



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:**

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN  
EDUCATIVA EMBLEMÁTICA “NUESTRA SEÑORA  
DE LAS MERCEDES” USANDO EL MÉTODO DEL  
ESPECTRO DE CAPACIDAD”.**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
CARLOS ARTURO PAREDES CHURA**

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

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios

A mis padres quienes me apoyaron moralmente en el proceso de mi formación profesional.

**Carlos A. Paredes Chura**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad ALAS PERUANAS por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mis Asesores de Tesis al Msc. Ing. José Luis Villavicencio Guardia y al Mg. Zócimo E. Castillo Lovatón por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimientos profesionales.

**Carlos A. Paredes Chura**

## RESUMEN

El presente trabajo, que tiene por nombre: "Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática **Nuestra Señora de las Mercedes** usando el método del Espectro de Capacidad", se ha centrado en la aplicación de un método de análisis no-lineal para determinar la respuesta estructural de la edificación en mención.

La estructura principal fue diseñada como dual en la dirección X y albañilería armada o confinada en la dirección Y de acuerdo al RNE (análisis dinámico lineal); en ese sentido, y aprovechando que en la actualidad se han desarrollado métodos de análisis no-lineal que dan cuenta de una mejor aproximación a la respuesta real de las estructuras, se vio conveniente llevar a cabo esta evaluación para calificar la competencia de la estructura ante la demanda por sismo.

Como herramienta principal de análisis se usó el **Método del Espectro de Capacidad**, descrito a detalle en la documentación del ATC-40, con una alternativa de metodología en la búsqueda del punto de desempeño de la estructura. Esta alternativa usada (ASCE 41-13 NSP) ayudó a verificar si las coordenadas del punto de desempeño (en ambas direcciones principales del análisis) basadas en el método original mostraban valores coherentes.

De los resultados más resaltantes se desprendieron algunas de las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Se ha determinado que la estructura en dirección X, se encuentra dentro de un nivel de desempeño ante una demanda sísmica de "Seguridad de Vida", quiere decir que se espera daño significativo en componentes estructurales y no estructurales; por lo tanto, se tendría que reforzar las columnas del primer piso, pues estas presentan muy poco acero de refuerzo en su diseño y por consiguiente eliminar la formación de rótulas plásticas, ante esta demanda por sismo. En

dirección Y, se encuentra dentro de un nivel de desempeño ante una demanda sísmica de "Prevención del colapso" (CP), quiere decir que no solamente se espera daño significativo en componentes estructurales y no estructurales sino que las pérdidas humanas no sean de gran magnitud, que la estructura difícilmente podrá ser reparada y no es segura para la reocupación; por lo tanto, se tendría que reforzar las columnas del primer piso, pues estas presentan muy poco acero de refuerzo en su diseño y por consiguiente eliminar la formación de rótulas plásticas, ante esta demanda por sismo.

Se recomienda llevar a cabo un proyecto de reforzamiento de la estructura que apunte a reducir el nivel de posibles daños estructurales, a fin de evitar futuras paralizaciones en las funciones básicas para los que el edificio está destinado.

## SUMMARY

The present work, which bears the name: "Structural Evaluation of the Emblematic Educational Institution of Our Lady of the Mercedes using the Capacity Spectrum Method", has focused on the application of a non-linear analysis method to determine the structural response of the building in mention.

The main structure was designed as dual in the X direction and reinforced masonry or confined in the Y direction according to the RNE (linear dynamic analysis); In this sense, and taking advantage of the fact that methods of non-linear analysis have been developed that show a better approximation to the real response of the structures, it was convenient to carry out this evaluation to qualify the competence of the structure before the demand for earthquake.

The Capability Spectrum Method, described in detail in the ATC-40 documentation, was used as the main analysis tool, with an alternative methodology in the search for the performance point of the structure. This used alternative (ASCE 41-13 NSP) helped to verify if the coordinates of the performance point (in both principal directions of the analysis) based on the original method showed consistent values.

Some of the following conclusions and recommendations emerged from the most outstanding results.

It has been determined that the structure in X direction, is within a performance level before a seismic demand of "Life Safety", meaning that significant damage is expected in structural and non-structural components; therefore, the columns of the first floor would have to be reinforced, since these have very little reinforcing steel in their design and consequently eliminate the formation of plastic joints, in response to this demand for earthquakes. In the Y direction, it is within a level of performance in response to a seismic demand of "Prevention of collapse" (CP), meaning that not

only significant damage is expected in structural and non-structural components but that human losses are not major magnitude, that the structure can hardly be repaired and is not safe for reoccupation; therefore, the columns of the first floor would have to be reinforced, since these have very little reinforcing steel in their design and consequently eliminate the formation of plastic joints, in response to this demand for earthquakes.

It is recommended to carry out a project to reinforce the structure aimed at reducing the level of possible structural damage, in order to avoid future stoppages in the basic functions for which the building is intended.

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN .....	III
SUMMARY .....	V
ÍNDICE .....	VII
INTRODUCCIÓN .....	X
CAPÍTULO I .....	1
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	1
1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.2.1 ESPACIAL.....	4
1.2.2 TEMPORAL.....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.1 PROBLEMA GENERAL .....	5
1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	5
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL .....	6
1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	7
1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	7



---

1.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	7
1.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	7
1.6.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	7
1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
1.7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.7.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.7.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	9
1.7.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	9
1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
1.8.1 POBLACIÓN .....	9
1.8.2 MUESTRA.....	10
1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	10
1.9.1 TÉCNICAS .....	10
1.9.2 INSTRUMENTOS.....	10
1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.10.1 JUSTIFICACIÓN .....	10
1.10.2 IMPORTANCIA .....	11
CAPÍTULO II .....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
2.2 BASES TEÓRICAS .....	17
2.2.1 ANÁLISIS SÍSMICO BASADO EN FUERZAS.....	17
2.2.2 ANÁLISIS SÍSMICO BASADO EN MÉTODOS NO LIENALES.....	21
2.2.3 MÉTODO DEL ESPECTRO DE CAPACIDAD .....	34

---

---

2.2.4 OBTENCIÓN DEL ESPECTRO DE DEMANDA.....	38
2.2.5 OBTENCIÓN DEL PUNTO DE DESEMPEÑO.....	38
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	45
CAPÍTULO III.....	49
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	49
3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	49
3.1.1 ASPECTOS GENERALES.....	49
3.1.2 CALIDAD DEL INSTRUMENTO. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	50
3.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.....	53
3.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA I.E.E. "NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES" (EDIFICIO EXISTENTE PABELLÓN N° 04).....	53
3.2.2 VARIABLE INDEPENDIENTE: USANDO EL MÉTODO DE ESPECTRO DE CAPACIDAD.....	74
CAPÍTULO IV.....	85
PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	85
4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL.....	88
4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	90
CAPÍTULO V.....	98
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	102
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	103
ANEXOS.....	108

---

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está enfocado en mostrar la importancia de los métodos actuales de análisis estructural recurriendo a procedimientos no lineales que ayudan a comprender, de manera más clara, el posible desempeño de una estructura. Este "desempeño" se ve reflejado en la "capacidad" que tiene el sistema estructural para comportarse ante la "demanda" sísmica incursionando en el intervalo inelástico y respondiendo con un cierto nivel de daños según ciertos criterios de aceptación.

Pero, además de discutir ciertos fundamentos importantes para la comprensión de dichos procedimientos de análisis no-lineales, se vio por conveniente aplicar una de estas metodologías en la evaluación de una de las estructuras más importantes en nuestro medio. La edificación que es objeto de estudio en este trabajo, corresponde a uno de los edificios que es el Pabellón N° 04 que componen la Infraestructura de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

Por eso los investigadores están en la búsqueda constante de metodologías y herramientas que nos permitan modelar y hacer posible el análisis estructural cada vez más cercanas a como ocurren en la realidad. Dos de esas metodologías son por ejemplo las que nos presentan el ATC-40 y FEMA-356 que aunque ya tienen algunos años de haber sido publicadas, todavía no se les está dando la debida importancia.

El territorio del Perú es un escenario de múltiples peligros debido a su compleja conformación geológica y geodinámica muy activa, asociada a la complicada configuración morfológica y topográfica que influye notablemente en la variabilidad climática que, bajo la influencia del cambio climático global, da lugar al incremento de la frecuencia e intensidad de los eventos potencialmente destructivos.

Los terremotos son el peligro mayor en nuestro país. La actividad sísmica en el Perú tiene un amplio desarrollo cuyo origen está relacionado con las condiciones tectónicas regionales, locales y las condiciones locales de los suelos que determinan la aceleración y la severidad de sacudimiento, que a su vez van a tener notable influencia sobre las estructuras.

La presente tesis está dividida en V capítulos, en el capítulo I se presenta el planteamiento metodológico, en el capítulo II se presenta el marco teórico, las bases teóricas de la curva de capacidad de la estructura, el análisis estático no lineal, el análisis dinámico no lineal, en el capítulo III se toca la presentación de resultados de acuerdo a la Norma E-020, E-030, en el capítulo IV se presenta el proceso de contraste de hipótesis y en el capítulo V se presenta la discusión de resultados, las conclusiones, recomendaciones y fuentes de información.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Tavera (2007), afirma:

La actividad sísmica presente en el Perú tiene su origen en el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, el mismo que se produce con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (De Mets et al, 1980; Norabuena et al, 1999). Este proceso es responsable de la ocurrencia de los sismos que con diversas magnitudes se producen frente a la línea de costa y a profundidades menores a 60 km (Dorbath et al, 1990a; Tavera y Buforn, 2001), todos asociados al contacto sismogénico interplaca. Estos sismos son muy frecuentes en el tiempo y en un año es posible registrar la ocurrencia de hasta 60 sismos con magnitudes  $M \geq 4.5$  y en general, todos sentidos en las localidades cercanas al epicentro. Los sismos de mayor magnitud ( $M_w > 7.0$ ) han producido importantes daños en áreas relativamente muy grandes como el ocurrido en la región Sur de Perú el 23 de junio de 2001 ( $M_w = 8.2$ ) que afectó un área de 370x70 km ubicada entre las localidades de Ático (Arequipa) e Ilo (Moquegua). En el interior del continente ocurren sismos con menor magnitud ( $M_w < 6.5$ ) y frecuencia, todos asociados directamente a la deformación de la corteza como producto de la convergencia de placas. (p.5)

Marín (2012), afirma:

La Ciudad de Huánuco a pesar de estar ubicada en una zona de sismicidad media, se caracteriza por albergar edificaciones en su mayoría de adobe y tapial, lo que incrementa el riesgo sísmico debido a una alta vulnerabilidad de las mismas, pudiendo generar cuantiosos daños materiales y pérdida de vidas humanas.

(...) el borde occidental de América del sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca (oceánica) bajo la placa Sudamericana (continental), generando frecuentemente terremotos de magnitud considerable. Un segundo tipo de actividad sísmica está producido por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con sismos menores en magnitud y frecuencia. La distribución y origen de los terremotos en el Perú han sido tema de diversos estudios utilizando datos a fin de estudiar la geometría de la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Los Andes son un claro ejemplo de cordillera formada como resultado del proceso de subducción de una placa oceánica bajo una continental. Esta cordillera se extiende a lo largo del continente sudamericano, desde Venezuela hasta el sur de Chile. (p.1)

Minedu (2013), nos hace referencia que:

Los primeros colegios de concreto armado fueron creados durante los años del 1910, las grandes unidades escolares fueron creadas durante los años 1950, los colegios modernos se basaron a partir de los años 1960, las Instituciones Educativas Emblemáticas se crearon a partir del 2009 – 2010 en adelante.

Paredes (2016), afirma:

En los años 80, se empezaron a desarrollar métodos que proporcionaban guías para el diseño y reforzamiento considerando el comportamiento inelástico de algunas estructuras típicas, usando algunas simplificaciones lineales. Ciertos

documentos como el FEMA-356 y el ATC-40 contienen procedimientos simplificados que incorporan el análisis estático no-lineal con el objeto de estimar de una forma más real el desempeño de las estructuras. Por tanto, constituyen un avance con relación a las técnicas tradicionales de análisis lineal con espectros reducidos. (p.17)

ATC-40 (1996), afirma:

Los procedimientos de análisis no lineales simplificados que utilizan métodos de cambio de presión, como el método del espectro de capacidad y el método del coeficiente de desplazamiento, requieren la determinación de tres elementos primarios: capacidad, demanda (desplazamiento) y rendimiento. (p.157)

"El ATC-40 considera tres niveles sísmicos los cuales son: Sismo de Servicio, Sismo de Diseño y Sismo Máximo" (Gadillo, 2005, p.30).

Purca (2012), afirma:

El método de coeficiente de desplazamiento según FEMA 356 provee un proceso numérico directo para calcular el desplazamiento de demanda. Este método no requiere convertir la curva de capacidad a coordenadas espectrales. El ámbito de aplicación se limita a edificios regulares, es decir, que no tengan efectos torsionales o influencia de modos mayores. (p.1)

Tavera (2007), afirma:

El sismo de Pisco corresponde al de mayor magnitud ocurrido en la región central de Perú en los últimos 100 años (7.9Mw), y se caracterizó por presentar un proceso muy complejo de ruptura con evidente propagación unilateral en dirección SE. Los daños producidos por el sismo fueron mayores en la ciudad de Pisco y localidades aledañas afectando básicamente a viviendas de adobe y quincha, y viviendas de material noble con problemas estructurales. La intensidad máxima

evaluada en la escala de Mercalli Modificada para la ciudad de Pisco fue de VII.  
(p.24)

Frente a este problema de la **Evaluación Estructural**, con el fin de proteger y cuidar las vidas humanas pertenecientes a las **Instituciones Educativas Emblemáticas de la Ciudad de Huánuco**, me propongo realizar una **Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el Método de espectro de Capacidad**, específicamente de la edificación existente que es el Pabellón N°04 en la Ciudad de Huánuco, en lo cual se realizará un estudio descriptivo y práctico, de las condiciones actuales y reales de resistencia y estabilidad de la edificación en estudio.

## 1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1 Espacial

El presente trabajo se está abocando, únicamente, a entender cuál sería el posible comportamiento de la estructura, tal como fue diseñada (análisis y diseño elástico de acuerdo al R.N.E.), en caso de ser sometida a una demanda por sismo moderado. Para esto se utilizará un método de análisis estructural no-lineal que dé cuenta sobre el posible mecanismo de falla y el nivel de daños que se pudiera alcanzar en caso de un sismo moderado.

La presente propuesta de investigación se llevará a cabo en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas.

### 1.2.2 Temporal

La evaluación centra la atención, únicamente, en el estudio de la estructura correspondiente al Pabellón N°04. Este edificio tiene un área aproximadamente de 241.75 m<sup>2</sup> y es de forma rectangular, tiene una altura total de 14.14 m, cuenta con tres pisos y no muestra irregularidades en su dirección vertical.



Para el patrón de cargas usado en el desarrollo de la curva de capacidad (Pushover), se usará una distribución de fuerzas basada en las proporciones descritas en la forma modal predominante para cada dirección de análisis.

El análisis se efectuará tomando como base de estudio el periodo comprendido entre los años 2017 – 2018.

## **1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Problema General**

- ¿De qué manera influye llevar el uso del método de Espectro de Capacidad en la evaluación estructural de la Institución Educativa Emblemática **Nuestra Señora de las Mercedes**, en la Ciudad de Huánuco?

### **1.3.2 Problemas Específicos**

- ¿Cómo se determina el Desempeño de la estructura por el uso de un método de análisis no lineal?
- ¿Cómo se derivan conclusiones sobre la necesidad de reforzamiento de la estructura según el nivel de daño esperado, en el análisis, debido a la demanda sísmica?
- Analizar los resultados obtenidos de acuerdo a la Norma Técnica E.030 actualizada "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Llevar a cabo la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" (Edificación Existente Pabellón N°04) usando el método del Espectro de Capacidad.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el Desempeño de la estructura por el uso de un método de análisis no lineal.
- Derivar conclusiones sobre la necesidad de reforzamiento de la estructura según el nivel de daño esperado, en el análisis, debido a la demanda sísmica.
- Analizar los resultados obtenidos de acuerdo a la Norma Técnica E.030 actualizada "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## **1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Hipótesis General**

- El método de Espectro de Capacidad mejorará la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" edificación existente Pabellón N°04.

## 1.5.2 Hipótesis Específicas

- La Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el método de Espectro de Capacidad, (edificación existente Pabellón N°04) reforzará la auto seguridad de los estudiantes de dicha Institución Educativa Emblemática.
- La Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el método de Espectro de Capacidad, (edificación existente Pabellón N°04) fortalecerá la estructura de la Institución Educativa Emblemática ante futuros eventos sísmicos.
- La Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el método de Espectro de Capacidad (edificación existente Pabellón N°04) reducirá significativamente las pérdidas humanas ante futuros eventos sísmicos.

## 1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1 Variable Independiente

Método de Espectro de Capacidad.

