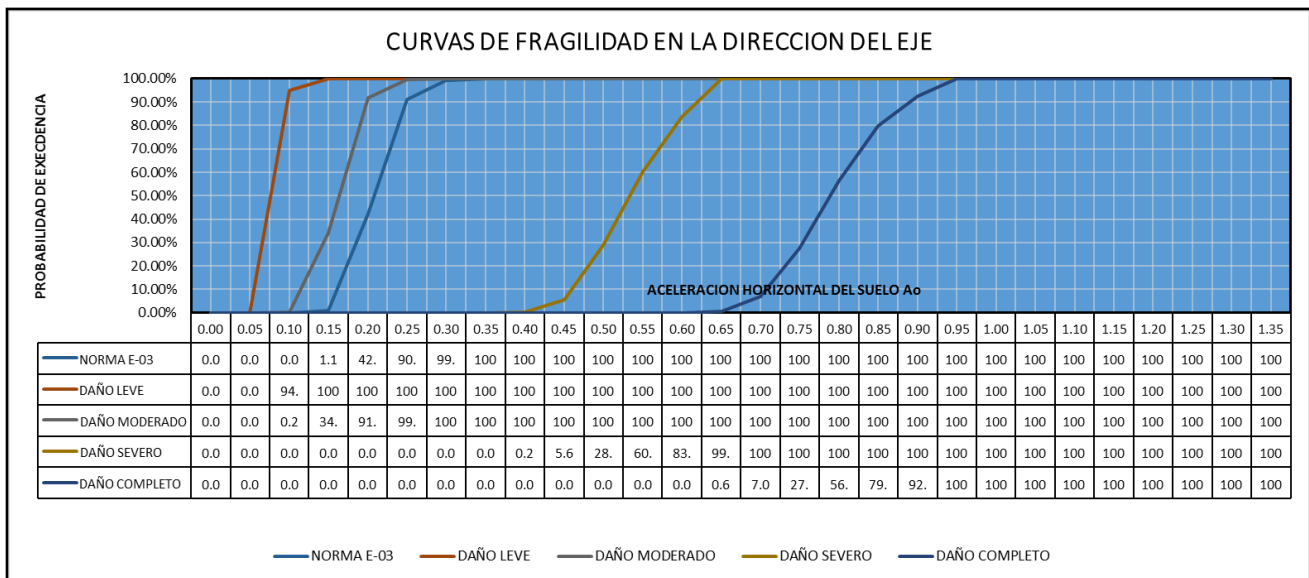
Deriva normalizada del techo  $\delta$ techo

$\Delta_o$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	1.245	2.764	4.238	5.713	7.232	8.707	10.181	11.700	13.175
CASO 2	1.066	2.317	3.702	4.909	6.204	7.455	8.751	10.047	11.298
CASO 3	1.103	2.597	4.090	5.584	7.078	8.571	10.065	11.558	12.969
CASO 4	0.854	2.182	3.427	4.754	5.999	7.327	8.571	9.899	11.144
CASO 5	1.155	2.541	3.926	5.311	6.696	8.081	9.466	10.851	12.236
CASO 6	0.887	1.960	3.077	4.149	5.266	6.383	7.455	8.572	9.645
CASO 7	1.020	2.348	3.758	5.169	6.497	7.907	9.318	10.646	12.056
CASO 8	0.688	1.767	2.846	4.007	5.086	6.165	7.327	8.405	9.484

$\Delta_o$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	14.649	16.168	17.643	19.117	20.636	22.111	23.585	25.104	26.579
CASO 2	12.594	13.889	15.141	16.436	17.732	19.028	20.279	20.091	22.870
CASO 3	14.546	15.956	17.450	18.944	20.437	21.931	23.424	23.076	26.412
CASO 4	12.471	13.716	14.961	17.948	17.533	18.861	20.105	19.757	22.678
CASO 5	13.621	15.007	16.392	4.328	19.117	20.502	21.887	21.700	24.658
CASO 6	10.762	11.834	12.951	14.068	15.141	16.258	17.330	17.142	19.564
CASO 7	13.467	14.795	16.205	17.616	18.944	20.354	21.765	21.416	24.503
CASO 8	10.563	11.724	12.803	13.882	14.961	16.122	17.201	16.852	19.358

$\Delta_o$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	28.053	29.572	31.092	32.566	34.041	35.560	37.034	38.509
CASO 2	24.121	25.417	25.229	27.964	29.260	30.555	31.807	33.102
CASO 3	27.905	29.399	29.050	32.386	33.880	35.373	36.867	38.361
CASO 4	24.005	25.250	24.901	27.822	29.150	30.395	31.722	32.967
CASO 5	26.043	27.428	27.240	30.198	31.583	32.968	34.353	35.738
CASO 6	20.636	21.753	21.566	23.943	25.015	26.132	27.204	28.321
CASO 7	25.914	27.241	26.893	29.980	31.390	32.718	34.129	35.539
CASO 8	20.520	21.599	21.250	23.839	24.918	25.997	27.158	28.237

Figura 33. Curvas de fragilidad para la muestra 5



A <sub>0</sub> (g)	Estados de daño				
	Sin daño	Leve	Moderado	Severo	Completo
0.25	0.00%	0.31%	99.69%	0.00%	0.00%
0.35	0.00%	0.00%	1.31%	98.69%	0.00%
0.45	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla. 28 Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta$  de techo), (Extraído del modelo 5)

**Desplazamiento elástico del techo ( $\Delta_e$  Techo), en X (Extraído del modelo)**

$\Delta_0$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	0.580	0.920	1.250	1.580	1.920	2.250	2.580	2.920	3.250
CASO 2	0.540	0.820	1.130	1.400	1.690	1.970	2.260	2.550	2.830
CASO 3	0.430	0.610	0.790	0.970	1.150	1.330	1.510	1.690	1.860
CASO 4	0.400	0.560	0.710	0.870	1.020	1.180	1.330	1.490	1.640
CASO 5	0.560	0.870	1.180	1.490	1.800	2.110	2.420	2.730	3.040
CASO 6	0.500	0.740	0.990	1.230	1.480	1.730	1.970	2.220	2.460
CASO 7	0.420	0.580	0.750	0.920	1.080	1.250	1.420	1.580	1.750
CASO 8	0.380	0.510	0.640	0.780	0.910	1.040	1.180	1.310	1.440

$\Delta_0$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	3.580	3.920	4.250	4.580	4.920	5.250	5.580	5.920	6.250
CASO 2	3.120	3.410	3.690	3.980	4.270	4.560	4.840	5.130	5.420
CASO 3	2.050	2.220	2.400	2.580	2.760	2.940	3.120	3.300	3.480
CASO 4	1.800	1.950	2.100	2.460	2.410	2.570	2.720	2.880	3.030
CASO 5	3.350	3.660	3.970	4.270	4.580	4.890	5.200	5.510	5.820
CASO 6	2.710	2.950	3.200	3.450	3.690	3.940	4.180	4.430	4.680
CASO 7	1.920	2.080	2.250	2.420	2.580	2.750	2.920	3.080	3.250
CASO 8	1.570	1.710	1.840	1.970	2.100	2.240	2.370	2.500	2.630

$\Delta_0$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	6.830	7.170	7.510	7.840	8.170	8.510	8.840	9.170
CASO 2	5.950	6.240	6.530	6.810	7.100	7.390	7.670	7.960
CASO 3	3.910	4.090	4.270	4.450	4.630	4.810	4.990	5.170
CASO 4	3.440	3.590	3.750	3.900	4.060	4.210	4.370	4.520
CASO 5	6.380	6.690	7.000	7.310	7.620	7.930	8.240	8.550
CASO 6	5.170	5.420	5.660	5.910	6.150	6.400	6.640	6.890
CASO 7	3.670	3.830	4.440	4.160	4.330	4.490	4.660	4.830
CASO 8	3.020	3.150	3.280	3.420	3.550	3.680	3.820	3.950

**Tabla. 29 Deriva normalizada de techo, (Extraído del modelo 5)**

Deriva normalizada del techo  $\delta_{techo}$ , en X

$\Delta_o$ (g)	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	2.591	4.111	5.585	7.060	8.579	10.053	11.528	13.047	14.521
CASO 2	2.413	3.664	5.049	6.255	7.551	8.802	10.098	11.394	12.645
CASO 3	3.568	5.062	6.555	8.049	9.543	11.036	12.530	14.023	15.434
CASO 4	3.319	4.647	5.891	7.219	8.464	9.791	11.036	12.364	13.609
CASO 5	2.502	3.887	5.272	6.657	8.043	9.428	10.813	12.198	13.583
CASO 6	2.234	3.306	4.423	5.496	6.613	7.730	8.802	9.919	10.991
CASO 7	3.485	4.813	6.223	7.634	8.962	10.372	11.783	13.111	14.521
CASO 8	3.153	4.232	5.311	6.472	7.551	8.630	9.791	10.870	11.949

$\Delta_o$ (g)	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	15.996	17.515	18.989	20.464	21.983	23.457	24.932	26.451	27.926
CASO 2	13.940	15.236	16.487	17.783	19.079	20.374	21.626	22.921	24.217
CASO 3	17.011	18.421	19.915	21.409	22.902	24.396	25.889	27.383	28.877
CASO 4	14.936	16.181	17.426	20.413	19.998	21.326	22.570	23.898	25.143
CASO 5	14.968	16.353	17.738	5.674	20.464	21.849	23.234	24.619	26.004
CASO 6	12.109	13.181	14.298	15.415	16.487	17.604	18.677	19.794	20.911
CASO 7	15.932	17.260	18.670	20.081	21.409	22.819	24.230	25.557	26.968
CASO 8	13.028	14.189	15.268	16.347	17.426	18.587	19.666	20.745	21.823

$\Delta_o$ (g)	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300
Dir X	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm
CASO 1	30.517	32.036	33.555	35.030	36.504	38.023	39.498	40.972
CASO 2	26.585	27.881	29.177	30.428	31.723	33.019	34.270	35.566
CASO 3	32.445	33.938	35.432	36.926	38.419	39.913	41.406	42.900
CASO 4	28.545	29.789	31.117	32.362	33.689	34.934	36.262	37.506
CASO 5	28.506	29.891	31.277	32.662	34.047	35.432	36.817	38.202
CASO 6	23.100	24.217	25.289	26.406	27.479	28.596	29.668	30.785
CASO 7	30.453	31.781	36.843	34.519	35.930	37.257	38.668	40.079
CASO 8	25.060	26.138	27.217	28.379	29.457	30.536	31.698	32.777

## CAPITULO IV

### PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

#### 4.1 Hipótesis General.

H1=El nivel de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017 serían severas.

H0= El nivel de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017 no serían severas.

#### Estadístico Descriptivo

Estadísticos Descriptivos	N	Minimo	Maximo	Media	Desv. Típica	Varianza
Curva de Fragilidad	4	1	4	2.5	1.29099	1.667
N (Valido Según Lista)	4					

Tabla. 30 Contingencia Curva Fragilidad \* Edificaciones Aporticadas

DESCRIPCION			EDIFICACIONES APORTICADAS		TOTAL
			NO	SI	
CURVA DE FRAGILIDAD	LEVE	Recuento	1	0	1
		Frecuencia esperado	0.5	0.5	1
	MODERADO	Recuento	0	1	1
		Frecuencia esperado	0.5	0.5	1
	SEVERO	Recuento	1	0	1
		Frecuencia esperado	0.5	0.5	1
	COLAPSO	Recuento	0	1	1
		Frecuencia esperado	0.5	0.5	1
TOTAL		RECUENTO	2	2	4
		FRECUENCIA ESPERADA	2	2	4

Pruebas Chi-Cuadrado

Descripcion	Valor	Gl	Sig. Asintotica
Chi-Cuadrado de Pearson	4.000a	3	0.002
Razon de Verosimilitud	5.545	3	0.136
Asociacion Lineal Por Lineal	600	1	0.439
N casos Validos	4		

a. 8 Casillas (100%) Tienen una frecuencia esperada inferior a 5  
La frecuencia minima esperada es 0.50

Con un nivel de significancia del 0.02 con grados de libertad de 3 según la tabla de valores de chi cuadrado podemos rechazar la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis planteada en nuestra investigación.

#### 4.2. Hipótesis Específico 1.

H1=La configuración estructural de las edificaciones con sus respectivos parámetros sísmicos serían resistentes a las cargas sísmicas.

H0= La configuración estructural de las edificaciones con sus respectivos parámetros sísmicos no serían resistentes a las cargas sísmicas.

**Tabla 31 Contingencia Configuración Estructural\*Resistente a cargas Sísmicas**

Recuento		Resistente a las Cargas Sísmicas	
		NO	SI
Configuracion estructural	1	0	1
	2	0	1
Total			2

Pruebas Chi-Cuadrado

Descripcion	Valor	GI	Sig. Asintotica	Sig. Exacta Bilateral	Sig. Exacta Unilateral
Chi-Cuadrado de Pearson	2.000 <sup>a</sup>	1	0.157		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	0	1	1		
Razon de Verosimilitud	2.773	1	0.096		
Estadistico Exacto de Fisher				1	0.005
Asociacion Lineal Por Lineal	1	1	0.317		
N casos Validos	2				

a. 8 Casillas (100%) Tienen una frecuencia esperada inferior a 5 la frecuencia minima esperada es de 5

b. Calculo para tabla de 2x2

Con un nivel de significancia del 0.05 con grados de libertad de 1 según la tabla de valores de chi cuadrado podemos rechazar la hipótesis planteada y aceptar la hipótesis nula.

### 4.3 Hipótesis Específico 2

H1=El comportamiento de las estructuras mediante la curva de fragilidad permitiría determinar el porcentaje de estado de daño a diferentes intensidades sísmicas.

H0= El comportamiento de las estructuras mediante la curva de fragilidad no permitiría determinar el porcentaje de estado de daño a diferentes intensidades sísmicas.

**Tabla 32 Contingencia Comportamiento de Estructuras \* Curvas de Fragilidad**

DESCRIPCION		CURVAS DE FRAGILIDAD				TOTAL	
		LEVE	MODERADA	SEVERA	COLAPSO		
Comportamiento de Estructuras	1	Recuento	1	0	1	0	2
		Frecuencia Esperada	0.5	0.5	0.5	0.5	2
	2	Recuento	0	1	0	1	2
		Frecuencia Esperada	0.5	0.5	0.5	0.5	2
	TOTAL	Recuento	1	1	1	1	4
		Frecuencia Esperada	1	1	1	1	4

#### Pruebas Chi-Cuadrado

Descripcion	Valor	Gl	Sig. Asintotica
Chi-Cuadrado de Pearson	4.000a	3	0.002
Razon de Verosimilitud	5.545	3	0.136
Asociacion Lineal Por Lineal	600	1	0.439
N casos Validos	4		

a. 8 Casillas (100%) Tienen una frecuencia esperada inferior a 5  
La frecuencia minima esperada es 0.50

Con un nivel de significancia del 0.32 con grados de libertad de 3 según la tabla de valores de chi cuadrado podemos rechazar la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis planteada en nuestra investigación.