### 1.6.2 Variables Dependientes

Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

### 1.6.3 Operacionalización de Variables

**Tabla 1.1**

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
DEPENDIENTE	La Evaluación Estructural es de suma importancia especial porque son imprescindibles para la seguridad y prevención de vidas humanas, lo cual se busca evaluar el comportamiento sísmico de la Edificación Existente del Pabellón N° 04 de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", mediante el método de Espectro de Capacidad que tienen su base en el análisis estático y dinámico no lineal	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	Determinación de la Operatividad de la Edificación
		COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	Estrategias de Rediseño de la Edificación
INDEPENDIENTE	La Evaluación Estructural es de suma importancia especial porque son imprescindibles para la seguridad y prevención de vidas humanas, lo cual se busca evaluar el comportamiento sísmico de la Edificación Existente del Pabellón N° 04 de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", mediante el método de Espectro de Capacidad que tienen su base en el análisis estático y dinámico no lineal	SEGURIDAD	Objetivos de Rendimiento
		CALIDAD DE VIDA	Método del Coeficiente del Desplazamiento
		NORMATIVIDAD	Análisis Sísmico No Lineal

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## 1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1 Tipo de Investigación

La investigación es de tipo pre experimental, a un nivel descriptivo. Es aplicada, ya que tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, la investigación pretende actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. Y es descriptivo, ya que describirá los hechos y fenómenos tal como se encuentran en la realidad sin modificar el comportamiento de los mismos.

### 1.7.2 Nivel de Investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo, explicativo y correlacionado.

### 1.7.3 Métodos de Investigación

Los principales métodos que se utilizaron en la investigación fueron: síntesis, deductivo, descriptivo, estadístico, entre otros.

### 1.7.4 Diseño de Investigación

La presente investigación corresponde a diseños no experimentales, en su modalidad de investigación descriptiva. Se optó por el siguiente prototipo:

M ← E

Donde:

"M" es la muestra, a quien se va hacer el estudio.

"E" proceso de estudio de la Evaluación Estructural.

## 1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.8.1 Población

Por la naturaleza de la investigación, la población es no probabilística si no por conveniencia y se ha considerado en forma intencional y directa La Evaluación Estructural de una Edificación Existente de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de Las Mercedes" en la Ciudad de Huánuco, debido a que se puedan presentar a futuro eventos sísmicos, además para salvaguardar la seguridad de la humanidad.

## **1.8.2 Muestra**

La muestra estuvo comprendida por la Evaluación Estructural de una Edificación Existente de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de Las Mercedes" del Pabellón N°04 en la Ciudad de Huánuco.

## **1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **1.9.1 Técnicas**

Para la recolección de datos de la presente investigación, se empleará la técnica de encuestas, entrevistas, observación directa, toma de fotografías, etc.

### **1.9.2 Instrumentos**

Los instrumentos a emplear para la recopilación de datos son la computadora, fichas, cuestionarios, entrevistas, etc.

## **1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.10.1 Justificación**

La justificación del presente trabajo está abocada, únicamente, a entender cuál sería el posible comportamiento de la estructura; tal como fue diseñada, en caso de ser sometida a una demanda por sismo moderado. Para esto se utilizará un método de análisis estructural no-lineal que dé cuenta sobre el posible mecanismo de falla y el nivel de daños que se pudiera alcanzar en caso de un sismo moderado.

La Investigación surge ante la necesidad de establecer medios, los cuales valoren la diversidad enmarcada en el porqué de un proceso estructural basado en

una organización sistemática, la cual facilita de una u otra manera los procedimientos de gestionar independientemente el proceso objetivo para especificar la importancia de una acción mediante una propuesta, la misma sirva de fuente en proporcionar una visión general sobre la importancia de una **Evaluación Estructural** de concreto armado para la edificación **Existente de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el método del Espectro de Capacidad.**

### 1.10.2 Importancia

La importancia del estudio está orientada en establecer argumentos que valorizan el objeto principal de precisar una opción en la cual se establezcan los procedimientos para alcanzar la disposición de gestionar los medios dentro del diseño de la investigación para precisar un factor congruente a las exigencias del tema pautado en Ingeniería Civil.

Por otra parte, desde el punto de vista teórico-práctico, el estudio va a garantizar el propósito de establecer criterios que valorizan la importancia de presentar una propuesta basada en una evaluación estructural de una edificación existente de concreto armado, aplicando el método de espectro de capacidad.

A tal efecto, la investigación va a propiciar un beneficio institucional y social, la evaluación estructural es un factor necesario de acuerdo a las exigencias de facilitar a la población y a los estudiantes de la Institución Educativa Emblemática una estructura o planta física que se ajuste a las normas estructurales vigentes.

El proyecto de tesis se justifica académicamente porque permitirá aplicar procedimientos y metodologías para realizar el diseño por desempeño y análisis sísmico no-lineal estático más práctico para el ingeniero estructurista.

El presente trabajo está enfocado en mostrar la importancia de los métodos actuales de análisis estructural recurriendo a procedimientos no lineales que ayudan a comprender, de manera más clara, el posible desempeño de una

---

estructura. Este "desempeño" se ve reflejado en la "capacidad" que tiene el sistema estructural para comportarse ante la "demanda" sísmica incursionando en el intervalo inelástico y respondiendo con un cierto nivel de daños según ciertos criterios de aceptación.

Pero, además de discutir ciertos fundamentos importantes para la comprensión de dichos procedimientos de análisis no-lineales, se vio por conveniente aplicar una de estas metodologías en la evaluación de una de las estructuras más importantes en nuestro medio. La edificación que es objeto de estudio en este trabajo corresponde a uno de los edificios existentes que es el Pabellón N°04 que componen la Infraestructura de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

La estructura actual cuenta con tabiquería de albañilería que está aportando a la resistencia estructural de alguna manera en su comportamiento, cabe preguntarse cómo respondería la estructura tal como fue planeada, en caso de que la albañilería fuera separada de la estructura actual. De los planos de diseño con los que se cuenta, se observa que la estructura fue concebida como un sistema dual en la dirección X y albañilería armada o confinada en la dirección Y; en este contexto sería relevante llevar a cabo un estudio que dictamine sobre la capacidad de la estructura original para establecer conclusiones y recomendaciones que apunten a asegurar su continuo funcionamiento, sobre todo tratándose de una estructura que sirve a las funciones de una Institución Educativa Emblemática. Estas fueron las razones que motivaron el desarrollo del presente estudio.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Guevara (2006), afirma:

Conocer el comportamiento de una estructura ante demandas sísmicas es de mucha importancia, sobre todo en aquellas que se encuentran construidas o que se piensan construir en zonas de fuerte actividad sísmica. La cedencia de los elementos y fallas que se producen cuando la demanda sísmica es mayor que la capacidad estructural, ponen de manifiesto la necesidad de evaluar las estructuras utilizando métodos modernos, en los cuales se toma en cuenta el desempeño por sismo de las edificaciones, considerando un posterior comportamiento no lineal de los materiales.

Las características no lineales de los materiales se incorporan directamente en un análisis de Pushover, que inicialmente se realizó para modelos bidimensionales, pero con el paso del tiempo fue evolucionando trascendiendo en su aplicación a los modelos espaciales. Las limitaciones y desventajas que inicialmente tenía la aplicación del método, se fueron reduciendo con los cambios que sufrió la técnica de Pushover, como por ejemplo la técnica del Pushover controlados y no controlados, el uso del patrón de cargas laterales y el patrón de desplazamientos en lugar de fuerzas, han logrado que el método adquiera ventajas en su aplicación. (p.76)

ATC-40 (1996), afirma:

Los procedimientos de análisis no lineales simplificados que utilizan métodos de cambio de presión, como el método del espectro de capacidad y el método del coeficiente de desplazamiento, requieren la determinación de tres elementos

---

primarios: capacidad, demanda (desplazamiento) y rendimiento. Cada uno de estos elementos se discute brevemente a continuación. (p.154)

(...) El desplazamiento de la demanda en el método del espectro de capacidad se produce en un punto del espectro de capacidad denominado punto de rendimiento. Este punto de rendimiento representa la condición para la cual la capacidad sísmica de la estructura es igual a la demanda sísmica impuesta a la estructura por el movimiento de tierra especificado. (p.162)

Guevara (2006), afirma:

El análisis estático no lineal es una alternativa muy práctica para encontrar la respuesta sísmica de una estructura, en lugar de un análisis no lineal dinámico que sería lo más adecuado, pero que a la vez es bastante complejo. El análisis no lineal estático, es un gran avance en comparación con la forma de análisis actual que utiliza la teoría lineal. (p.77)

Chicas (2015), afirma:

Para realizar un análisis estático no lineal debe definirse los patrones de cargas que se aplicarán al edificio, así como los posibles modos de falla y su ubicación, para luego generar la curva de capacidad de la estructura.

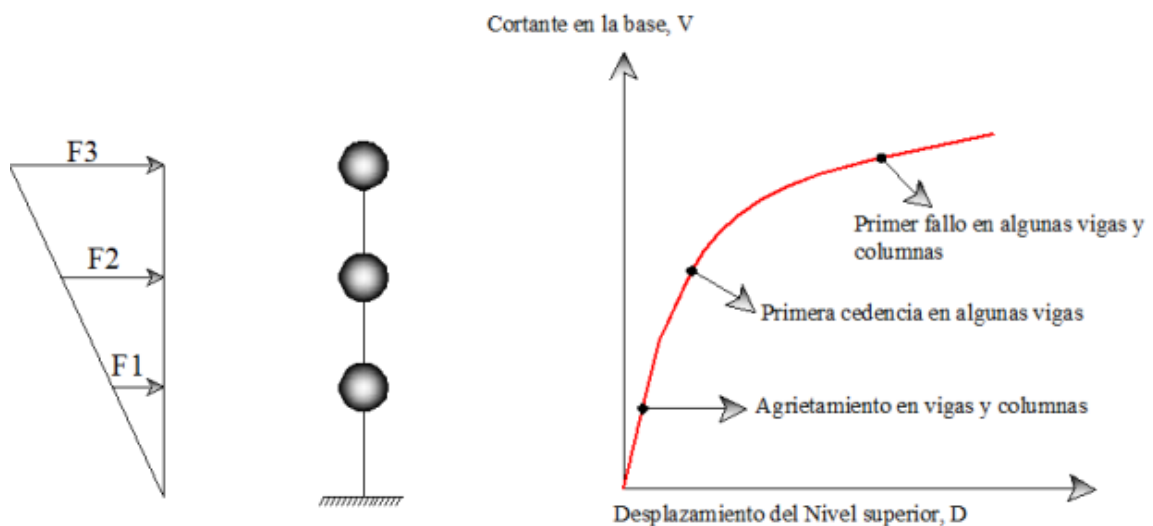
(...) Se debe definir al menos 2 patrones de carga diferentes, aproximándose a las fuerzas inerciales que ocurrirán ante un evento sísmico. (p.121)

Valencia (2012), afirma:

El análisis Pushover involucra un análisis inelástico de la estructura considerada, bajo un incremento gradual de vectores de fuerza o desplazamientos, representando el patrón de fuerzas de inercia o desplazamientos de respuesta en la estructura. Tiene la habilidad de modelar la formación, y rotación plástica de

rótulas plásticas en la estructura, y por lo tanto puede ser de gran valor en la verificación del diseño.

El Análisis Pushover Tradicional tiene en cuenta el aporte del primer modo de vibración, considerado dominante por poseer, generalmente, el mayor factor de participación modal. Un aspecto importante en la aplicación de esta metodología es la construcción de la curva de capacidad de la edificación. Esta curva se obtiene empujando el edificio horizontalmente mediante una distribución de carga predefinida, la cual se incrementa paso a paso hasta alcanzar un valor máximo de desplazamiento en el último piso, o el colapso de la estructura. (p.23-24)



**Figura 2.1.** Esquema del método Pushover. Valencia, 2012.

Villanueva (2009), afirma:

Para poder llevar a cabo el análisis estático no lineal es necesario crear un estado de carga estático, que contemple la acción de las cargas gravitacionales, FEMA 356 (FEMA, 2000) permite utilizar la ecuación 4.1 en el caso que las sollicitaciones sísmicas y los efectos de la gravedad sean combinados.

$$Q_G = 1.1 * (Q_D + Q_L + Q_S) \tag{4.1}$$

Donde:

Q<sub>D</sub>: Carga muerta.

Q<sub>L</sub>: Carga viva efectiva, equivalente al 25 % de la sobrecarga de uso no reducida.

Q<sub>s</sub>: Carga de nieve efectiva, para la presente tesis Q<sub>s</sub> = 0. (p.55)

Fajardo (2012), afirma:

El uso del concepto de ductilidad, así conocido, nos dio la posibilidad de diseñar con fuerzas reducidas y, más adelante, hablar de criterios de control de daños en la estructura debido a la demanda sísmica.

Ya con el pasar del tiempo se ha visto que, a pesar de que algunas estructuras fueron diseñadas con capacidades inferiores a las que requerirían para que se comportase elásticamente durante la acción sísmica, estas estructuras respondieron con deformaciones inelásticas (en algunos de sus elementos componentes) de manera que sobrevivieron al sismo con ciertos niveles de daño. Sin embargo, también se han visto casos en los que algunas estructuras han desarrollado niveles de deformaciones inelásticas que representan daños severos y la reducción significativa de la resistencia de la estructura. (p.10)

(...) el diseño sísmico estructural ha sido basado, fundamentalmente, por fuerzas. Pero, en la actualidad diseñamos estructuras para niveles de fuerza, debido a sismos, menores a los que se obtendrían en un análisis netamente elástico; esto ocurre porque entendemos que un buen diseño estructural es aquel que posee comportamiento dúctil y se puede deformar inelásticamente sin pérdida considerable de su resistencia. Esto implica en algunos casos daño, pero no colapso. (p.11)

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Análisis sísmico basado en fuerzas

Aguilera (2011), afirma:

De acuerdo con el procedimiento actual de diseño basado en fuerzas, la práctica en el diseño sísmico es que para un espectro de respuesta de aceleración elástica de diseño y para una estimación del periodo estructural, la aceleración de respuesta elástica es determinada. Entonces esta se reduce mediante un factor de fuerzas para obtener una aceleración de diseño modificada. Usando la aceleración de diseño reducida, se determina la fuerza de diseño basándose en la segunda ley de Newton. Se hace una revisión de desplazamientos después de que los miembros estructurales satisfagan el requerimiento de fuerzas.

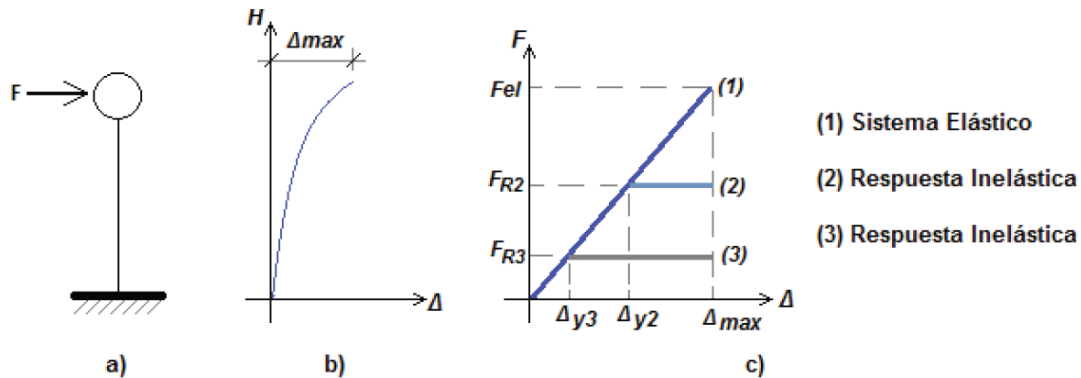
(...) El enfoque basado en fuerzas para el diseño de estructuras sismo resistentes esbozado en la mayoría de los reglamentos de construcciones implica la aplicación de un factor que reduce las fuerzas, que ocurrirían si los edificios permanecen elásticos durante el sismo de diseño, a niveles más bajos, basándose en la ductilidad inherente de los elementos estructurales del edificio. Se supone que la ductilidad, o sea la capacidad de los elementos para deformarse después de la fluencia sin rotura, permite a los edificios resistir la diferencia entre las fuerzas reducidas que se usan para el diseño y los efectos reales del sismo a nivel de diseño. (p.3)

Fajardo (2012), afirma;

Por la importancia de algunas estructuras, éstas han de requerir que su diseño y análisis sea del tipo lineal elástico. Estas estructuras de respuesta elástica no requieren una metodología muy complicada al enfrentar su análisis y/o diseño, puesto que se espera que respondan según la teoría básica de la elasticidad.

---

Sin embargo, para una estructura con respuesta inelástica se observa que los niveles de resistencia última son afectados por un factor de reducción,  $R_2$  o  $R_3$ , relativo al nivel de respuesta elástico, según se muestra en la Figura 2.2. Ésta es una simplificación, dicho factor de reducción trata de incorporar la propiedad inelástica que, se sabe, posee el sistema luego de que se alcanza ciertos niveles de demanda. (p.11)



**Figura 2.2.** Idealización del Sistema Estructural. a) Sistema de un grado de libertad. b) Perfil de deformación. c) Relación Fuerza-Desplazamiento en el tope de la estructura. Fajardo, 2012.