#### 4.4. Hipótesis Específico 3.

H1= El daño que ocasionaría en las edificaciones aporticados de concreto armado, si ocurriera un sismo como el de 1970 en la ciudad de Huaraz los daños serian severos.

H0= El daño que ocasionaría en las edificaciones aporticados de concreto armado, si ocurriera un sismo como el de 1970 en la ciudad de Huaraz los daños no serían severos.

**Tabla 33 de contingencia Edificaciones Aporticadas\*Daños Sísmicos 1970**

DESCRIPCION		DAÑOS SISMICOS 1970				TOTAL
		LEVE	MODERADA	SEVERA	COLAPSO	
EDIFICACIONES APORTICADAS	1	1	0	1	0	2
	2	0	1	0	1	2
TOTAL		1	1	1	1	4

#### Pruebas Chi-Cuadrado

Descripcion	Valor	Gl	Sig. Asintotica
Chi-Cuadrado de Pearson	4.000a	3	0.026
Razon de Verosimilitud	5.545	3	0.136
Asociacion Lineal Por Lineal	0.6	1	0.439
N casos Validos	4		

a. 8 Casillas (100%) Tienen una frecuencia esperada inferior a 5  
La frecuencia minima esperada es 0.50



---

Con un nivel de significancia del 0.26 con grados de libertad de 3 según la tabla de valores de chi cuadrado podemos rechazar la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis planteada en nuestra investigación.

## CAPÍTULO V:

### DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Las variables de investigación son respaldadas teóricamente, en cuanto a los antecedentes tiene similares resultados con la investigación de **Rojas, J (2010)**. *Curvas de fragilidad sísmica para edificios aporticados de concreto reforzado de poca altura*. Los resultados obtenidos permitieron observar que las edificaciones diseñadas con la norma antigua, presentan mayor vulnerabilidad que las prediseñadas con la norma actual, generando daños y niveles de riesgos sísmico superiores. El modelo con presencia de mampostería fue menos vulnerable que el modelo sin ésta. Por otra parte se observó, que el método de análisis lineal es adecuado para generar curvas de fragilidad asociadas a los estados de daño Leve y Moderado, sin embargo, éste conduce a resultados poco confiables para los estados de daño Severo y Completo. El presente Trabajo Especial de Grado forma parte de una línea de investigación de vulnerabilidad y riesgo sísmico, orientada a priorizar la intervención y posible refuerzo de las estructuras más riesgosas y apoyar planes de prevención y mitigación del riesgo sísmico.

Asimismo, se estuvo de acuerdo **Ortega, C (2014)**. *Determinación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones por efecto de sismo en el centro urbano del distrito de Villa Rica*. La estadística a nivel mundial para el siglo XX, demostraron que el 75% de las muertes acontecidas durante un terremoto fueron causadas por el colapso de estructuras civiles, además se demostró que le 63% de esas muertes fueron ocasionadas por el colapso de estructuras de mampostería, un 14% por el colapso de otras tipologías estructurales y un 23%

por causas no estructurales o post evento. Un estudio de Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo tiene como finalidad descubrir que en una edificación existente los puntos débiles que fallarían al ocurrir un evento sísmico. Esta vulnerabilidad se evalúa para los elementos estructurales (columnas, vigas, aligerados, placas, etc.), como para los no estructurales (tabiques, equipos, tuberías, vidrios, etc.). Evaluar edificios existentes es un tema que no ha calado del todo en los profesionales peruanos involucrados en el diseño y se hace énfasis en el cálculo estructural y construcción de nuevos edificios desatendiendo a aquellos que ya existen, están operativos y albergan a muchas personas.

Según los resultados obtenidos se determinó que para una aceleración horizontal del suelo de 0.35g se obtuvieron una probabilidad de daños en estado moderado de 96.90% en la dirección X y un 99.93% en la dirección Y. Por otro lado, se realizó un análisis sísmico del tipo Modal de Respuesta Espectral según los parámetros de la Norma E-030 para la muestra elegida donde se obtuvieron las frecuencias, periodos de vibración, modos de vibración, las derivas de piso para el análisis modal de respuesta espectral en ambas direcciones con sus limitaciones de acuerdo a la Norma E-030 y sus gráficos de Fuerza Cortante, Fuerza axial, Momentos para la respuesta espectral.

## RESULTADOS

- Según los resultados obtenidos se concluye que el nivel de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017 serían severas. De igual forma se pudo determinar a través de una hoja de cálculo, el índice de confiabilidad y posteriormente la probabilidad de fallo, de forma sistematizada y con una formula sencilla, para distintos niveles de daño representados por los valores límites de deriva, como el establecido por la norma E-030 y los reportados por HAZUS para los estados de daño leve, moderado, severo y completo.
- Se concluye según los resultados obtenidos que la configuración estructural de las edificaciones con sus respectivos parámetros sísmicos no serían resistente a las cargas sísmicas. El método de estimadores puntuales permitió determinar para las variables aleatorias establecidas en este trabajo de investigación la respuesta sísmica probabilística, representada por la deriva de techo, de manera sencilla y con un numero de análisis menor a otros métodos como el de Monte Carlos.
- Según los resultados obtenidos se concluye que el comportamiento de las estructuras mediante la curva de fragilidad permite determinar el porcentaje de estado de daño a diferentes intensidades sísmicas. El método de análisis dinámico lineal permite obtener una aproximación aceptable para representar el comportamiento de forma simplificada de las edificaciones para los estados de daño Leve y Moderado, este método de análisis conduce a resultados en algunos casos poco confiables debido a que el método de análisis lineal no considera la degradación de la rigidez y resistencia de los elementos estructurales y a lo simplificado de la formulación de la norma E-030 para obtener los desplazamientos y derivas inelásticas.
- Se concluye según los resultados obtenidos que el daño que ocasionaría en las edificaciones aporticados de concreto armado, si

ocurriera un sismo como el de 1970 en la ciudad de Huaraz los daños serian severos. Por otro lado los niveles de riesgo sísmico, determinados en función al índice de riesgo sísmico, donde se utilizó una aceleración horizontal del terreno de 0.35g, correspondiente a la zona sísmica 3, según el mapa de zonificación sísmica de la norma E030 para eventos con la probabilidad de ocurrencia de 10% en 50 años resultaron con factores de daño mayormente a moderado en ambas direcciones.

## RECOMENDACIONES

- Continuar con esta investigación relacionada con edificios de concreto armado utilizando el método de análisis no lineal, para obtener curvas de fragilidad acorde al comportamiento de la estructura, en función a los diferentes estados de daño.
- Incluir la distribución de muros de albañilería, para diferentes alturas; la luz libre de entre piso o una porción de ella, para observar las variaciones de la curva de fragilidad.
- Aumentar el número de variables aleatorias, afín de obtener una mejor aproximación de las curvas de fragilidad. Como, por ejemplo, el estado límite asociado al estado de daño, debido a que este parámetro presenta una dispersión importante.
- Dar continuidad a esta línea de investigación aumentando la cantidad de pisos para observar los cambios de las curvas de fragilidad para edificaciones con mayor altura.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

**Aguiar, R.** (2006), "Curvas de Fragilidad para Estructuras de Hormigón Armado y Comparación con Hazus", *Paper, Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes E Infraestructura Civil, Vol.6(1)*.

**Applied Technology Council (ATC).** 2000. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*. ATC-21/FEMA 154. Washington, USA.

**Babbie E** (2009). Manual para la práctica de la investigación social. Bilbao

**Bazan y Meli** (1998). Diseño Sísmico de Edificaciones. Editorial Limusa México

**Blondet, M.** (2005), "Estimación de Perdidas Sísmicas en Edificaciones Educativas Peruanas", *Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica IX Jornadas*, 1 – 10 pp., Concepción, Chile, Noviembre.

**Bommer J.** (1998). Riesgo sísmico en la región Metropolitana de San Salvador

**Bonett, R.**(2003), "Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios, Aplicación a Entornos Urbanos en Zona de Amenaza Alta y Moderada", *Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña*.

**Campos, A** (1992). Mitigación del riesgo Sísmico. Oficina de publicaciones de ingeniería.

**Cochran, W** (1980). Técnicas de Muestreo. Compañía Editorial Continental México.

**FEMA** (1988). Federal Emergency Management Agency. *FEMA 154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*. Washington. USA.

**Fuentes y Zambrano (2008)**. Evaluación sísmo resistente del comportamiento de los pórticos de concreto reforzado con el método de los estimadores puntuales. Caracas Venezuela

**Gómez Alarcón**, (1992). Introducción a la fiabilidad estructural y algunas aplicaciones. Madrid.

**Hwang, H; and Lin, Y** (2002) Seismic Loss assessment of Memphis City School Buildings

**INDECI** (2003) Plan de prevención ante desastres de la ciudad de Huaraz- Ciudades sostenibles

**Jhonson, R.** (1997). Probabilidad y estadística para Ingenieros de Miller y Freund. Hispanoamericana México

**Kuroiwa, J.** (2002). Reducción de desastre – Viviendo en armonía con la naturaleza Lima Perú

**Martin, V** (2006) Estimación de pérdida por sismo en edificaciones peruanas mediante curvas de fragilidad – Tesis PUCP.

**Mendez C** (2001). Metodología. Bogotá: Mc Graw Hill.

**Pita F** (2000). Significancia estadística y relevancia clínica. Cad Aten Primaria

**Rosenblueth, E** (1975) Point Estimates of Probability Moments UNAM. México



**Sabino, E** (2006). Introducción a la Metodología de la Investigación. Madrid:Ariel S.A.

**Ordoñez E** (1984). Estudio de vulnerabilidad sísmica de Huaraz. Tesis de Grado Universidad Nacional Ingeniería

**Sampieri R** (2010) Metodología de la Investigación. España: Mc Graw Hill.

**Sanchez J.** (1980). Curso intensivo de muestreo en poblaciones finitas. Instituto Nacional de Estadística. Madrid 1980.

**Tamayo M.** (2004). El proceso de la investigación Científica. (Editorial Limusa 4ta Edición) México.

**UBC.** (1997) Uniform Building Code

**Vladimir F** (2007). Tesis Evaluación del riesgo de desastre en la planificación del desarrollo de la ciudad de Huaraz

## **ANEXOS**

## **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO MEDIANTE CURVAS DE FRAGILIDAD EN LA CIUDAD DE HUARAZ-2017”**

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es nivel de Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017?</p> <p><input type="checkbox"/> <b>Problemas específicos:</b></p> <p>¿Cuál es la configuración estructural de las edificaciones y cuáles son sus respectivos parámetros sísmicos?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Cuál es el comportamiento de las estructuras mediante el análisis de la curva de fragilidad?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Cuánto daño se esperaría en las edificaciones aporticados de concreto armado, si ocurriera un sismo como el de 1970?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar el nivel de Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017.</p> <p><b>Objetivo específico:</b></p> <p>Identificar la configuración estructural de las edificaciones y sus respectivos parámetros sísmicos.</p> <p><input type="checkbox"/> Determinar el comportamiento de las estructuras mediante la curva de fragilidad.</p> <p>Describir el daño que se ocasionaría en las edificaciones aporticados de concreto armado, si ocurriera un sismo como el de 1970.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El nivel de Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones aporticados de concreto armado, mediante la curva de fragilidad en la ciudad de Huaraz-2017 sería severo.</p> <p><b>Hipótesis específicos:</b></p> <p>La configuración estructural de las edificaciones con sus respectivos parámetros sísmicos no serían resistentes a las cargas sísmicas</p> <p><input type="checkbox"/> El comportamiento de las estructuras mediante la curva de fragilidad permitiría determinar el porcentaje de estado de daño a diferentes intensidades sísmicas.</p> <p><input type="checkbox"/> El daño que ocasionaría en las edificaciones aporticados de concreto armado, si ocurriera un sismo como el de 1970 en la ciudad de Huaraz los daños serian severos.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>No experimental.</p> <p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>132 edificaciones aporticados.</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>98, de ello se hizo el refinamiento de la muestra y se hizo el uso de la mapa de tipos de suelo de (Ordoñez 1984) y se selecciono para la muestra en función a los 5 tipos de suelo ( I, II, III, IV, V) cada edificaciones con similares características y diferentes tipos de suelo.</p>

## **FICHA TECNICA DE RECOPIACION DE DATOS Y VALORACION DE APLICABILIDAD**



### Ficha técnica de recopilación de información

1.1 **Autor del instrumento:** Lenin Alberto Sánchez Ortiz

1.2 **Título de la investigación:** "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aporticados de concreto armado mediante curvas de fragilidad en la ciudad de huaraz-2017"

#### Datos generales:

1.3 **Ubicación del inmueble:** Urbanizacion Rosas Pampa-Altura Prolongacion Av. Bolognesi

1.4 **Año de construcción:**2014

1.5 **Uso de la edificación:** Residencial 03 pisos

#### 1.6 ASPECTOS TECNICOS

##### ASPECTOS TECNICOS

Elementos	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclopeo zapatas de 1.20X1.00
Techo	Losa aligerada 20cm
Columnas	0.25x0.30
Vigas	0.40x0.30

<b>Deficiencias de la estructura</b> Problemas de Ubicación Suelo grava con matriz limo-arenoso con resistencia a compresion de 1.50 a 1.80 Kg/Cm2 <b>Problemas estructurales</b> Asentamientos diferenciales Fisuras en columnas y vigas <b>Resistencia del concreto</b> Columnas 210 Kg/cm2      Vigas      210 Kg/cm2	<b>Otros problemas</b> Armaduras expuestas y corroidas Fisuras y grietas en tabiques  Estado actual Regular  Humedad cielo raso
---	---

Apellidos y nombres del validador: Ing. Taboada Rodríguez Jeovana

Grado académico: Ingeniero Civil

Institución donde labora: Consultor Independiente

VALORACION DE APLICABILIDAD: **VULNERABLE MODERADAMENTE**



### Ficha técnica de recopilación de información

1.1 **Autor del instrumento:** Lenin Alberto Sánchez Ortiz

1.2 **Título de la investigación:** "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aporticados de concreto armado mediante curvas de fragilidad en la ciudad de huaraz-2017"

**Datos generales:**

1.3 **Ubicación del inmueble:** Av Pedro Villon – Lateral Hospital Regional Av. Luzuriaga)

1.4 **Año de construcción:**1988

1.5 **Uso de la edificación:** Residencial 03 pisos

1.6 **ASPECTOS TECNICOS:**

**ASPECTOS TECNICOS**

Elementos	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclopeo zapatas de 1.00X1.00
Techo	Losa aligerada 20cm
Columnas	0.30x0.20
Vigas	0.30x0.40

Deficiencias de la estructura	Otros problemas
Problemas de Ubicación	Armaduras expuestas y corroidas
Suelo Limo arenoso y arcillas baja plasticidad con resistencia a compresion de 1.5 a 1.70 Kg/Cm2	
<b>Problemas estructurales</b>	Estado actual Regular
No existe Asentamientos	
Fisuras en muros	
<b>Resistencia del concreto</b>	
Columnas 210 Kg/cm2	
Vigas 210 Kg/cm2	

Apellidos y nombres del validador: Ing. Taboada Rodríguez Jeovana.