Fajardo (2012), afirma:

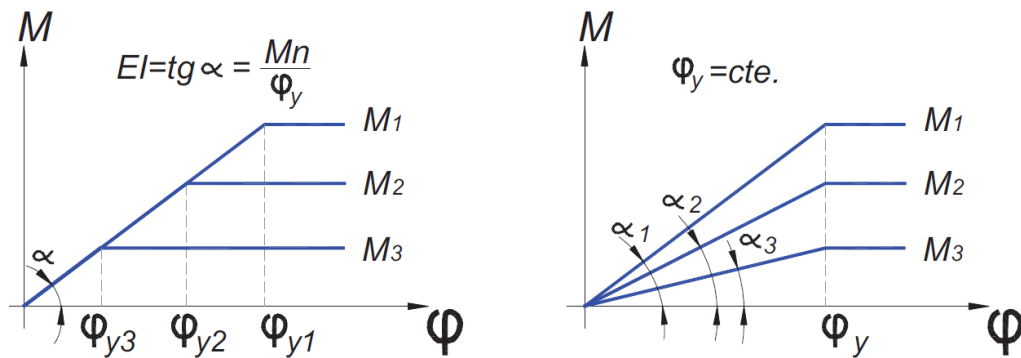
Algunos problemas con el diseño sísmico basado en fuerzas

Un problema fundamental con el diseño basado en fuerzas, particularmente cuando tratamos con estructuras de concreto y mampostería reforzada, es la selección apropiada de los miembros que aportan rigidez. La rigidez de un miembro o componente está basada, comúnmente, en la geometría de la sección transversal y, en otras ocasiones, por consideraciones de agrietamiento. Claramente, el valor de la rigidez asumida afecta significativamente el diseño por fuerzas.

Tradicionalmente asumimos que la rigidez es independiente de la resistencia para una sección dada. Para examinar esta suposición consideremos la rigidez a flexión, la cual puede ser adecuadamente estimada de la relación momento-curvatura, en concordancia con la ecuación de la viga:  $EI=Mn/\phi y$ .

Donde  $M_n$  es la capacidad de momento nominal y  $\phi_y$  es la curvatura de fluencia, basada en la representación bi-lineal del momento-curvatura. (p.12)

La suposición de la rigidez constante de un miembro implica que la curvatura es directamente proporcional a la resistencia por flexión (ver Figura 2.3). Sin embargo, análisis detallados y evidencia experimental muestran que esta suposición es inválida; siendo la rigidez sensiblemente proporcional a la resistencia y la curvatura de fluencia esencialmente independiente de la resistencia, para una sección dada (ver Figura 2.3).



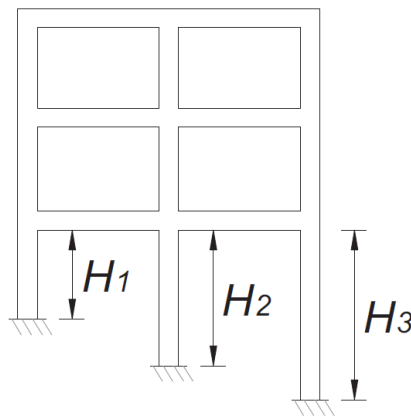
**Figura 2.3.** Influencia de la resistencia en la relación momento-curvatura. Izquierda: Hipótesis usualmente asumida en el diseño. Derecha: Condición realista. Fajardo, 2012.

Como consecuencia de esto, no es posible obtener un resultado exacto del periodo elástico del sistema ni de la distribución elástica de la resistencia de la estructura hasta que la resistencia de cada uno de sus componentes estructurales haya sido calculada previamente con el cuidado del caso.

(...) Un principio clave en el diseño basado en fuerzas, en la práctica común, es que un único valor del factor de reducción de la fuerza sísmica puede ser asignado para distintos sistemas estructurales que tienen en común la misma tipología. Así, dependiendo del código de diseño que se esté usando, factores de reducción de 8 y 4 podrían ser usados para sistemas de pórticos de concreto armado y albañilería, respectivamente. Sin embargo, esta práctica podría resultar inapropiada cuando enfrentamos sistemas complejos como el que se muestra en la Figura 2.4. (p.13)

En la Figura 2.4, se muestra un sistema aporticado con elementos que poseen la misma sección geométrica, aunque podrían tener distintos refuerzos. Como se puede comprobar fácilmente, la columna de altura  $H_1$ , en el primer piso, va a tomar más fuerza cortante que el resto de las columnas del mismo nivel ante la acción de fuerzas laterales. Dependiendo de la exigencia que las cargas aplicadas impongan sobre la estructura, dicha columna podría llegar a sufrir una degradación importante en su rigidez y, de esta manera, dejaría de ser un elemento que aporta a la rigidez lateral del sistema, mientras las otras columnas siguen en pie para soportar la acción de las cargas persistentes.

Ante la demanda sísmica algunas columnas (como las más cortas) van a presentar mayor rigidez lateral que otras y van a presentar menor capacidad de ductilidad por desplazamiento. Por tanto, el uso de un único valor de reducción de la fuerza sísmica "R" podría estar obviando esta diferencia de comportamiento entre las columnas más cortas y las más largas. Sin embargo, se deberían tener claras las diferencias que existen entre los distintos elementos para comportarse como parte de una estructura global. (p.14)



**Figura 2.4.** Esquema de un sistema estructural tipo aporticado con elementos que poseen distintas rigideces laterales. Fajardo, 2012.

Suarez (2009), afirma:

El diseño sismorresistente se ha basado tradicionalmente en fuerzas, esto es una consecuencia de cómo se diseña para otro tipo de sollicitaciones tales como



cargas gravitacionales y de viento. No obstante, es ampliamente reconocido que la resistencia que se da a la estructura tiene menor importancia en el diseño sismorresistente. Si la estructura tiene menor resistencia que la demandada por las cargas gravitacionales, la estructura colapsa, sin embargo, si la resistencia es menor que la demandada por el sismo, la estructura fluye, dañándose, disipando energía y si ha sido diseñada adecuadamente no colapsa.

El diseño basado en fuerzas utiliza factores de reducción de resistencia para controlar el daño en la estructura, se considera que a mayor resistencia menor daño. La rigidez es asumida independiente de la resistencia que se proporciona a la estructura y el período de vibración es estimado sin consideración de la resistencia al inicio del proceso de diseño. La acción sísmica es reducida mediante la aplicación de factores de reducción de fuerza que varían extensamente entre los códigos de distintos países e implican que todas las estructuras de un mismo tipo pueden alcanzar los mismos niveles de ductilidad, sobre-resistencia y redundancia. Las acciones sísmicas son distribuidas en función de la rigidez inicial de la estructura, ignorando la re-distribución de rigidez debida a la formación de las rótulas plásticas y el método de superposición modal es utilizado considerando que las fuerzas de los modos altos de vibración se reducen igual que las del modo fundamental. En este documento se demuestra que el DBF, tiene falencias que conducen a estructuras con vulnerabilidad variable. (p.48)

### **2.2.2 Análisis sísmico basado en métodos no lineales**

Pinzón (2015), afirma:

Aunque el análisis estático no lineal se ha incluido solo recientemente en las disposiciones de diseño y construcción de edificaciones, el procedimiento en sí mismo no es nuevo y ha sido utilizado durante muchos años tanto en investigación como en aplicaciones de diseño. Por ejemplo, el análisis no lineal estático ha sido utilizado durante muchos años como metodología estándar en el diseño de estructuras para plataformas marinas para efectos hidrodinámicos, y ha sido

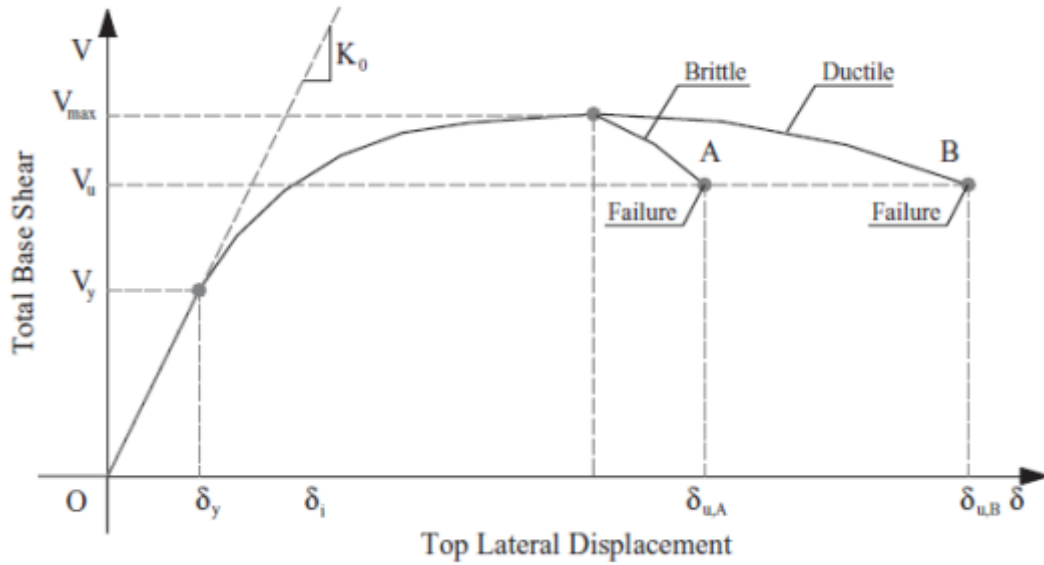
---

adoptado recientemente en varias metodologías estándar para la evaluación y rehabilitación sísmica de edificaciones, incluyendo los criterios recomendados de diseño sísmico de edificios con estructuras de acero resistente a momentos (FEMA-350, 2000a), Pre-estándar y comentarios para la rehabilitación sísmica de edificios (FEMA 356, 2000b) y evaluación sísmica y mejoramiento de edificios (ATC 40, 1996). El análisis no lineal estático constituye el fundamento para los procedimientos de estimación de pérdidas por sismos contenida en HAZUS (NIBS, 1999), que es el modelo de estimación de pérdidas sísmicas de la oficina de atención de desastres norteamericana (FEMA). Aunque no aparece explícitamente en el reglamento, la metodología del análisis no lineal estático también constituye la base para los procedimientos de la fuerza lateral equivalente contenido en las disposiciones para estructuras aisladas en la base y estructuras con disipadores de energía. (p.13)

## **Ductilidad y tipos de ductilidad**

Marte (2014), afirma:

Es la habilidad de un elemento o sistema estructural de deformarse más allá del límite elástico con aceptable reducción de la rigidez y resistencia. En la figura 2.5, se establece una comparación entre la respuesta estructural de una estructura dúctil y frágil. En la figura, las curvas A (estructura frágil) y curva B (estructura dúctil), muestran la relación cortante-desplazamiento para sistemas estructurales con la misma rigidez y resistencia, pero con distinto postpico comportamiento inelástico. Estructuras frágiles fallan a pocas deformaciones inelásticas después de alcanzar su resistencia máxima. El colapso de estas estructuras es repentino y no avisan. Opuestamente, las estructuras dúctiles son capaces de mantener mayor cantidad de deformación inelástica luego de haber alcanzado el pico más alto de resistencia a cortante, manteniendo la rigidez y resistencia en rangos aceptables. (p.15)



**Figura 2.5.** Definición de ductilidad estructural (Elnashai & Di Sarno, 2008). Marte, 2014.

La mayoría de las estructuras son diseñadas por razones económicas para comportarse inelásticamente bajo fuertes terremotos. Las amplitudes de respuesta de terremoto inducidas por vibraciones, dependen del nivel de energía de disipación de las estructuras, el cual es una función de su habilidad para absorber y disipar energía a través de deformaciones dúctiles. Ha sido estudiado que para aceleraciones de 0.5g a 1.0g y para energía de disipación baja, las estructuras pueden desarrollar tensiones que corresponden a grandes cargas laterales (Housner, 1956). Consecuentemente, tales estructuras deben ser diseñadas para resistir fuerzas laterales de la misma proporción a sus pesos para permanecer en el rango elástico. Esto es antieconómico en todas las aplicaciones prácticas, con excepción de las plantas nucleares, plataformas de alta mar, etc. (p.16)

Fajardo (2012), afirma:

El cálculo de la ductilidad de la estructura global podría ser llevado a cabo mediante un **análisis estático incremental (Pushover)** o por medio de análisis dinámicos, que son más complejos en su desarrollo, pero más confiables. En algunos casos, en los que se opta por los análisis estáticos, se suele idealizar el comportamiento global como un mecanismo rígido-plástico. Pero, a pesar de ser

más sencillo, el análisis estático incremental está sujeto a varias suposiciones que el ingeniero estructural deberá enfrentar para obtener la mejor idealización.

Así, los siguientes tipos de ductilidad referidas a la capacidad de la estructura y de sus elementos componentes se pueden distinguir:

- Ductilidad del material (o ductilidad axial), la cual caracteriza las deformaciones plásticas del material.
- Ductilidad de la sección transversal (o ductilidad de curvatura), la cual es referida a las deformaciones de la sección donde se considera el aporte e interacción entre los materiales que componen dicha sección.
- Ductilidad de los miembros (o ductilidad de rotación), la cual es referida a las propiedades de cada miembro componente de la estructura.
- Ductilidad de la estructura (o ductilidad de desplazamiento), la cual considera el comportamiento de la estructura global.

Así se tiene claro, por ejemplo, que, si se espera que un elemento de concreto armado se comporte de manera dúctil, pues por lo menos alguno de los materiales que lo componen ha de tener dicha propiedad. Se sabe que un elemento con buen confinamiento lateral (por medio de estribos o zunchos), en las zonas de mayor sollicitación, muestra un incremento importante en la capacidad de ductilidad. Se conoce también que un elemento con carga axial reduce su capacidad de ductilidad; pero, para niveles bajos de dicha carga axial, puede sufrir un ligero incremento en su resistencia última. Sin embargo, especialmente en el caso de columnas, es necesario contar con un buen detalle del confinamiento lateral cuando dicha carga axial supera el 10% de la capacidad última, para garantizar un mejor comportamiento dúctil de la sección crítica. (p.16-17)

(...) Por otro lado, para evaluar la ductilidad requerida, es necesario recoger la información pertinente referida a las condiciones de sitio. En ocasiones, dependiendo del nivel de coincidencia de los periodos del movimiento del terreno de fundación con los periodos de las estructuras, emplazadas sobre dichos terrenos, un efecto de amplificación de la ductilidad requerida (de demanda) ha de ser tomado en cuenta. Así, las condiciones de sitio, la distancia a la fuente de excitación y algunos otros factores relacionados a la geografía y geología del suelo, han de influenciar en la ductilidad requerida. (p.17)

TIPO DE DUCTILIDAD	REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA	DEFINICIÓN
DUCTILIDAD DEL MATERIAL (AXIAL)		$\mu_{\epsilon} = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y}$
DUCTILIDAD DE LA SECCIÓN (CURVATURA)		$\mu_x = \frac{X_u}{X_y}$
DUCTILIDAD DEL MIEMBRO (ROTACIÓN)		$\mu_{\theta} = \frac{\theta_u}{\theta_y}$
DUCTILIDAD DE LA ESTRUCTURA (DESPLAZAMIENTO)		$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$

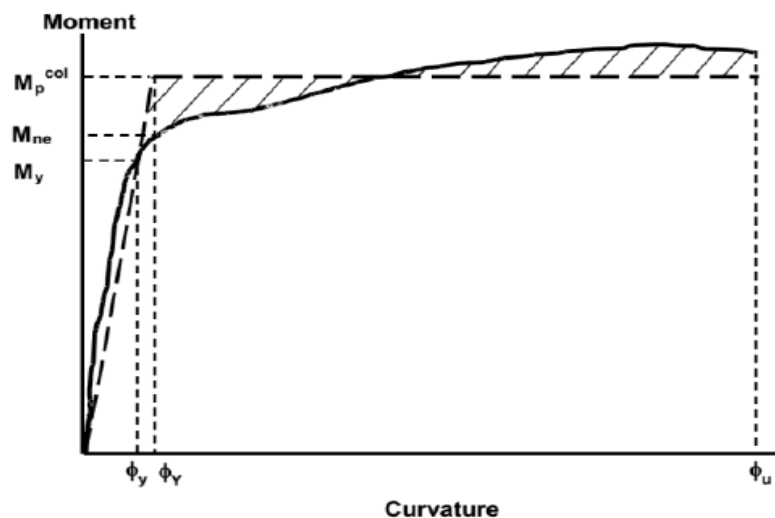
Figura 2.6. Tipos de ductilidad. Fajardo, 2012.

## Relación momento – curvatura

Rodríguez (2015), afirma:

Un diagrama momento-curvatura se debe basar en el comportamiento lo más real posible de los materiales que constituyen la sección. La Agencia para el Transporte del Estado de California (Caltrans) propone idealizar la curva con un diagrama elástico-plástico perfecto, de tal forma que la situación de la rama horizontal plástica quede definida tras representar de forma conjunta la curva ideal y la curva real de tal forma que se iguale el área tanto por encima como por debajo de la recta horizontal ideal. La rama elástica ideal será aquella que pase por el punto que marca la plastificación de la armadura de refuerzo en la curva real. (p.28-29)

En la Figura 2.6 se muestra el concepto descrito.



**Figura 2.7.** Tanto si se quiere usar la curva real como la idealizada es necesario determinar en la curva real el punto donde se produce la plastificación de la armadura. Rodríguez, 2015.