Grado académico: Ingeniero Civil

Institución donde labora: Consultor Independiente

VALORACION DE APLICABILIDAD: **VULNERABLE MODERADAMENTE**

### Ficha técnica de recopilación de información

- 1.1 **Autor del instrumento:** Lenin Alberto Sánchez Ortiz
- 1.2 **Título de la investigación:** "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aporticados de concreto armado mediante curvas de fragilidad en la ciudad de huaraz-2017"

**Datos generales:**

- 1.3 **Ubicación del inmueble:** Av. Pedro Villon – Cerca Cruce Av. San Martín
- 1.4 **Año de construcción:** Año 1991
- 1.5 **Uso de la edificación:** Residencial 03 pisos
- 1.6 **ASPECTOS TECNICOS:**

**ASPECTOS TECNICOS**

Elementos	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclopeo zapatas de 1.00x1.00
Techo	Losa aligerada 20cm
Columnas	0.30x0.20
Vigas	0.30x0.40

Deficiencias de la estructura	Otros problemas
<b>Problemas de Ubicación</b> Se encuentra ubicado en suelo Grava y arena de diversa graduación con resistencia a compresión de 1.0 a 1.2 Kg/Cm <sup>2</sup>	Armaduras expuestas y corroídas en el segundo piso
<b>Problemas estructurales</b> Probable Asentamientos Fisuras en columnas y vigas	Estado actual Bueno
<b>Resistencia del concreto</b> Columnas 210 Kg/cm <sup>2</sup> Vigas      210 Kg/cm <sup>2</sup>	

Apellidos y nombres del validador: Ing. Taboada Rodríguez Jeovana

Grado académico: Ingeniero Civil

Institución donde labora: Consultor Independiente

VALORACION DE APLICABILIDAD: **VULNERABLE MODERADAMENTE**





### Ficha técnica de recopilación de información

1.1 **Autor del instrumento:** Lenin Alberto Sánchez Ortiz

1.2 **Título de la investigación:** "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aporticados de concreto armado mediante curvas de fragilidad en la ciudad de huaraz-2017"

**Datos generales:**

1.3 **Ubicación del inmueble:** Plazuela Belen – Altura Jr. Juan Olivera

1.4 **Año de construcción:** 1989

1.5 **Uso de la edificación:** Importante comercial

**ASPECTOS TECNICOS:**

**ASPECTOS TECNICOS**

Elementos	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclopeo zapatas de 1.20X1.20
Techo	Losa aligerada 20cm
Columnas	0.30x0.20
Vigas	0.30x0.50

<p><b>Deficiencias de la estructura</b></p> <p>Problemas de Ubicación</p> <p>Suelo limo arcilloso presencia de nivel freatico con resistencia a compresion de 0.7 a 0.8Kg/Cm2</p> <p><b>Problemas estructurales</b></p> <p>Existe posibilidad de asentamientos</p> <p>Concreto presencia de cangrejera</p> <p><b>Resistencia del concreto</b></p> <p>Columnas 210 Kg/cm2      Vigas      210 Kg/cm2</p>	<p><b>Otros problemas</b></p> <p>Fisuras en muros</p> <p>Estado actual Regular</p>
---	--

Apellidos y nombres del validador: Ing. Taboada Rodríguez Jeovana

Grado académico: Ingeniero Civil

Institución donde labora: Consultor Independiente

VALORACION DE APLICABILIDAD: **VULNERABLE SEVERAMENTE**



### Ficha técnica de recopilación de información

1.1 **Autor del instrumento:** Lenin Alberto Sánchez Ortiz

1.2 **Título de la investigación:** "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones aporticados de concreto armado mediante curvas de fragilidad en la ciudad de huaraz-2017"

**Datos generales:**

1.3 **Ubicación del inmueble:**Alameda Grau-Frente Iglesia San Francisco

1.4 **Año de construcción:** 1982

1.5 **Uso de la edificación:** Importante 03 pisos

**ASPECTOS TECNICOS:**

**ASPECTOS TECNICOS**

Elementos	Características
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclopeo zapatas de 1.00X1.00
Techo	Losa aligerada 20cm
Columnas	0.30x0.20
Vigas	0.30x0.60

Deficiencias de la estructura	Otros problemas
Problemas de Ubicación	Armaduras expuestas y corroidas en el tercer piso
Se encuentra ubicado en suelo limo arcilloso presencia Nivel Freatico con resistencia a compresion de 0.80 a 1.00 Kg/Cm2	
<b>Problemas estructurales</b>	Estado actual Regular
Probable Asentamientos	
Fisuras en columnas y vigas	
<b>Resistencia del concreto</b>	
Columnas 210 Kg/cm2      Vigas      210 Kg/cm2	

Apellidos y nombres del validador: Ing. Dennys Leon Ulloa...

Grado académico: Ingeniero Civil

Institución donde labora: Consultor Independiente

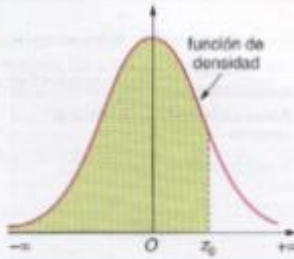
**VALORACION DE APLICABILIDAD: VULNERABLE SEVERAMENTE**

## **TABLAS DE DISTRIBUCION NORMAL**

**TABLAS DE DISTRIBUCION  
NORMAL**

**TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL  $N(0, 1)$**

$P(Z \leq z_0) = \left[ \begin{array}{c} \text{Área del recinto} \\ \text{coloreado} \end{array} \right]$

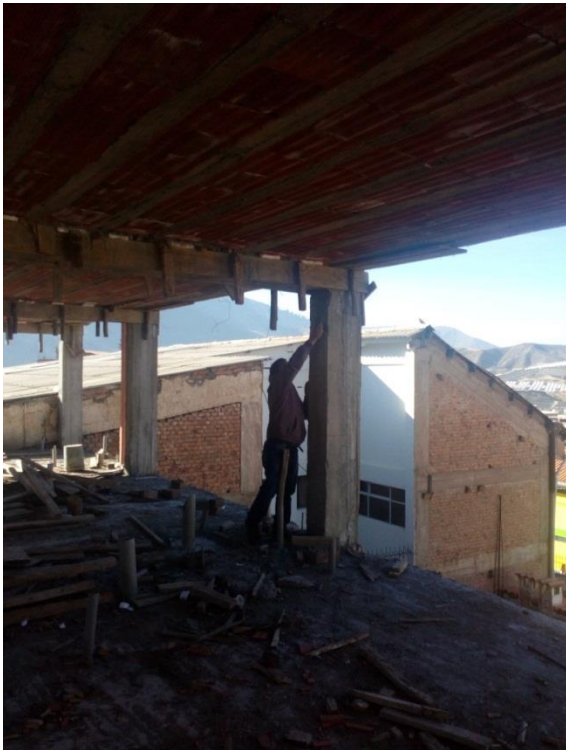


$z_0$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9646	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998
3.6	.9998	.9998	.9999	.9999	.9999	.9999	.9999	.9999	.9999	.9999