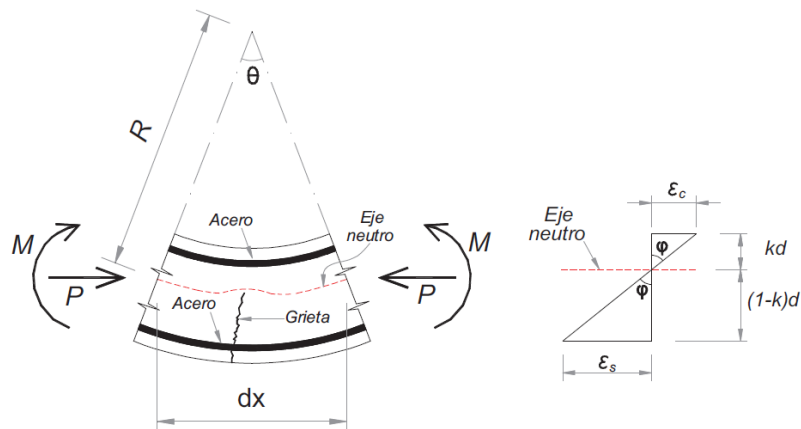
Fajardo (2012), afirma:

La Figura 2.8 muestra un elemento inicialmente recto de un miembro de concreto reforzado con momentos de extremos y fuerzas axiales iguales. El radio

de curvatura  $R$  se mide hasta el eje neutro. El radio de curvatura  $R$ , la profundidad del eje neutro  $kd$ , la deformación del concreto en la fibra extrema a compresión  $\epsilon_c$  y la deformación del acero a tensión  $\epsilon_s$ , varían a lo largo del miembro debido a que entre las grietas el concreto toma cierta tensión.

Considerando únicamente un pequeño elemento de longitud  $dx$  del elemento, las siguientes relaciones proporcionan la rotación entre los extremos del elemento:

$$\theta = \frac{dx}{R} = \frac{\epsilon_c \cdot dx}{kd} \qquad \text{Pero: } \phi = \frac{1}{R} = \frac{\epsilon_c}{kd}$$



**Figura 2.8.** Deformación de un miembro a flexión. Izquierda: Elemento del miembro. Derecha: Distribución de deformaciones unitarias. Fajardo, 2012.

Entonces,  $1/R$  es la curvatura (la rotación por unidad de longitud) y está dada por el símbolo  $\phi$ .

Es posible deducir curvas momento-curvatura para secciones de concreto reforzado con flexión y carga axial, en base a suposiciones semejantes a las utilizadas para la determinación de la resistencia a flexión. Se supone que las secciones planas antes de la flexión permanecen planas después de la flexión y que se conocen las curvas esfuerzo-deformación para el concreto y el acero. Las curvaturas asociadas con un rango de momentos flexionantes y cargas axiales pueden determinarse utilizando estas suposiciones y a partir de los requerimientos de compatibilidad de deformación y equilibrio de las fuerzas.

(...) A partir de las relaciones momento-curvatura es posible calcular la rotación y deflexión de un miembro integrando las curvaturas a lo largo del mismo. Ya que la curvatura se define como la rotación por longitud unitaria del miembro, la relación:

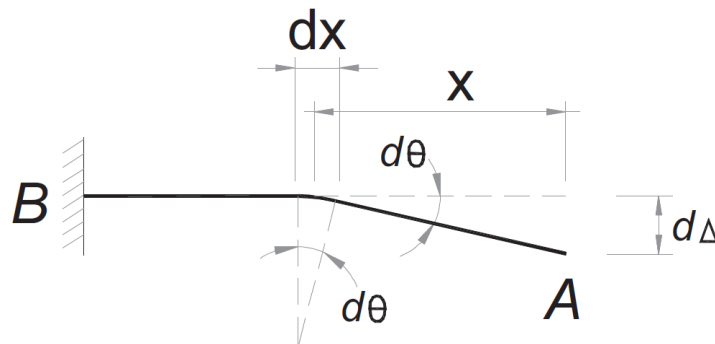
$$\theta_{AB} = \int_A^B \varphi \cdot dx$$

, proporciona la rotación entre dos puntos cualesquiera A y B del miembro en que dx es un elemento de longitud del miembro (ver Figura 2.8).

La rotación dθ es igual a φ·dx, en que φ es la curvatura del elemento. La deflexión transversal dΔ en el punto A, desde la tangente al eje del miembro en el extremo empotrado B, debido a la rotación dθ entre los extremos del elemento, es x·dθ o x·φ·dx. Entonces, la deflexión total entre A y B es:

$$\Delta_{AB} = \int_A^B x \cdot \varphi \cdot dx$$

Cabe notar, en este punto, que las formulaciones mostradas ignoran el efecto del aumento de rigidez de los miembros, debido a la tensión que transmite el concreto entre las grietas, al igual que las deformaciones adicionales provocadas por las grietas a tensión diagonal debidas al cortante y por deslizamiento de adherencia del refuerzo. (p.18 - 19)



**Figura 2.9.** Deflexión debida a deformación por flexión de un elemento. Fajardo, 2012.



## Capacidad, demanda y desempeño de una estructura

Paredes (2016), afirma:

### Niveles de desempeño según la propuesta del ATC-40:

La propuesta del ATC-40 especifica separadamente el nivel de desempeño para la estructura y el nivel de desempeño para los componentes no estructurales de manera que su combinación conduce a la definición del nivel de desempeño de la edificación.

### Nivel de desempeño para la estructura.

Describen los posibles estados de daño sobre la estructura. Para tal fin, se definen tres estados de daño discretos o límites: inmediata ocupación, seguridad y estabilidad estructural, y dos rangos intermedios: daño controlado y seguridad limitada, los cuales se designan con la abreviación SP-n ("Structural Performance", donde n es un número).

SP-1. Inmediata ocupación. - el sistema resistente a cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, puede haber ocurrido daño estructural muy limitado, el peligro a la vida es despreciable y la edificación se mantiene funcionando en su totalidad.

SP-2. Daño Controlado. - corresponde a un estado de daño que varía entre las condiciones límite de inmediata ocupación y seguridad. La vida de los ocupantes no está en peligro, aunque es posible que sean afectados.

SP-3. Seguridad. - puede haber ocurrido daño significativo en la estructura, sin embargo, la mayoría de los elementos estructurales se mantienen. Amenaza a la vida de los ocupantes interiores y exteriores e incluso, puede haber afectados. Costos elevados asociados a las reparaciones estructurales.

SP-4. Seguridad limitada. - corresponde a un estado que varía entre las condiciones límite de seguridad estructural, con alto peligro para los ocupantes.

SP-5. Estabilidad estructural. - corresponde a un estado de daño en el cual el sistema estructural está en el límite de experimentar un colapso parcial o total. Existe un elevado peligro para ocupantes y transeúntes, así como un peligro elevado en caso de réplicas.

SP-6. No considerado. - no corresponde con un nivel de desempeño de la estructura, sino con una condición en la cual solo se incluye una evaluación sísmica de los componentes no estructurales.

#### Nivel de desempeño para los componentes no estructurales:

Describen los posibles estados de daño de los componentes no estructurales. Para tal fin, se definen cuatro estados de daño: operacional, inmediata ocupación, seguridad y amenaza, los cuales se designan con la abreviación NP-n ("Nonstructural Performance", donde n designa una letra).

NP-A. Operacional. - después del sismo, los sistemas, componentes y elementos no estructurales permanecen sin daño y funcionando. Todos los equipos y maquinarias deben permanecer operativos.

NP-B. Inmediata ocupación. - los sistemas, componentes y elementos no estructurales permaneces en su sitio, con pequeñas interrupciones que no comprometen o limitan su funcionamiento. Se mantiene un estado de seguridad para los ocupantes.

NP-C. Seguridad. - contempla considerable daño en sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso o interrupción de los mismos que pueda atentar seriamente contra los ocupantes.

NP-D. Amenaza. - incluye importante daño en los sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso de los grandes y pesados elementos que pongan en peligro a grupos de personas. El peligro a la vida por los daños en componentes no estructurales es alto.

NP-E. No considerado. - no corresponde con un nivel de desempeño de los componentes no estructurales. Por tanto, los niveles de desempeño se obtienen de la apropiada combinación de los niveles de desempeño de la estructura y de los componentes no estructurales. La siguiente tabla muestra las combinaciones propuestas, siendo éstas: Operacional, Inmediata Ocupación, Seguridad y Estabilidad Estructural. (p.38-40)

**Tabla 2.1**

Niveles de Desempeño según ATC-40.

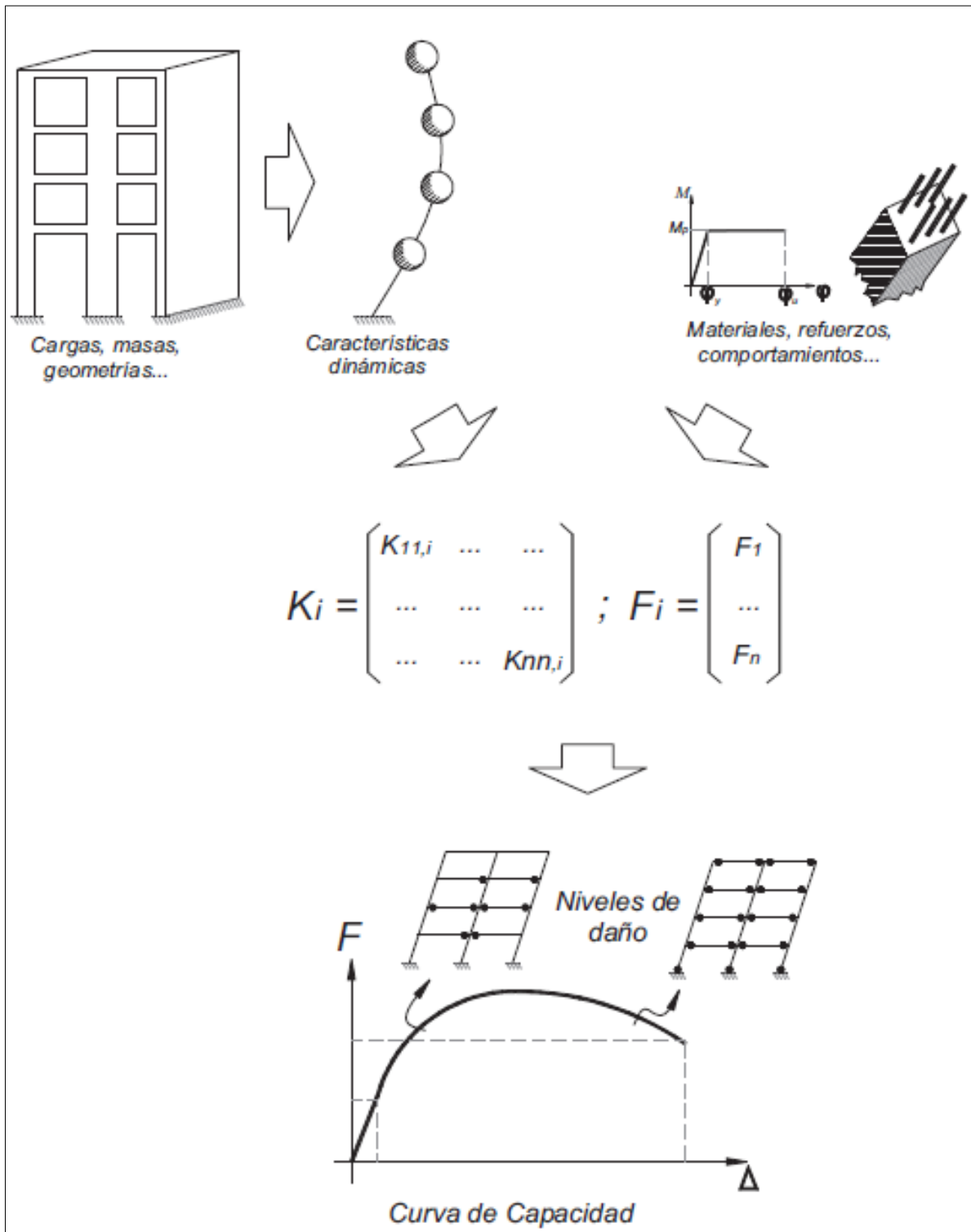
	<i>SP-1 Inmediata Ocupación</i>	<i>SP-2 Daño Controlado (rango)</i>	<i>SP-3 Seguridad</i>	<i>SP-4 Seguridad limitada (rango)</i>	<i>SP-5 Estabilidad Estructural</i>	<i>SP-6 No considerado</i>
<i>NP-A Operacional</i>	<b>1-A Operacional</b>	2-A	NR	NR	NR	NR
<i>NP-B Inmediata Ocupación</i>	<b>1-B Inmediata Ocupación</b>	2-B	3-B	NR	NR	NR
<i>NP-C Seguridad</i>	1-C	2-C	<b>3-C Seguridad</b>	4-C	5-C	6-C
<i>NP-D Amenaza</i>	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
<i>NP-E No Considerado</i>	NR	NR	3-E	4-E	<b>5-E Estabilidad Estructural</b>	No Aplicable

**Fuente:** ATC-40, 1999.

## **Esquema típico del flujo de trabajos a realizar en el análisis no-lineal simplificado**

Fajardo (2012), afirma:

La figura 2.10 se muestra, a manera de ayuda gráfica, el flujo de trabajo a realizarse para encontrar la Capacidad de la estructura. A partir de este punto, existen una variedad de propuestas para encontrar el punto de Desempeño de la misma. Hoy encontramos métodos, como el método N2 (Fajfar, 2000), el método de la estructura sustituta (Chopra & Goel, 1999) o el método del Espectro de Capacidad (ATC-40, 1996), que proponen distintas formulaciones o técnicas para reducir la respuesta estructural a una equivalente de un grado de libertad (1GDL). Para el presente trabajo se ha elegido una de estas, por su práctica aplicación y entendimiento, que será descrita en el capítulo siguiente.



**Figura 2.10.** Pasos típicos a seguir en el análisis no-lineal simplificado. Fajardo, 2012.

### 2.2.3 Método del espectro de capacidad

#### Obtención de la curva de capacidad de la estructura

Delgadillo (2005), afirma:

La Capacidad es la representación gráfica de cuanto una estructura resiste una demanda sísmica. El comportamiento de una estructura depende de la manera en que su Capacidad maneja la Demanda Sísmica. En otras palabras, la estructura debe ser capaz de resistir la demanda del terremoto tal que el comportamiento de la estructura sea compatible con los objetivos de desempeño.

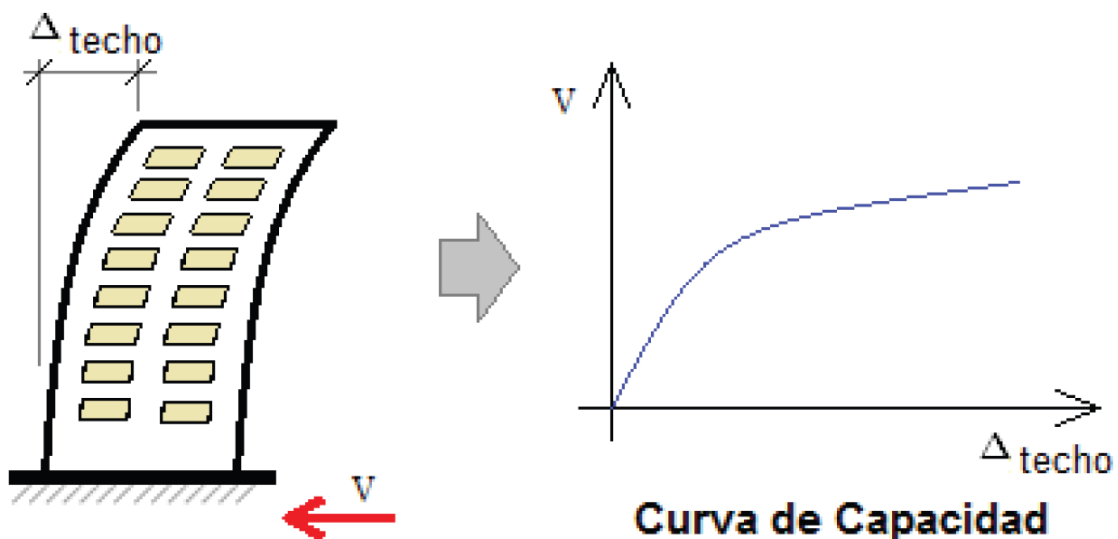
La Capacidad total de una estructura depende de la resistencia y capacidades de deformación de sus componentes individuales. Para determinar la capacidad más allá de los límites elásticos, se requiere de alguna forma del análisis no lineal, tal como el procedimiento Pushover. Este procedimiento usa una serie de análisis elásticos secuenciales, superpuestos para aproximar un diagrama de capacidad fuerza desplazamiento de toda la estructura. El procedimiento se puede resumir en lo siguiente: el modelo matemático de una estructura, inicialmente sin rótulas, es expuesto a fuerzas laterales hasta que algunos elementos alcancen su límite elástico, luego la estructura es modificada para tomar en cuenta la resistencia reducida de elementos donde su capacidad ha sido rebasada y se han producido rótulas. Una distribución de fuerzas laterales es otra vez aplicada hasta que en adicionales elementos se produzcan rótulas. Este proceso se continúa hasta que la estructura se vuelva inestable o hasta que un predeterminado límite sea alcanzado. La curva de capacidad Pushover aproximadamente nos indica como la estructura se comporta después de exceder su límite elástico. (p.13-14)

Fajardo (2012), afirma:

Existen varios niveles de sofisticación que podrían ser usados para el análisis Pushover. A continuación, se mencionan algunas alternativas de análisis:

---

- Simplemente, aplicar una fuerza singular horizontal concentrada a nivel del tope (la parte más alta) de la estructura. Esto es razonable, generalmente, en estructuras de un solo nivel.
- Aplicar fuerzas laterales, a nivel de cada entrepiso, en proporción a lo establecido en el procedimiento estándar del código correspondiente, sin la fuerza concentrada a nivel del tope de la estructura.
- Aplicar fuerzas laterales, a nivel de los entrepisos, en proporción a sus masas y la forma del modo fundamental del modelo elástico de la estructura (por ejemplo:  $\omega_i \cdot \phi_i \cdot V / \sum \omega_i \cdot \phi_i$ ).
- Igual que en caso anterior, pero hasta la primera fluencia significativa que represente un cambio importante en la rigidez del sistema. Luego, para cada fase subsecuente, se recalcula el patrón de fuerzas laterales a ser aplicado, según la forma de modo correspondiente al nuevo sistema de rigidez (degradado). (p.24-25).



**Figura 2.11.** Representación de la curva de Capacidad. Fajardo, 2012.

## Conversión de curva de capacidad al espectro de capacidad

Delgadillo (2005), afirma:

Para usar el "Método del espectro de capacidad" "propuesto por la ATC-40 es necesario convertir la Curva de Capacidad, que está en términos del cortante basal y desplazamiento del techo, a un Espectro de Capacidad, que es una representación de la Curva de Capacidad en un formato de Espectro de Respuesta Aceleración-desplazamiento (ADRS) ( $S_a$  vs  $S_d$ ). Las ecuaciones requeridas para hacer la transformación son:

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i1})/g}{\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i1}^2)/g}$$

$$\alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i1})/g]^2}{[\sum_{i=1}^N (\omega_i)/g] \cdot [\sum_{i=1}^N (\omega_i \Phi_{i1}^2)/g]}$$

$$S_d = \frac{\Delta \text{techo}}{PF_1 \cdot \Phi_{techo,1}}$$

$$S_a = \frac{V/W}{\alpha_1}$$

Donde:

$PF_1$  = Factor de participación modal para el primer modo natural.

$\alpha_1$  = Coeficiente modal de masa para el primer modo natural.

$g$  = Aceleración de la gravedad.

$\omega_i$  = Peso correspondiente al nivel "i".



$\phi_{i1}$  = Coeficiente de forma modal del nivel "i" en el modo "1".

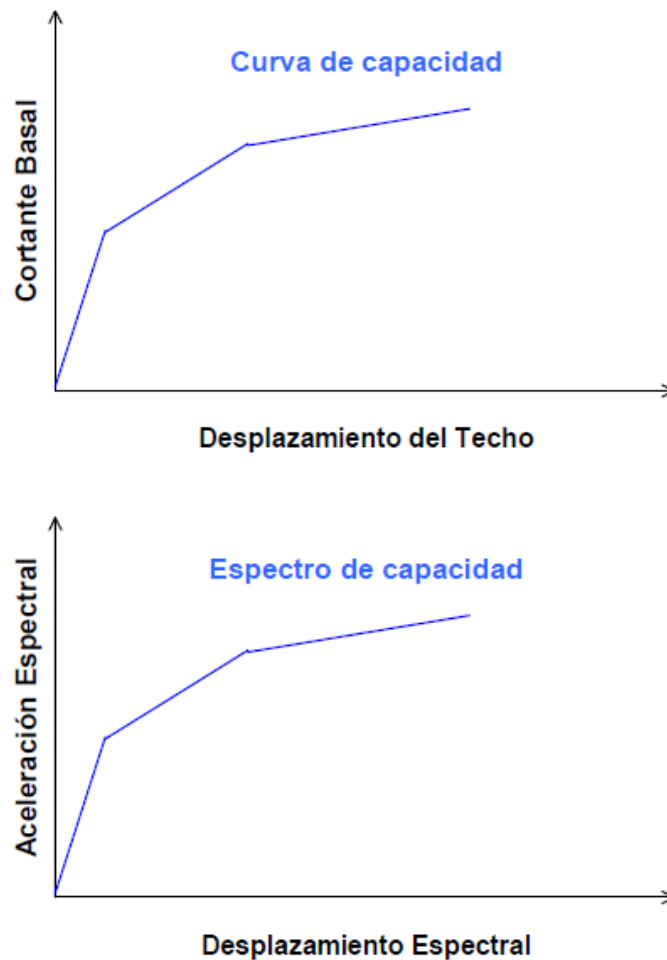
V = Fuerza cortante en la base.

W = Carga permanente más un porcentaje de la carga viva, total del edificio.

$\Delta_{techo}$  = Desplazamiento en el tope de la estructura.

$S_a$  = Aceleración espectral.

$S_d$  = Desplazamiento espectral.



**Figura 2.12.** Transformación de la curva de capacidad a un espectro de capacidad. Delgadillo, 2005.

El proceso general para convertir la Curva de Capacidad al Espectro de Capacidad, que es, convertir la Curva de Capacidad de un formato cortante basal versus desplazamiento del techo a un formato de desplazamiento espectral versus aceleración espectral (formato ADRS), es primero calcular el factor de participación modal  $PF_1$  y el coeficiente modal de masa  $\alpha_1$  usando las ecuaciones dadas. Entonces para cada punto sobre la curva de capacidad,  $V \Delta_{techo}$ , calcular el asociado punto  $S_a$ ,  $S_d$  sobre el espectro de capacidad usando las ecuaciones dadas. (p.26-28)

#### 2.2.4 Obtención del espectro de demanda

Fajardo (2012), afirma:

A partir del conocimiento de las condiciones de sitio es posible establecer parámetros que representen dichas condiciones para construir, posteriormente, el espectro de demanda correspondiente a la zona en la que se va a realizar la evaluación estructural. Para el uso del espectro de demanda, éste se debe construir, en primera instancia, sin ningún tipo de reducción, considerando únicamente un amortiguamiento inherente del sistema en su fase elástica (típicamente del 5%). Luego se construirá una familia de espectros que, partiendo del primero, ayudarán a encontrar el punto de desempeño de la estructura; esta reducción se puede realizar según distintos criterios usados en la actualidad. (p. 27)

#### 2.2.5 Obtención del punto de desempeño

Delgadillo (2005), afirma:

Cuando el desplazamiento en la intersección del Espectro de Demanda y el Espectro de Capacidad  $d_i$ , está dentro de un 5% del desplazamiento del punto de desempeño tentativo ( $0.95d_{pi} < d_i < 1.05d_{pi}$ ),  $a_{pi}$ ,  $d_{pi}$ , este punto se convierte en el Punto de Desempeño. Si la intersección del espectro de demanda y el espectro

---

de capacidad no está dentro de la tolerancia aceptable indicada entonces un nuevo  $a_{pi}$ ,  $d_{pi}$  es seleccionado y el proceso se repite.

Observación:

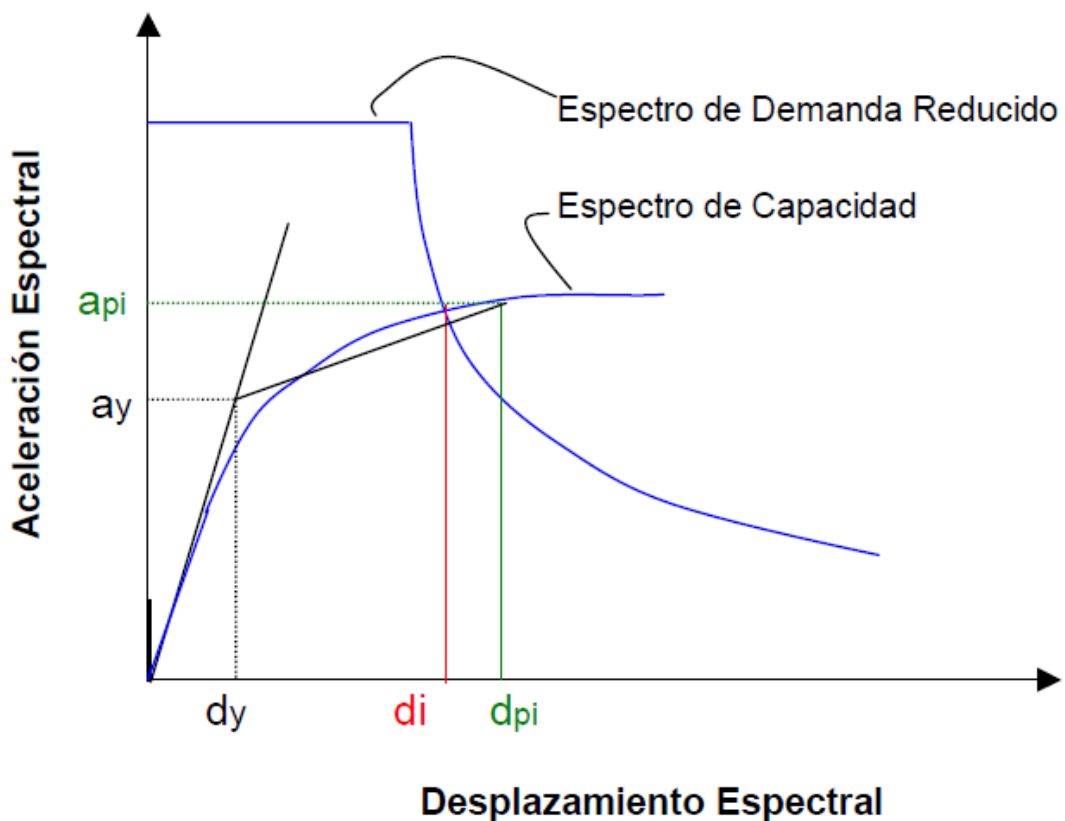
$a_{pi}$ ,  $d_{pi}$  = Punto de Desempeño Tentativo.

$d_i$  = Desplazamiento en el punto de intersección de la Curva de Capacidad y el Espectro de Demanda Reducido.

El punto de desempeño tentativo  $a_{pi}$ ,  $d_{pi}$  es aceptable si

$$(0.95d_{pi} < d_i < 1.05d_{pi}).$$

El punto de desempeño representa el desplazamiento estructural máximo esperado para una demanda de terremoto especificada. (p.44–45)



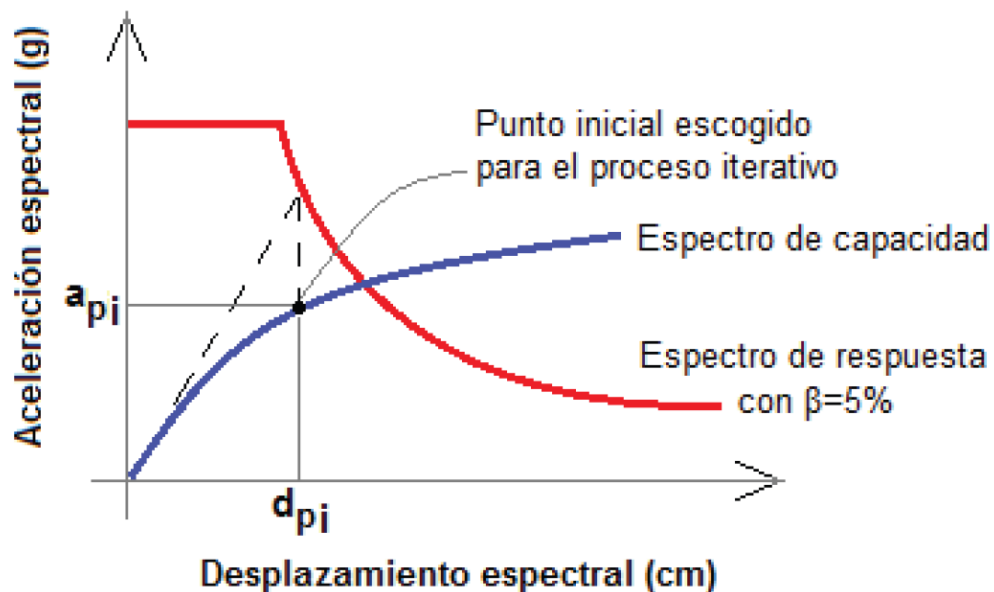
<

**Figura 2.13.** Punto de intersección del Espectros de Demanda y el Espectro de Capacidad dentro de una tolerancia aceptable. Delgadillo, 2005.

Fajardo (2012), afirma:

En este procedimiento, una iteración es hecha a mano o con ayuda de una hoja de cálculo para converger al punto de desempeño. Este procedimiento es, tal vez, la aplicación más directa:

- Desarrollar el espectro de demanda elástico al 5% de amortiguamiento típico.
- Transformar la curva de capacidad en el espectro de capacidad, usando las formulaciones descritas anteriormente (...). Luego, plotear el espectro de capacidad en la misma gráfica que el espectro de demanda.
- Elegir un punto de desempeño de prueba ( $a_{pi}$ ;  $d_{pi}$ ), tal como se indica en la Figura 2.14. Para iniciar el proceso se podría elegir como punto de partida aquel punto sobre el espectro de capacidad que corresponde al criterio de igualdad de desplazamiento. Podría también iniciarse con algún otro punto sobre la curva que describe el espectro de capacidad, según criterio del ingeniero.



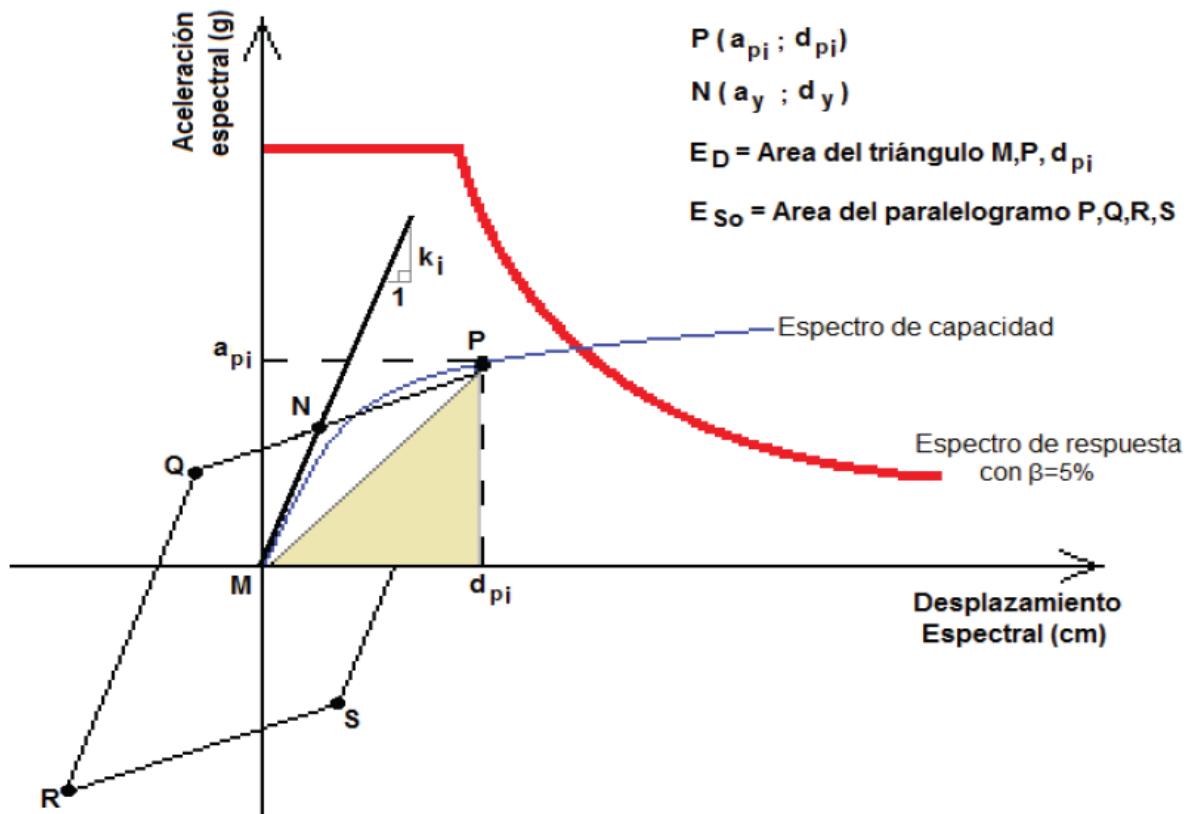
**Figura 2.14.** Ubicación del punto inicial para el proceso iterativo en la búsqueda del punto de desempeño. Fajardo, 2012.

- Desarrollar una representación bi-lineal del espectro de capacidad. Para esto se busca un punto "N", según se ve en la Figura 2.15, de manera que el área encerrada por el segmento de la curva del espectro de capacidad, entre los puntos "M" y "P", por encima del eje horizontal de desplazamiento espectral, sea igual al área encerrada por la representación bi-lineal MNP. Cuando la condición anteriormente descrita se cumpla, se podrá calcular el área  $E_{S0}$  del paralelogramo PQRS que representa la energía disipada por un lazo histerético idealizado. También se podrá calcular el área  $E_D$  del triángulo MPdPi que representa la energía de deformación. Así se obtiene un valor del amortiguamiento viscoso equivalente  $\beta_{eq}$  del sistema asociado al desplazamiento máximo. Este amortiguamiento equivalente resulta ser la suma del amortiguamiento inherente a la estructura, típicamente 5%, más un amortiguamiento histerético  $\beta_0$  calculado según como se muestra a continuación:

$$\beta_{eq} = \beta_0 + 0.05$$

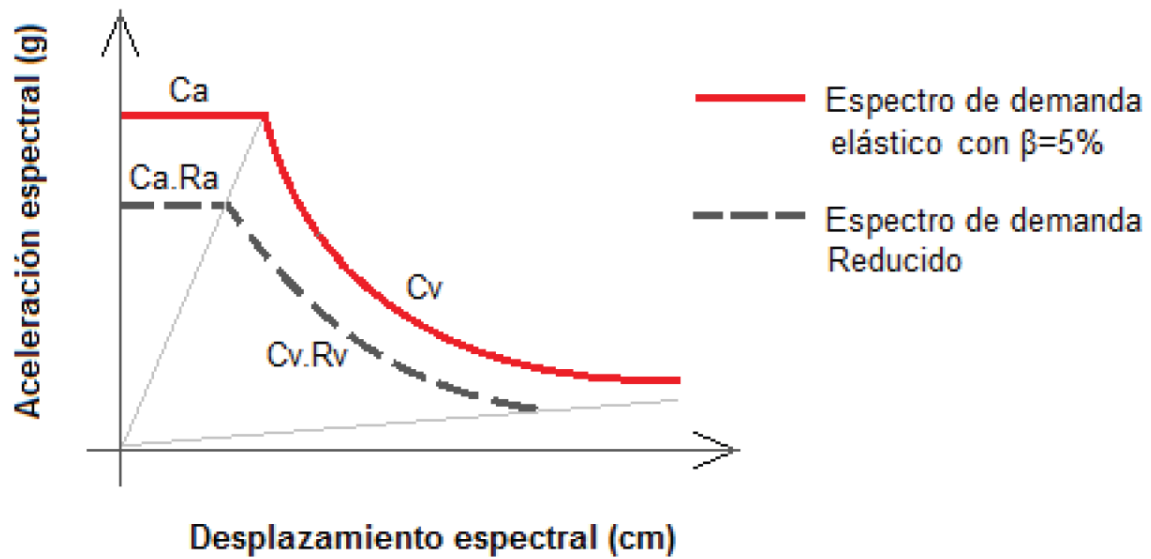
$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi} \frac{E_D}{E_{S0}} \longrightarrow$$

$$\beta_0 = \frac{0.637(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}}$$



**Figura 2.15.** Representación bi-lineal del espectro de capacidad por el criterio de igualdad de energía disipada.

- Ahora, a partir del amortiguamiento equivalente encontrado en el paso anterior, se pueden encontrar valores de los factores de reducción espectral usando las relaciones desarrolladas por Newmark & Hall (1982). (...) Estos factores de reducción espectral,  $R_a$  y  $R_v$ , permiten encontrar el espectro de demanda reducido (ver Figura 2.16). Si el espectro de demanda reducido intercepta a la curva del espectro de capacidad en un punto muy cercano al punto "P" ( $a_{pi}$ ;  $d_{pi}$ ) escogido al inicio del proceso (se puede admitir un error hasta del 5% dependiendo del criterio del ingeniero evaluador), entonces se habrá encontrado el punto de desempeño; caso contrario, se debe empezar el proceso nuevamente. De ser el caso, podría iniciarse el proceso escogiendo esta vez el punto encontrado en el paso anterior.



**Figura 2.16.** Reducción del Espectro de Demanda.

Como se muestra en la Figura 2.15, los factores de reducción espectral son usados para transformar el espectro de demanda elástico a un espectro reducido con valores de amortiguamiento mayores al 5%. Pero estos valores de reducción son también una función del tipo de estructura que se está analizando y de la duración del movimiento sísmico al que estaría expuesta dicha estructura. En la Tabla 2.2 se muestra la clasificación de las estructuras para la obtención de los factores de reducción espectral y en la Tabla 2.3 se muestran los valores mínimos que pueden adoptar dichos factores.

**Tabla 2.2**

Clasificación estructural para la determinación de los factores de reducción espectral.

Duración del evento sísmico	estructuras sin daños importantes	estructuras con daños intermedios	estructuras muy dañadas
Corta	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Larga	Tipo B	Tipo C	Tipo C

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla 2.3**

Valores mínimos permisibles para los factores de reducción espectral.

Clasificación estructural	Factor Ra	Factor Rv
Tipo A	0.33	0.50
Tipo B	0.44	0.56
Tipo C	0.56	0.67

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

De las experiencias adquiridas por los investigadores se recoge que la idealización para el lazo histerético mostrado en la Figura 2.14 es una aproximación razonable para una edificación relativamente bien dotada de ductilidad, sometida a movimientos sísmicos de corta duración (con poca demanda de ciclos histeréticos como para causar una degradación significativa de los elementos estructurales) y con valores del amortiguamiento viscoso equivalente del orden del 30%. Para otro tipo de condiciones, los resultados del amortiguamiento equivalente viscoso, obtenidos por la formulación antes mostrada, llevan a sobreestimar el comportamiento histerético de la estructura ya que los lazos de histéresis en estos casos son más bien irregulares y más estrechos (menor área, menor disipación de energía). Así, en la documentación de la ATC40, se propone el concepto del amortiguamiento viscoso efectivo  $\beta_{eff}$  para ser consistentes con la degradación del amortiguamiento en los distintos casos que se pudieran presentar en un análisis.

$$\beta_0 = \frac{0.637 \cdot k \cdot (a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 0.05$$

Nótese que, a diferencia de la formulación anterior para  $\beta_{eq}$ , ahora se ha incorporado un factor k que intenta reducir el valor del amortiguamiento para casos en los que se podrían estar sobreestimando dichos valores del amortiguamiento. La tabla 3.3 muestra los valores propuestos para k según la clasificación estructural y el amortiguamiento histerético  $\beta_0$ . (p.28-32)



**Tabla 3.3**

Clasificación estructural.

Clasificación estructural	$\beta_0$ (%)	k
Tipo A	menor o igual a 16.25	1.00
Tipo A	mayor a 16.25	$1.13 - 0.51 \frac{(a_y \cdot d_{pi} - d_y \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}}$
Tipo B	menor o igual a 25	0.67
Tipo B	mayor a 25	$0.845 - 0.446 \frac{(a_y \cdot d_{pi} - d_y \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}}$
Tipo C	cualquier valor	0.33

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## 2.3 Definición de términos básicos

Ramírez (2013), define:

**Acciones Permanentes:** Representa las cargas gravitatorias debidas al peso de todos los componentes estructurales y no estructurales, tales como muros, pisos, techos, tabiques, equipos de servicio unidos a la estructura y cualquiera otra carga de servicio fija.

**Acción Sísmica:** Acción accidental debida a la ocurrencia de sismos, la cual incorpora los efectos traslacionales y los rotacionales respecto al eje vertical.

**Acciones Variables:** Carga originada por el uso y ocupación del edificio, excluidas las cargas permanentes, de viento o sismo.

**Aceleración de Diseño:** Valor de la aceleración del terreno para el diseño sismorresistente de obras de ingeniería.

**Análisis Dinámico:** En sistemas elásticos es un análisis de superposición modal para obtener la respuesta estructural a las acciones dinámicas. En sistemas inelásticos es un análisis en el cual se calcula la historia en el tiempo de la respuesta estructural a las acciones dinámicas. (p.38)

(...) **Cedencia:** Condición del sistema resistente a sismos, caracterizada por aumentos considerables de los desplazamientos, para pequeños incrementos del cortante basal.

(...) **Coeficiente de Amortiguamiento:** Mide el amortiguamiento de la estructura como una fracción (generalmente expresada en porcentaje) del amortiguamiento crítico. El amortiguamiento crítico es el valor límite por encima del cual el movimiento libre de la estructura no es vibratorio.

**Coeficiente Sísmico:** Cociente entre la fuerza cortante horizontal de diseño que actúa en el nivel de base y el peso total por encima del mismo. (p.39)

(...) **Deriva:** Diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles o pisos consecutivos.

**Diafragma:** Parte de la estructura, generalmente horizontal, con suficiente rigidez en su plano, diseñada para transmitir las fuerzas a los elementos verticales del sistema resistente a sismos.

**Ductilidad:** Capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable en su capacidad resistente.

**Edificación:** Es una estructura que posee diafragmas, que compatibilizan los desplazamientos horizontales de los miembros que llegan a ese nivel.

(...) **Efecto P- $\Delta$** : Efecto producido por las cargas axiales y los desplazamientos laterales sobre los momentos flectores en los miembros.

**Entrepiso**: Espacio entre dos pisos consecutivos

**Espectro de Diseño**: Espectro que incorpora el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente a sismos adoptado

**Espectro de Respuesta**: Representa la respuesta máxima de osciladores de un grado de libertad y de un mismo coeficiente de amortiguamiento, sometidos a una historia de aceleraciones dada, expresada en función del período. (p.40)

(...) **Factor de Reducción de Respuesta**: Factor que divide las ordenadas del espectro de respuesta elástica para obtener el espectro de diseño.

**Fuerzas de Diseño**: Fuerzas que representan la acción sísmica sobre la edificación o sus componentes; están especificadas a nivel de cedencia.

**Fuerzas Sísmicas**: Fuerzas externas, capaces de reproducir los valores extremos de los desplazamientos y las sollicitaciones internas causadas por la excitación sísmica actuando en el nivel de base. (p.41)

(...) **Movimientos de Diseño**: Movimientos del terreno seleccionados en forma tal que su probabilidad de excedencia sea suficientemente pequeña durante la vida útil de la edificación; están caracterizados por sus espectros de respuesta.

**Nivel de Diseño**: Conjunto de requisitos normativas asociadas a un determinado factor de reducción de respuesta, que se aplica en el diseño de miembros del sistema resistente a sismos, tipificados en esta Norma.

**Peligro Sísmico**: Cuantifica la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos futuros que pueden afectar en forma adversa la integridad de edificaciones y sus ocupantes.

**(...) Resistencia Lateral de un Entrepiso:** Es la suma de las máximas fuerzas cortantes que puedan ser transmitidas por los miembros de ese entrepiso.

**Rigidez Lateral de un Entrepiso:** Resultado de dividir la fuerza cortante y la diferencia de desplazamientos laterales elásticos entre los dos pisos del entrepiso en consideración. (p.42-43)

**(...) Sobrerresistencia:** Valor real de la capacidad resistente, incluidos los elementos estructurales y no estructurales, la cual excede la resistencia nominal de cálculo.

**Zona Sísmica:** Zona geográfica en la cual se admite que la máxima intensidad esperada de las acciones sísmicas, en un período de tiempo prefijado, es similar en todos sus puntos.

**Vida Útil:** Tiempo o duración en la cual se supone que una edificación se va a utilizar para el propósito que fue diseñada. La Norma COVENIN 1756-2011 supone una vida útil de 50 años. (p.43)

## **CAPÍTULO III**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **3.1 Confiabilidad y validación del instrumento**

##### **3.1.1 Aspectos Generales**

López (2011), afirma:

Es de conocimiento que, a la hora de recabar información sobre diversos aspectos de los individuos, se usa instrumentos tales como escalas, tests, listados, etc.; conformando una serie de ítems o enunciados que deben estar relacionados entre sí y cuyas puntuaciones individuales previamente sumadas nos dan el valor global de los individuos en el citado instrumento.

En ese sentido podemos citar algunos tipos de instrumento que se usan con frecuencia en trabajos de investigación:

- Escalas de diferentes tipos para medir comportamientos de los individuos hacia diversas situaciones.
  
- Encuestas para diagnosticar la estrategia que toman las empresas, el factor humano.
  
- Tests para determinar o diagnosticar conocimientos, aptitudes, rasgos de personalidad, etc.

Entonces nos hacemos la siguiente pregunta ¿hasta qué punto el instrumento que nos permite hacer estas evaluaciones es válido y confiable? Para dar respuesta a

esta pregunta es necesario, en primer lugar, conocer que significa calidad de un instrumento. (p.64)

### 3.1.2 Calidad del Instrumento. Validez y Confiabilidad

#### Coeficiente de Alfa de CRONBACH

El Coeficiente de Alfa de CRONBACH es un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida, y cuya denominación Alfa fue realizada por CRONBACH en 1951. El Alfa de CRONBACH es una media de las correlaciones entre las variables que forman parte de la escala.

A continuación, aplicamos el Coeficiente de Alfa de CRONBACH con la Encuesta realizada a los expertos que cumple y garantiza la fiabilidad de la escala de medida.

Encuesta	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	Total
E1	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	52
E2	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	2	3	4	4	47
E3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	2	3	4	4	4	47
E4	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3	2	3	4	4	48
E5	4	3	3	4	3	3	4	4	3	2	2	3	4	4	46
E6	4	3	3	4	3	3	4	4	3	2	3	3	4	4	47
E7	4	2	3	4	3	2	4	2	3	2	2	3	3	3	40
Promedio	4	3	3	4	3.286	2.857	4	3.286	3.286	2.571	2.571	3.143	3.857	3.857	
Desv. Est.	0	0.577	0	0	0.488	0.378	0	0.756	0.488	0.787	0.787	0.378	0.378	0.378	
Varianza	0	0.333	0	0	0.238	0.143	0	0.571	0.238	0.619	0.619	0.143	0.143	0.143	

**Alfa de Cronbach:**

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

K= 14

Sum Vi= 3.19

Vt= 12.57

α= 0.804

(...) En cualquier tipo de investigación, la capacidad que tenga un instrumento de recolectar datos depende de dos atributos muy importantes como son: la validez y la confiabilidad. Si esta herramienta de recolección de información es defectuosa, nos llevará a resultados sesgados y a conclusiones equivocadas.

Determinar la confiabilidad y la validez de los cuestionarios utilizados es muy importante a la hora de analizar los datos. Nos limitaremos a enumerar los procedimientos más usuales y a señalar la conveniencia de utilizar algunos de ellos para conocer cuál es la condición con la que debemos analizar los datos.

En los diferentes trabajos de investigación se considera que la validez se agrupa en tres grandes categorías:

Validez de contenido: Grado en el cual los ítems son una muestra representativa de la variable que se desea medir. Se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico del contenido de lo que se mide. Para lograr una buena evidencia del contenido debe tenerse en cuenta:

- Definición conceptual
- Definición operacional
- Pertinencia
- Exhaustividad
- Plan de Prueba
- Evaluación o juicio de un experto

Validez de criterio: Establece la validez de un instrumento de medición comparándola con algún criterio externo. Este criterio es un estándar con el que se juzga la validez del instrumento. Entre más se relacionen los resultados del instrumento de medición con el criterio, la validez del criterio será mayor. Si el criterio se fija en el presente, se habla de validez concurrente; si el criterio se ubica

---

en el futuro, se habla de validez predictiva; si el criterio se fija en el pasado, equivale a la validez posdictiva. (p.64-65-66)

(...) Validez de constructo: Se refiere al grado en que una medición se relaciona consistentemente con otras mediciones de acuerdo con la hipótesis derivada teóricamente y que conciernen a los conceptos (constructos) que están siendo medidos. La validez del constructo incluye tres etapas:

- Se establece y especifica la relación teórica entre los conceptos.
- Se correlacionan ambos conceptos y se analiza cuidadosamente la correlación.
- Se interpreta la evidencia empírica de acuerdo con el nivel en que clarifica la validez del constructo de una medición en particular.

Entre mayor evidencia de validez de contenido, criterio y de constructo que tenga un instrumento de medición, este se acerca más a representar la variable o variables que pretende medir.

Constructo: es un concepto que forma parte de las teorías que intentan explicar la conducta humana: inteligencia, creatividad, emotividad, empatía. Un constructo es un concepto que requiere haber sido definido o adoptado de manera deliberada y consciente para un propósito científico. (p.66-67)

Se procederá ordenar los datos e informaciones recolectadas a través de la aplicación de la técnica e instrumentos de estudios, provenientes de diferentes fuentes, a fin de enriquecer el marco teórico de la investigación. Esto implica depurar la información que no influye en el tema central de investigación.



## 3.2 Análisis cuantitativo de las variables

### 3.2.1 Variable Dependiente: Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" (edificación existente Pabellón N°04)

#### Alcance

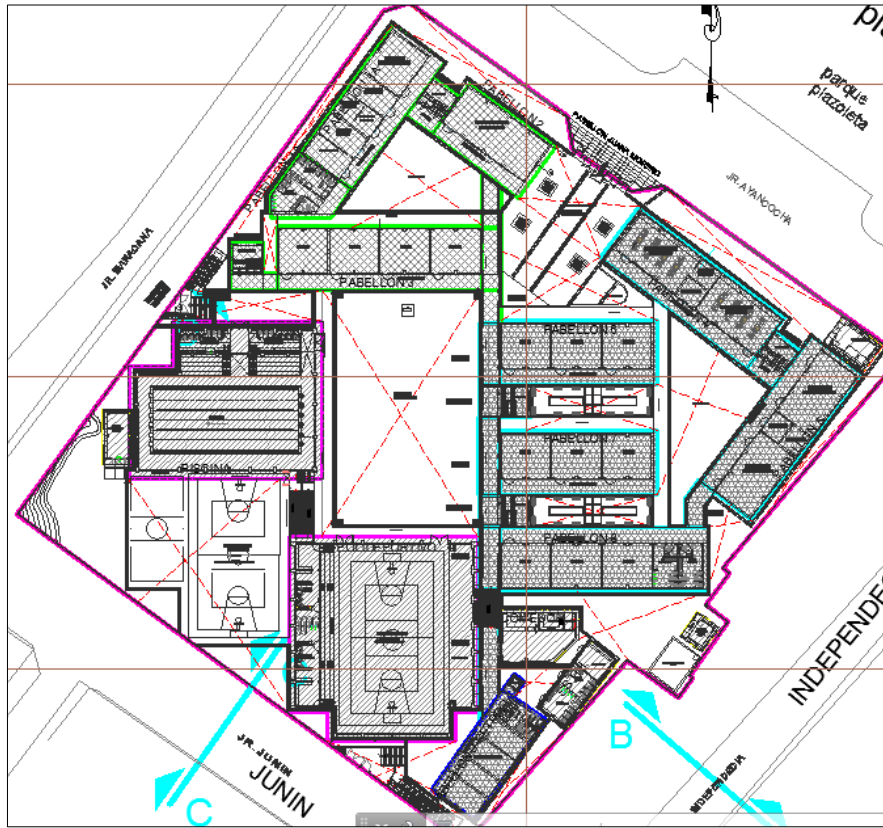
El alcance del presente trabajo se está abocando, únicamente, a entender cuál sería el posible comportamiento de la estructura, tal como fue diseñada en caso de ser sometida a una demanda por sismo moderado. Para esto se utiliza un método de análisis estructural no-lineal que da cuenta sobre el posible mecanismo de falla y el nivel de daños que se puede alcanzar en caso de un sismo moderado.