zi	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
-3,3	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
-3,2	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010	0,0010
-2,9	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014	0,0013
-2,8	0,0025	0,0024	0,0024	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019	0,0019
-2,7	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0046	0,0045	0,0043	0,0042	0,0041	0,0040	0,0039	0,0037	0,0036	0,0035
-2,5	0,0062	0,0060	0,0058	0,0057	0,0055	0,0053	0,0052	0,0050	0,0049	0,0047
-2,4	0,0081	0,0079	0,0077	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0067	0,0065	0,0063
-2,3	0,0107	0,0104	0,0101	0,0099	0,0096	0,0093	0,0091	0,0088	0,0086	0,0084
-2,2	0,0139	0,0135	0,0132	0,0128	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0178	0,0174	0,0170	0,0165	0,0161	0,0157	0,0153	0,0150	0,0146	0,0142
-2,0	0,0227	0,0222	0,0216	0,0211	0,0206	0,0201	0,0196	0,0192	0,0187	0,0183
-1,9	0,0287	0,0280	0,0274	0,0268	0,0261	0,0255	0,0249	0,0244	0,0238	0,0232
-1,8	0,0359	0,0351	0,0343	0,0336	0,0328	0,0321	0,0314	0,0307	0,0300	0,0293
-1,7	0,0445	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0400	0,0392	0,0383	0,0375	0,0367
-1,6	0,0547	0,0536	0,0526	0,0515	0,0505	0,0494	0,0484	0,0474	0,0464	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0642	0,0630	0,0617	0,0605	0,0593	0,0582	0,0570	0,0559
-1,4	0,0807	0,0792	0,0778	0,0763	0,0749	0,0735	0,0721	0,0707	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0950	0,0934	0,0917	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0837	0,0822
-1,2	0,1150	0,1131	0,1112	0,1093	0,1074	0,1056	0,1038	0,1020	0,1002	0,0985
-1,1	0,1356	0,1334	0,1313	0,1292	0,1271	0,1250	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170

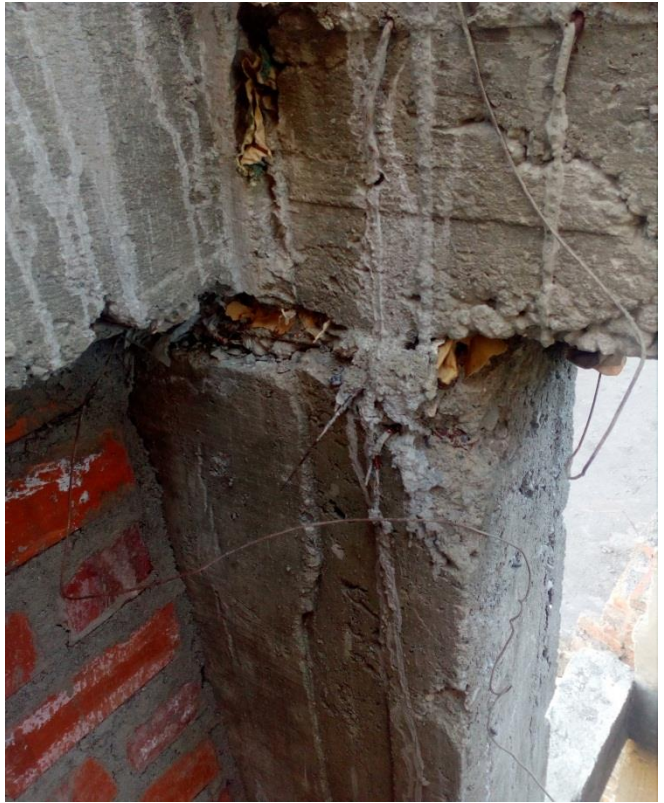
# **INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**





Se muestra la edificaciones en proceso constructivo y la toma de datos de las dimensiones de los elementos estructurales



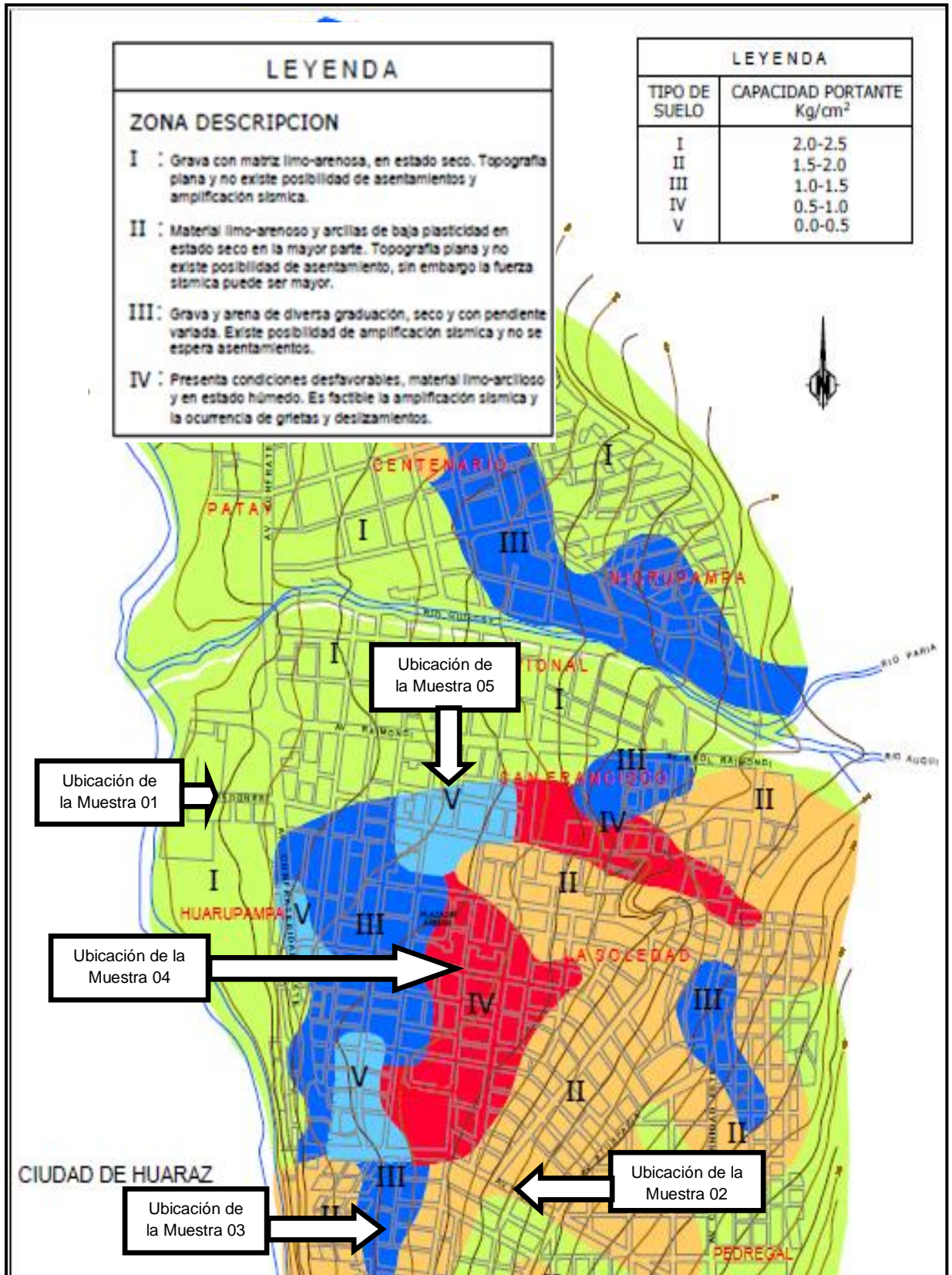


Fotografía N° 02 Se muestra las uniones de los elementos estructurales de las muestras y la forma de presentación de las estructuras de porticos

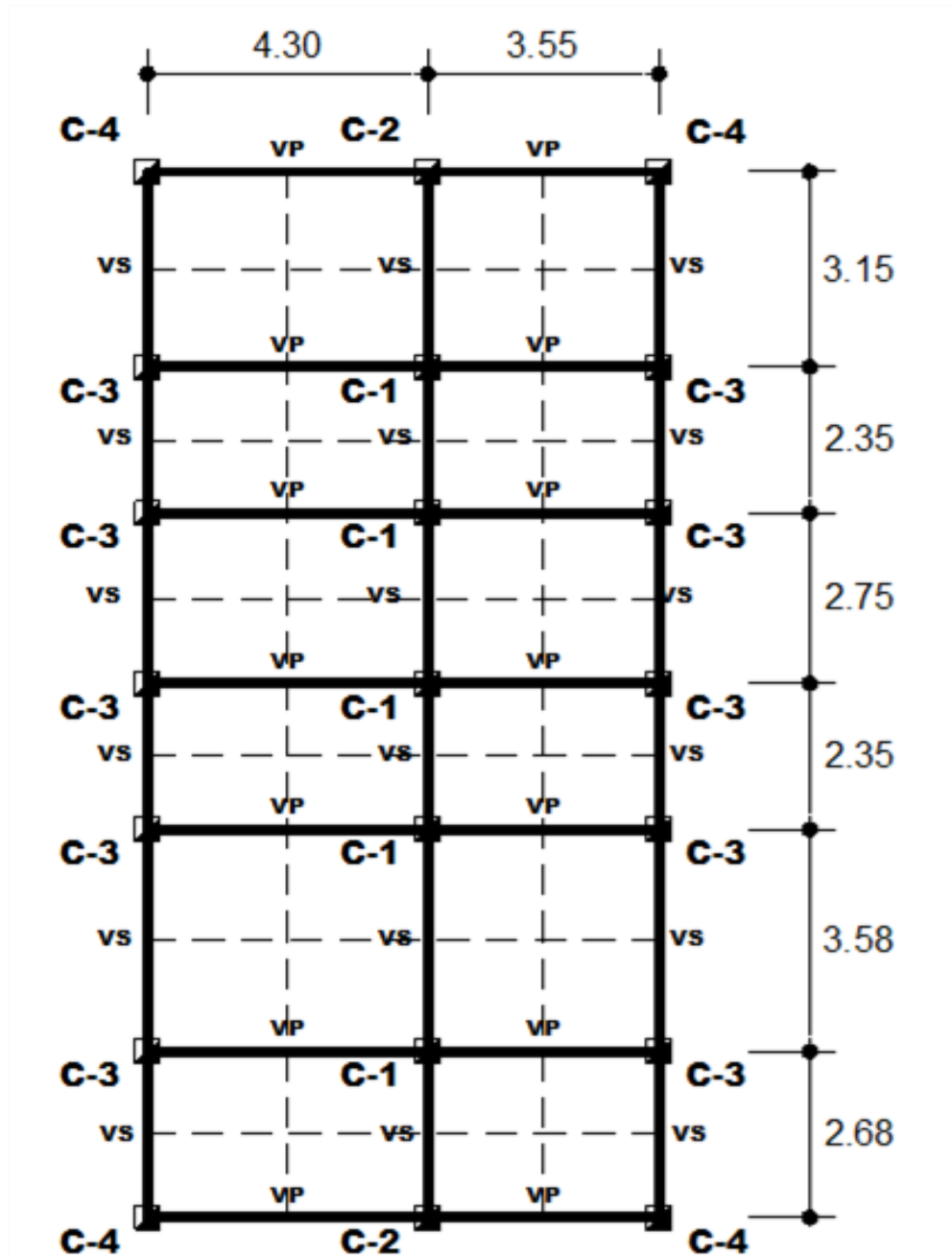


## MAPAS Y PLANOS

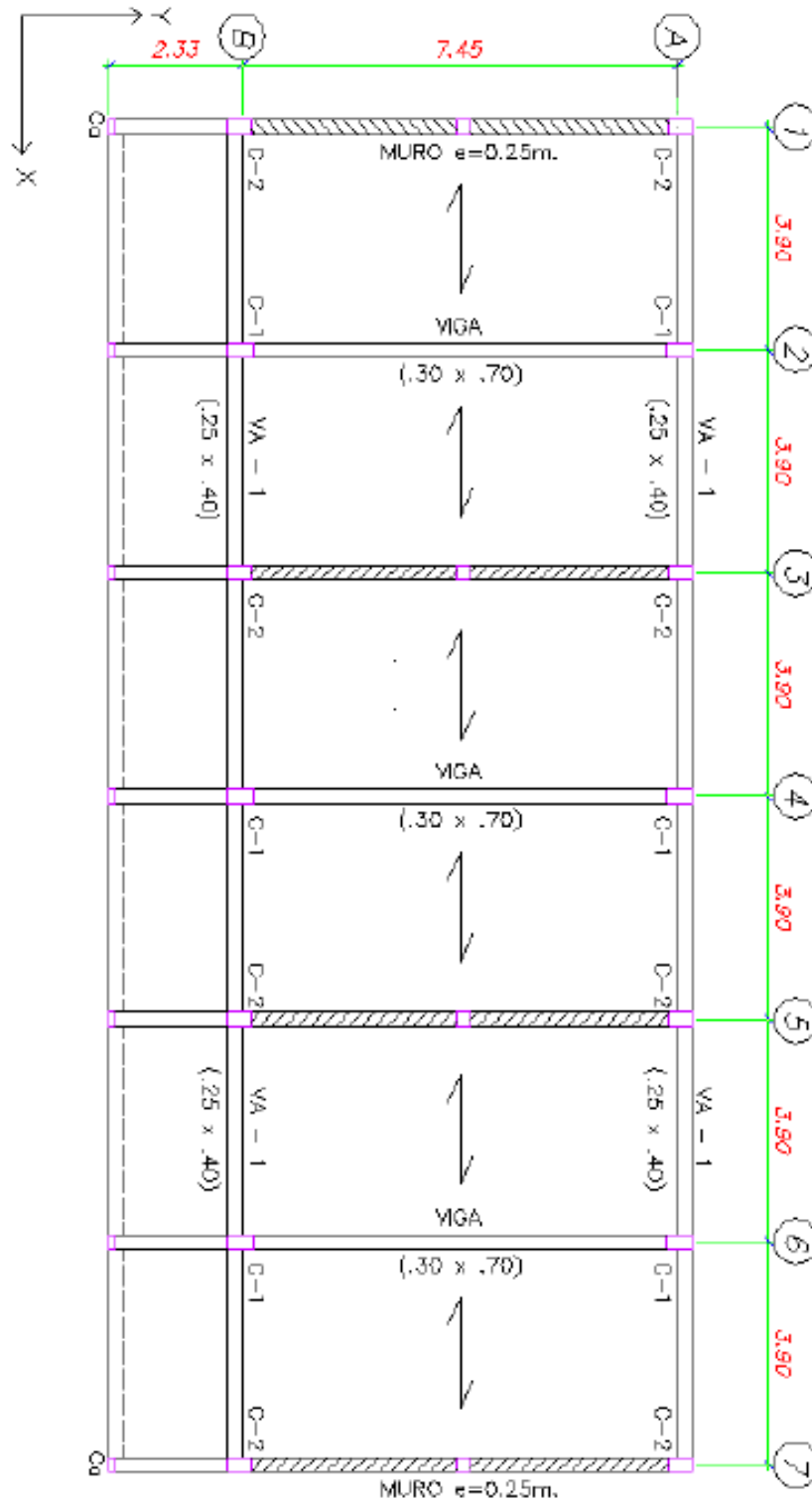
**Mapa de Tipos de Suelo Huaraz**



Fuente INDECI Estudios de Microzonificación Sísmica Huaraz (Ordoñez 1984)