Para el patrón de cargas usado en el desarrollo de la curva de capacidad (Pushover) se usará una distribución de fuerzas basada en las proporciones descritas en la forma modal predominante para cada dirección de análisis.

La respuesta de los elementos no estructurales (accesorios) y sus consecuencias en el funcionamiento de las operatividades no está contemplada en los alcances del presente trabajo.

El estudio de la estructura que se ha evaluado corresponde al Pabellón N°04 (ver Figura 3.1). Este edificio tiene un área aproximadamente de 241.75 m<sup>2</sup> y es de forma rectangular, tiene una altura total de 14.14 m, cuenta con tres pisos y no muestra irregularidades en su dirección vertical.

En la recopilación de la información, se pudo contar con la totalidad de los planos estructurales del sistema. Se encontraron los planos estructurales de las vigas, columnas y el aligerado, también se encontraron planos de detalles de la distribución de refuerzos en estos.



**Figura 3.1.** Ubicación de las Instalaciones de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" (Pabellón N° 04). Elaboración propia, 2017.

---

## Historia y características de la estructura

La Institución Educativa Emblemática fue construida durante el gobierno del Sr. Ollanta Humala Tasso, bajo la supervisión del Ing. Linton Elmer Mato Vicente. El diseño estructural de la Institución Educativa Emblemática fue desarrollado por la Empresa Contratista Consorcio Amazonía MATH - TR, el Ing. Julio Manuel Quispe Domínguez en el año 2013.

Las instalaciones de la Institución Educativa Emblemática se encuentran actualmente ubicada en la Prolongación Calle Ayancocha N° 147 en la Localidad del Cercado de Huánuco, Distrito de Huánuco, Provincia de Huánuco, Departamento de Huánuco (ver Figura 3.1). Posee un área de terreno de 11,361.71 m<sup>2</sup> donde están construidos de 9 edificios principales. Dentro de estos, el edificio principal cuenta con 03 pisos (Pabellón N°04).

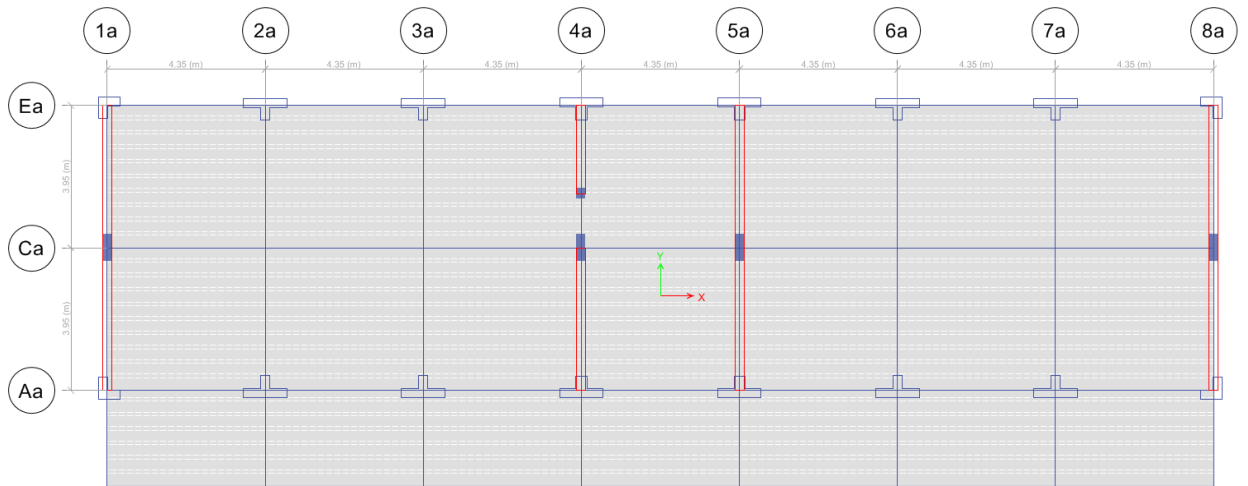
La construcción de la Institución Educativa Emblemática se inició el 14 de Enero del 2015 y duró 360 días calendarios. El costo total de la Obra, incluido el equipamiento fue de S/. 20'826,850.45 (veinte millones ochocientos veinte seis mil ochocientos cincuenta con 45/100 soles).

### Análisis Dinámico

Como parte del estudio realizado se elaboraron modelos matemáticos de la estructura para someterla a los respectivos análisis lineales, considerando el aporte de la tabiquería alojada en la estructura.

Se ha considerado que la resistencia del concreto no ha variado; ya que, se trata de una estructura con menos de cinco años de haberse construido (210 kg/cm<sup>2</sup>).

Los pórticos principales de la estructura (en los ejes 1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a, 7a y 8a) son paralelos a la dirección X, estando espaciados a cada 4.35 m, mientras que los pórticos secundarios (en los ejes Aa, Ca y Ea) están espaciados a cada 3.95 m en la dirección Y (ver Figura 3.2).



**Figura 3.2.** Vista en planta de los pórticos principales y secundarios de la estructura a evaluar.  
Elaboración propia, 2017.

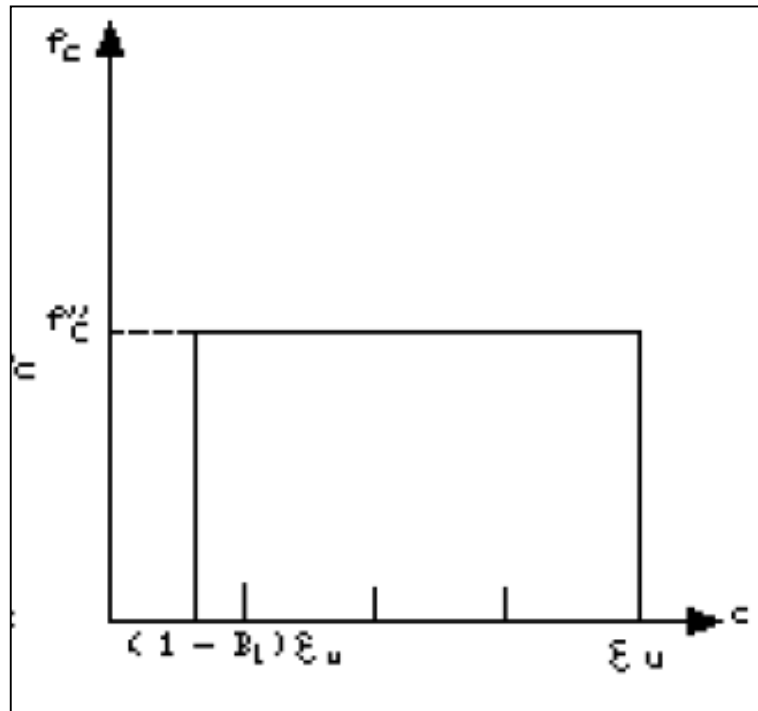
Las dimensiones y detalles de las columnas, vigas y losas aligeradas que componen el sistema estructural del edificio se adjuntan en los planos del Anexo 6.

Minedu (2013), afirma:

## CONCRETO

### ***Características del concreto reforzado para el diseño estructural***

- Resistencia nominal a compresión =  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Módulo de elasticidad =  $E_c = 217,000 \text{ kg/cm}^2$ .
- Módulo de Ruptura =  $f_r = 28 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Curva de comportamiento. Se asumirá el modelo esfuerzo – deformación de Whitney.
- Deformación Unitaria Máxima  $\epsilon_c = 0.003$



**Figura 3.3.** Modelo de comportamiento esfuerzo – deformación del concreto no confinado, Whitney. Minedu, 2013.

## ACERO DE REFUERZO

- Corrugado, grado 60, esfuerzo de fluencia ( $f_y$ )= 4200 kg/cm<sup>2</sup> = 4.2 ton/cm<sup>2</sup>.
- Módulo de elasticidad =  $E_s = 2'000,000$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Deformación al inicio de la fluencia = 0.0021.
- Curva de comportamiento: Se simplificará idealizándola como dos líneas rectas (Park, Pauley1) ignorando la resistencia superior de cedencia y el aumento en el esfuerzo debido al endurecimiento por deformación.

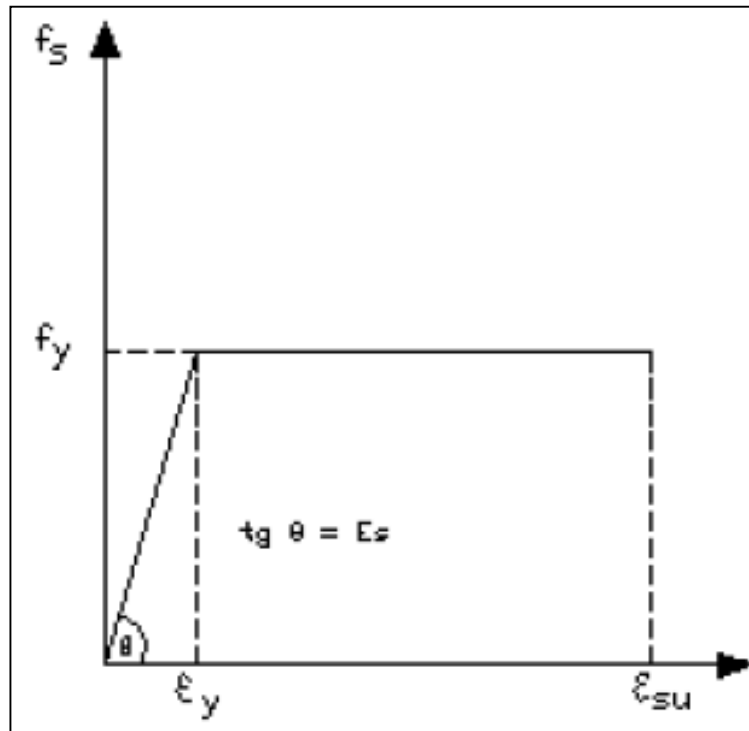


Figura 3.4. Modelo de comportamiento esfuerzo – deformación del acero. Minedu, 2013.

### (...) ALBAÑILERÍA CONFINADA

- Clase de Unidad: Ladrillo Tipo IV.
- Resistencia de la unidad a compresión axial ( $f_b$ ) = 130 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Resistencia característica a compresión axial de la albañilería ( $f'm$ ) = 65 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Resistencia característica de la albañilería al corte ( $v'm$ )=8.1 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Módulo de elasticidad =  $E_s = 500 f'm = 32500$  kg/cm<sup>2</sup>.

### (...) **NORMATIVIDAD:**

En todo el proceso de análisis y diseño se utilizarán las normas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

- Metrado de cargas                      Norma E-020.
  
- Diseño sismorresistente                Norma E-030.
  
- Concreto Armado                        Norma E-060.
  
- Suelos y cimentaciones                Norma E-050.
  
- Albañilería Confinada                 Norma E-070.
  
- Acero Estructural                        Norma E-090.

Minedu (2013), afirma:

### **CARGAS POR GRAVEDAD**

Se han considerado las indicaciones de la Norma E-020 Cargas, del Reglamento Nacional de Edificaciones. Los pesos unitarios para los materiales del proyecto son:

- Peso Unitario del Concreto            2400 Kg/m<sup>3</sup>.
  
- Peso Unitario del Acero                7850 Kg/m<sup>3</sup>.
  
- Peso Unitario de la Albañilería        1800 Kg/m<sup>3</sup>.
  
- Peso del Suelo relleno o natural        1800 Kg/m<sup>3</sup>.

Adicionalmente, cada pabellón está sometido a diversos tipos de carga, según el uso al que este destinado y la exposición al medio.

### (..) Cargas Muertas.

#### Primer y Segundo Piso

- Carga distribuida por piso terminado      100 Kg/m<sup>2</sup>.
- Carga distribuida por tabiquería      150 Kg/m<sup>2</sup>.

#### Azotea

- Carga distribuida por acabado de techo      100 Kg/m<sup>2</sup>.

### Carga Viva o Sobrecarga

#### Primer y Segundo Piso

- Carga Viva Laboratorio      300 Kg/m<sup>2</sup>.
- Carga Viva Corredor      400 Kg/m<sup>2</sup>.

#### Azotea

- Carga Viva Azotea      100 Kg/m<sup>2</sup>. (P.24)



Minedu (2013), afirma:

Este análisis permitirá conocer el comportamiento de la estructura bajo cargas de gravedad y sollicitaciones sísmicas, ver si existe irregularidad torsional, verificar que las derivas máximas cumplan lo estipulado en la Norma E.030, además se obtendrán fuerzas internas de los diferentes elementos que conforman el sistema sismorresistente, dichas fuerzas serán consideradas al momento del diseño.

Se realizará el análisis dinámico utilizando el procedimiento de combinación espectral.

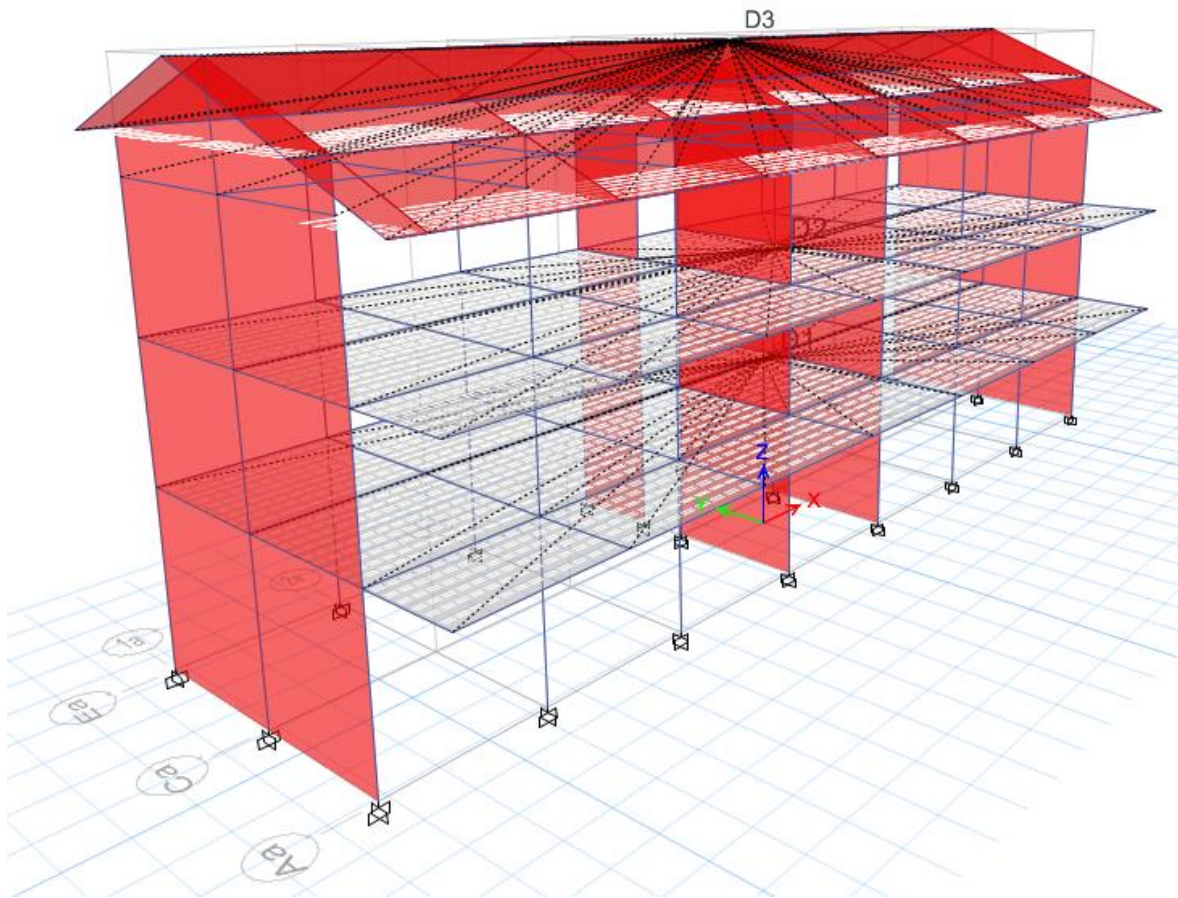
### **(...) MODELO ESTRUCTURAL**

El mismo modelo que se desarrolló para el análisis por cargas de gravedad, se utilizó para analizar la estructura bajo sollicitaciones sísmicas. Las características y algunas definiciones del modelo ya fueron descritas en el Capítulo 3, adicionalmente es preciso destacar:

- La base de las columnas y placas se consideró empotrada, dado que el terreno puede considerarse rígido con una capacidad portante de 0.89 kg/cm<sup>2</sup>.
- Cada piso fue considerado como un diafragma rígido, con 3 grados de libertad, dos de los cuales son de traslación horizontal (X - Y) y uno de rotación en el plano horizontal.
- Por cada nivel se consideran dos masas traslacionales y una rotacional. (p.28)

Para la representación de la edificación en los análisis siguientes, se ha elaborado un modelo matemático, usando el programa de cómputo ETABS2016 (ver Figura 3.5); cuyo detalle de elementos por piso se muestra en la Figura 3.6. Las cargas de peso propio de los elementos, sobre la estructura, han sido modeladas a través del peso específico del material que conforman dichos

elementos; las cargas muertas adicionales y las cargas vivas han sido colocadas directamente sobre los elementos como cargas distribuidas.



**Figura 3.5.** Modelo matemático para el análisis dinámico de la edificación. Elaboración propia, 2017.

Las masas sísmicas consideradas en el análisis, se han obtenido directamente del programa ETABS2016, se ha procedido según se recomienda en el reglamento RNE E030 vigente para este tipo de estructuras. En todos los pisos, excepto en la azotea, se ha considerado el 100% de la carga permanente más el 50% de la carga viva o sobrecarga. En la azotea se ha considerado el 100% de la carga permanente más el 25% de la carga viva o sobrecarga. Ver Figuras 3.7 y 3.8.

Material List by Story

1 de 20 | Reload Apply

Story	Element Type	Material	Total Weight tonf	Floor Area m <sup>2</sup>	Unit Weight tonf/m <sup>2</sup>	# Pieces	# Studs
Story3	Column	Fc=210kg/cm2	74.50056	0		41	
Story3	Beam	Fc=210kg/cm2	66.57444	0		58	0
Story3	Brace	Fc=210kg/cm2	36.81514	0		28	
Story3	Wall	Fc=210kg/cm2	74.5677	0			
Story3	Wall	Alba	77.80975	0			
Story2	Column	Fc=210kg/cm2	55.146	321.25	0.1717	21	
Story2	Beam	Fc=210kg/cm2	63.40584	321.25	0.1974	53	0
Story2	Wall	Alba	50.04125	321.25	0.1558		
Story2	Floor	Fc=210kg/cm2	67.46198	321.25	0.21		
Story1	Column	Fc=210kg/cm2	70.902	321.25	0.2207	21	
Story1	Beam	Fc=210kg/cm2	63.40584	321.25	0.1974	53	0
Story1	Wall	Alba	64.33875	321.25	0.2003		
Story1	Floor	Fc=210kg/cm2	67.46198	321.25	0.21		
SUM	Column	Fc=210kg/cm2	200.54856	642.5	0.3121	83	
SUM	Beam	Fc=210kg/cm2	193.38612	642.5	0.301	164	0
SUM	Brace	Fc=210kg/cm2	36.81514	642.5	0.0573	28	
SUM	Wall	Fc=210kg/cm2	74.5677	642.5	0.1161		
SUM	Wall	Alba	192.18975	642.5	0.2991		
SUM	Floor	Fc=210kg/cm2	134.92395	642.5	0.21		
TOTAL	ALL	ALL	832.43122	642.5	1.2956	275	0

Figura 3.6. Detalle de elementos por piso de la estructura. Elaboración propia, 2017.

Mass Source Data

Mass Source Name: Masas Sísmicas

Mass Source:

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
  - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0.05
  - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0.05

Mass Multipliers for Load Patterns:

Load Pattern	Multiplier
Live	0.5
Live Techo	0.25
Dead	1

Mass Options:

- Include Lateral Mass
- Include Vertical Mass
- Lump Lateral Mass at Story Levels

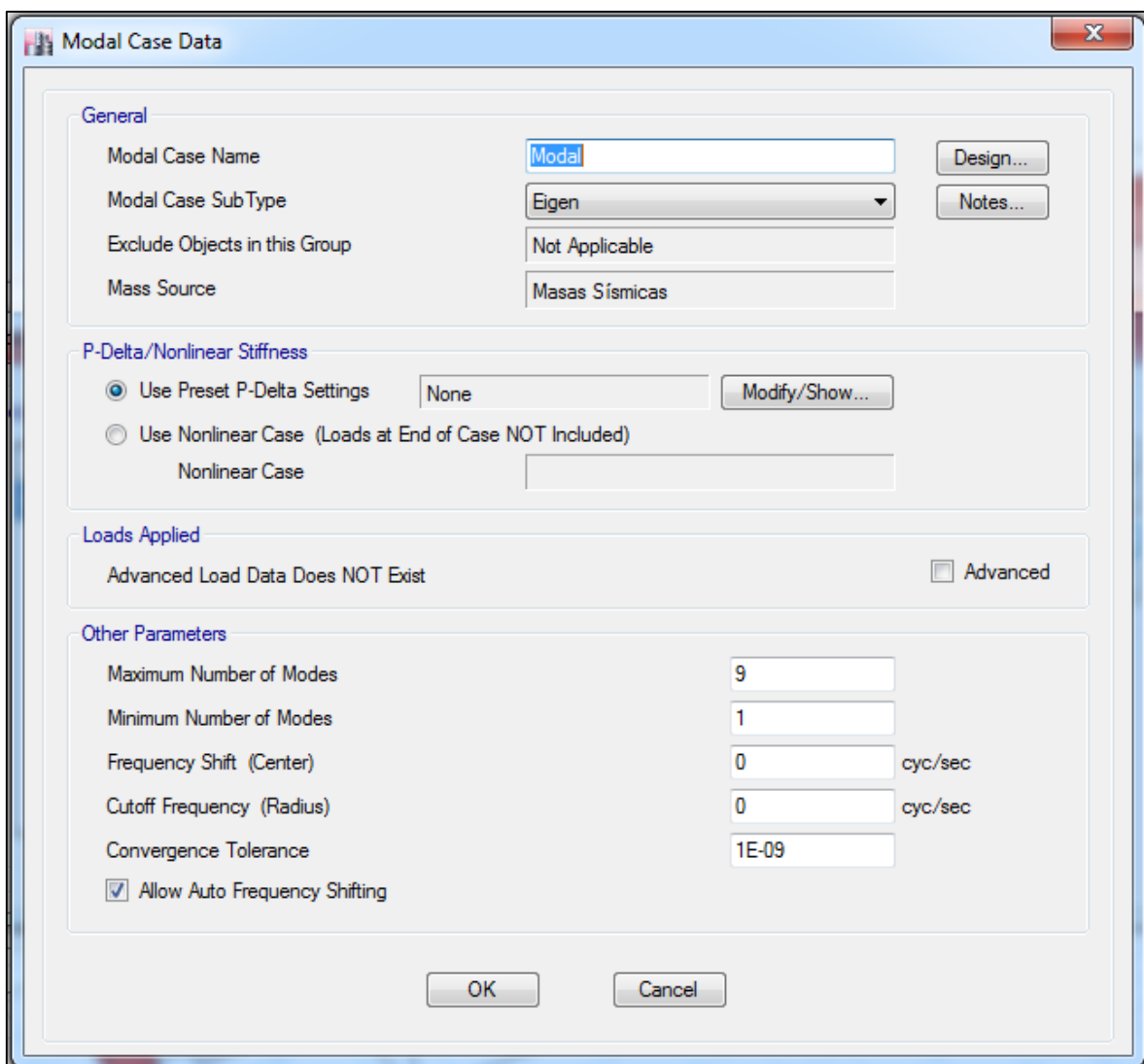
Buttons: OK, Cancel, Add, Modify, Delete

Figura 3.7. Consideraciones para obtener las masas sísmicas de la estructura según RNE – E030 vigente. Elaboración propia, 2017.

Los modos y frecuencias de la estructura, se han obtenido directamente del programa ETABS2016, se ha procedido según se recomienda en el reglamento NTE-E.030 vigente para este tipo de estructuras. Ver Figuras 3.9, 3.10 y 3.11.

Story	UX tonf-s <sup>2</sup> /m	UY tonf-s <sup>2</sup> /m	UZ tonf-s <sup>2</sup> /m
Story3	12.10851	12.10851	0
Story2	63.91176	63.91176	0
Story1	41.45287	41.45287	0
Base	6.89536	6.89536	0

**Figura 3.8.** Cálculo de masas símicas por piso. Elaboración propia, 2017.



**Figura 3.9.** Consideraciones para obtener los modos y frecuencias de vibración de la estructura. Elaboración propia, 2017.

Modal Periods and Frequencies					
1 de 9   ▶▶   Reload Apply					
Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	Circular Frequency	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	0.379	2.636	16.5635	274.3496
Modal	2	0.171	5.843	36.7109	1347.6906
Modal	3	0.154	6.511	40.9115	1673.7488
Modal	4	0.086	11.68	73.3881	5385.8085
Modal	5	0.049	20.227	127.0912	16152.1666
Modal	6	0.049	20.291	127.4922	16254.2543
Modal	7	0.044	22.858	143.6186	20626.292
Modal	8	0.033	29.888	187.7934	35266.3756
Modal	9	0.03	33.585	211.0221	44530.3134

Figura 3.10. Periodos y frecuencias de vibración de la estructura. Elaboración propia, 2017.

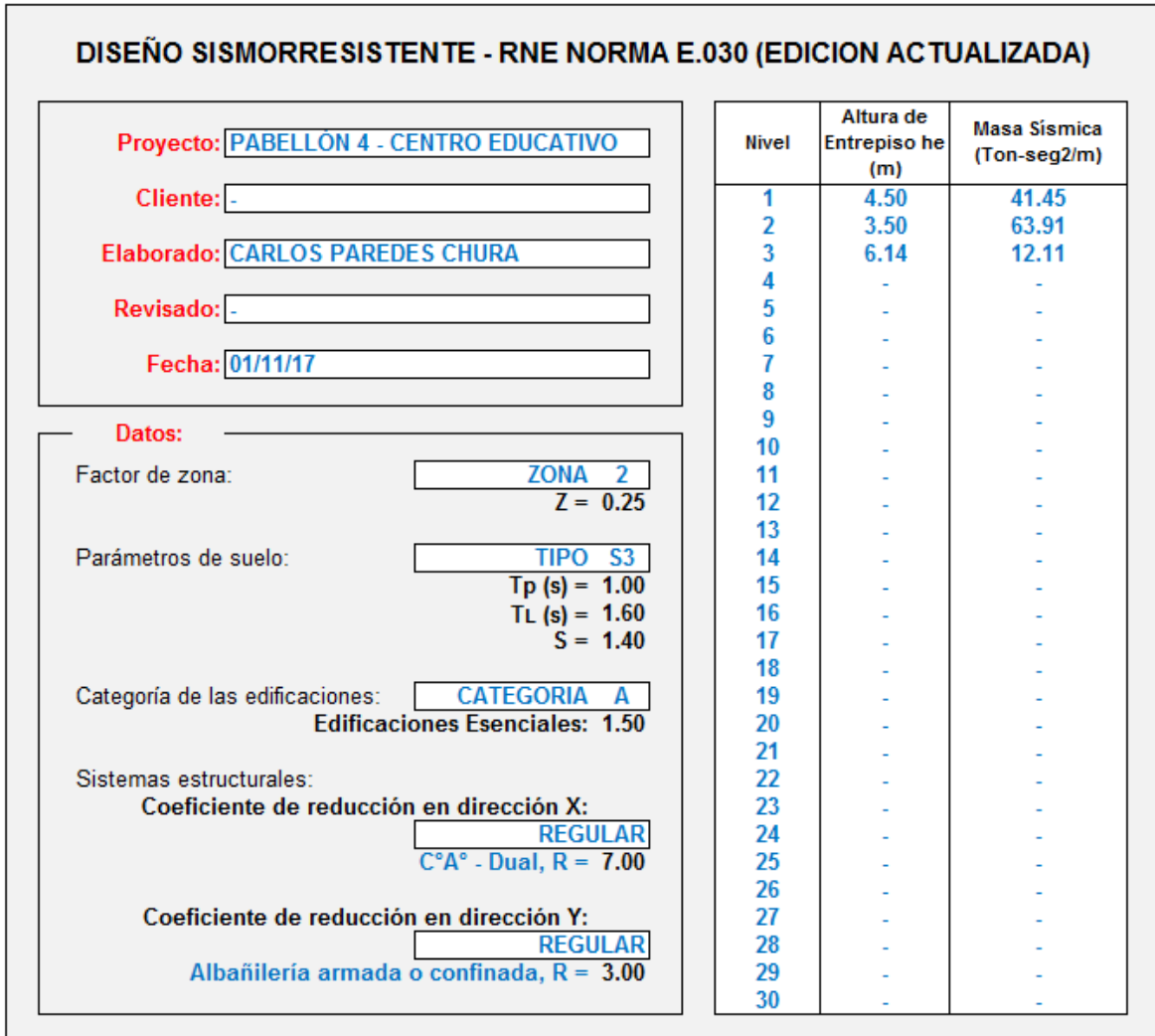
Modal Direction Factors						
1 de 9   ▶▶   Reload Apply						
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	0.379	1	0	0	0
Modal	2	0.171	0	0.984	0	0.016
Modal	3	0.154	0.003	0.017	0	0.98
Modal	4	0.086	0.998	0	0	0.002
Modal	5	0.049	0.622	0.339	0	0.039
Modal	6	0.049	0.347	0.651	0	0.002
Modal	7	0.044	0.032	0.016	0	0.952
Modal	8	0.033	0	0.931	0	0.069
Modal	9	0.03	0.001	0.067	0	0.932

Figura 3.11. Modos de vibración de la estructura. Elaboración propia, 2017.

## CARGAS SÍSMICAS

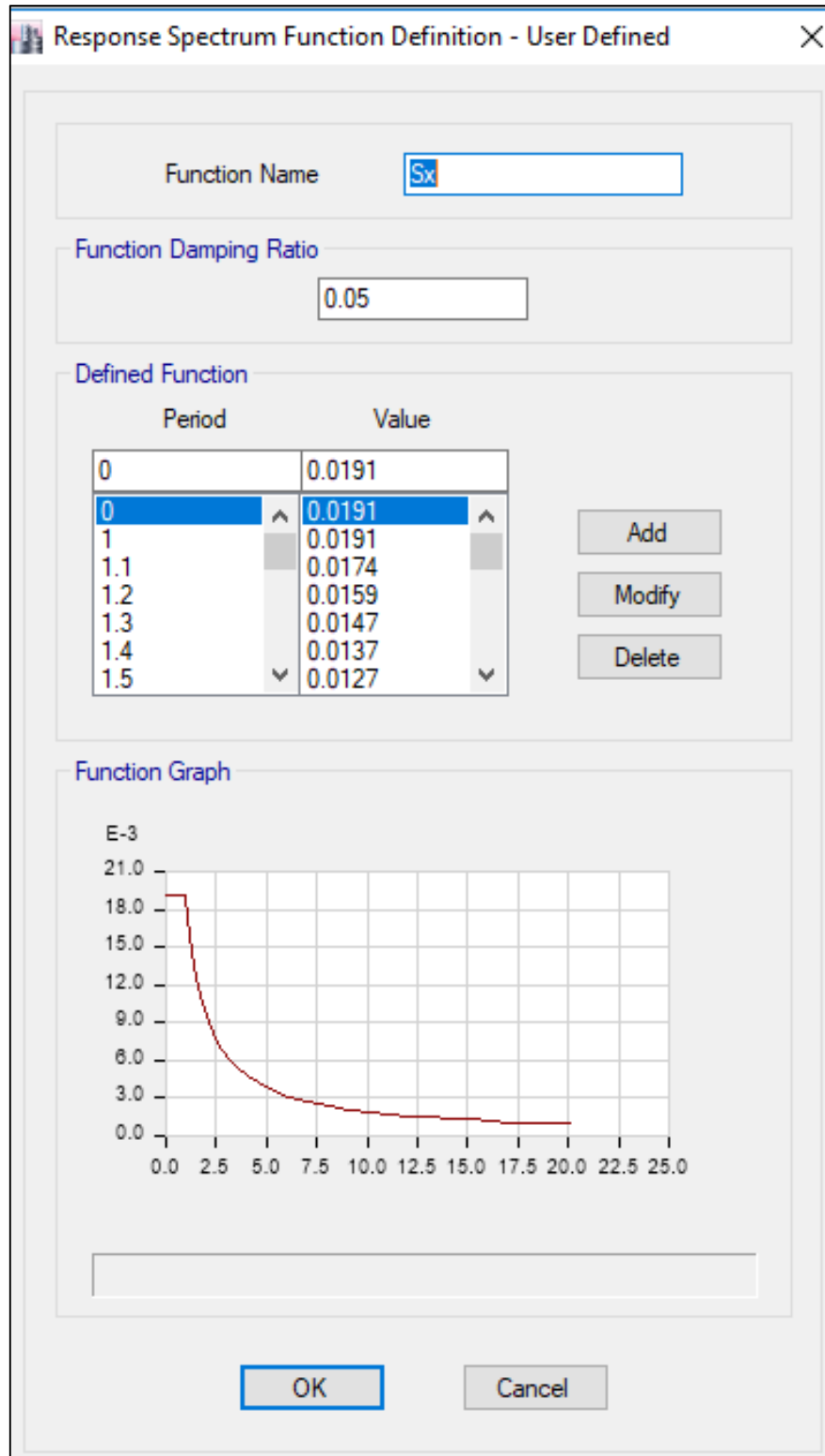
La Norma E-030 "Diseño Sismorresistente" del RNE vigente (2016), indica en el Anexo N°05, la zona sísmica al que pertenecen los departamentos y provincias del Perú. Para el departamento de Huánuco, pertenece a la Zona Sísmica 2. Por tanto, las edificaciones a construir ubicadas en la Provincia de Huánuco, corresponden a la Zona 2, y con un factor de zona,  $Z=0.25$ .

En la Figura 3.12 se muestran los parámetros sísmicos, que se han considerado para el análisis dinámico de la estructura.