Planta Típica de las muestras de uso Residencial



Planta Típica de la muestra de uso Importante





# **REGISTRO DE EXCAVACIONES-PERFIL DEL SUELO**

### REGISTRO DE EXCAVACIONES - PERFIL SUELO

Proyecto	: PER/02051 CIUDADES SOSTENIBLES	Calicata N°	: C -9
Estadio	: Mapa de Peligros de la Ciudad de Huaraz	Ubicación	: Urb. R. Pampa
Desig. de Área	: Distrito Restauración (Huaraz)	Profund. de Excavación	: 1.80 m.
Método de Excavación	: Manual - Calicata	Nivel Freático	: Superior a 2.50m.
Formulado	: M.H.C.	Fecha	: Noviembre 2003

#### CALICATA C-9 ( Urb.Rosas Pampa-Altura Prolong. Av.Bolognesi )

PROFUND. (MTS.)	TIPO DE EXCAVAC.	MUESTRA	SIMB.	CARACTERISTICA DEL MATERIAL	CLASIFICACION S.U.C.S.
1,80	Calicata a cielo abierto	M-9		Relleno de Material CANTO RODADO matrix arena - ligero % de limo - Compacto	GW
				Potente Estrato de Suelo Aluvional Canto Rodado	GW



ING. MANUEL HERMOZA CONDE  
 C.I.P. 11246 - CONSULTOR MECANICA DE SUELOS  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ING. MANUEL HERMOZA CONDE  
C.I.P. 11101 - CONSULTOR MECÁNICA DE SUELOS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### REGISTRO DE EXCAVACIONES - PERFIL SUELO

Proyecto	: PER/02051 CIUDADES SOSTENIBLES	Calicata N°	: C -1
Estudio	: Mapa de Peligros de la Ciudad de Huaraz	Ubicación	: Av. Pedro Villón
Desig. de Área	: Distrito Restauración (Huaraz)	Profund. de Excavación	: 1.80 m.
Método de Excavación	: Manual - Calicata	Nivel Freático	: No se ubicó
Formulado	: M.H.C.	Fecha	: Noviembre 2003

#### CALICATA C-1 ( Av. Pedro Villón-Lateral Hospital Regional Av. Luzuriaga )

PROFUND. (MTS.)	TIPO DE EXCAVAC.	MUESTRA	SIMB.	CARACTERÍSTICA DEL MATERIAL	CLASIFICACION S.U.C.S.
0.50	Calicata a cielo abierto			Relleno Material - Desmonte - Grava Media - Arena	
1.80	Calicata a cielo abierto	M-1		Material Aluvional - Grava con matriz de Arcilla - Limo - Media a Alta Compacidad No se ubicó Nivel Freático - Media Plasticidad.	GW
				Potente Estrato de Suelo Aluvional	GW

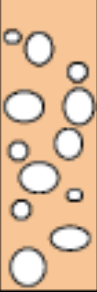

ING. MANUEL HERMOZA CONDE  
C.I.P. 11101 - CONSULTOR MECÁNICA DE SUELOS  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



### REGISTRO DE EXCAVACIONES - PERFIL SUELO

Proyecto	: PER#2051 CIUDADES SOSTENIBLES	Calicata N°	: C-4
Estudio	: Mapa de Peligros de la Ciudad de Huaraz	Ubicación	: Av. Pedro Villón
Desig. de Área	: Distrito Restauración (Huaraz)	Profund. de Excavación	: 1.60 m.
Método de Excavación	: Manual - Calicata	Nivel Freático	: Superior a 3.00m.
Formulado	: M.H.C.	Fecha	: Noviembre 2003

#### CALICATA C-4 ( Av. Pedro Villón - Cerca cruce Av. San Martín )



PROFUND (MTS.)	TIPO DE EXCAVAC.	MUESTRA	SIMB.	CARACTERISTICA DEL MATERIAL	CLASIFICACION S.U.C.S.
0,30	Calicata a cielo abierto			Suelo Tierra de Cultivo con % de grava Canto Rodado	
1,30	Calicata a cielo abierto	M-4		Suelo grava Canto Rodado con arena - % de limos - Semicompacto a Compacto - No se ubicó el Nivel Freático	GW
				Potente Estrato de Suelo Aluvial - Grava Canto Rodado	GW

ING. MANUEL HERMOZA CONDE  
C.L.P. 11146 - CONSULTOR MECANICA DE SUELOS  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

### REGISTRO DE EXCAVACIONES - PERFIL SUELO

Proyecto	: PER/02051 CIUDADES SOSTENIBLES	Calicata N°	: C-2
Estado	: Mapa de Peligros de la Ciudad de Huaraz	Ubicación	: Plazuela Belén
Desig. de Área	: Distrito Restauración (Huaraz)	Profund. de Excavación	: 1.60 m.
Método de Excavación	: Manual - Calicata	Nivel Freático	: 1.25 m.
Formulado	: M.H.C.	Fecha	: Noviembre 2003

#### CALICATA C-2 ( Plazuela Belén - Altura Jr. Juan Olivera )


PROFUND. (MTS.)	TIPO DE EXCAVAC.	MUESTRA	SIMB.	CARACTERISTICA DEL MATERIAL	CLASIFICACION S.U.C.S.
0,20				Capa Tierra Cultivo - Vegetal Húmeda Semicompacta.	
1,60	Calicata a cielo abierto	M-2		Arena Arcillosa con % de Limo - Semicompacta - Ligera Humedad - Media a Alta Plasticidad - Se ubicó el Nivel de Agua a 1.25 mts.	SC
				Potente Estrato de Arcilla Arenosa - Media a Alta Plasticidad - Saturado	CH

ING. MANUEL HERMOZA CONDE  
C.I.P. 11241 CONSULTOR MECANICA DE SUELOS  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

### REGISTRO DE EXCAVACIONES - PERFIL SUELO

Proyecto	: PER02051 CIUDADES SOSTENIBLES	Calicata N°	: C-11
Estudio	: Mapa de Peligros de la Ciudad de Huaraz	Ubicación	: Alameda Graú
Desig. de Area	: Distrito Restauración (Huaraz)	Profund. de Excavación	: 1.90 m.
Método de Excavación	: Manual - Calicata	Nivel Freático	: Superior a 3.00m.
Formulado	: M.H.C.	Fecha	: Noviembre 2003

#### CALICATA C-11 ( Alameda Graú-Frente Iglesia San Francisco)

PROFUND. (MTS.)	TIPO DE EXCAVAC.	MUESTRA	SIMB.	CARACTERISTICA DEL MATERIAL	CLASIFICACION S.U.C.S.
0,40	Calicata a cielo abierto			Suelo Tierra Vegetal - Arena Limosa % de Arcilla	
1,90	Calicata a cielo abierto	M-11		Arena Limosa con % de grava Canto Rodado - Ligero % de Limos - Media Plasticidad - No se ubicó Nivel Freático	SM

ING. MANUEL HERMOZA CONDE  
C.I.P. 11241 - CONSULTOR MECANICA DE SUELOS  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS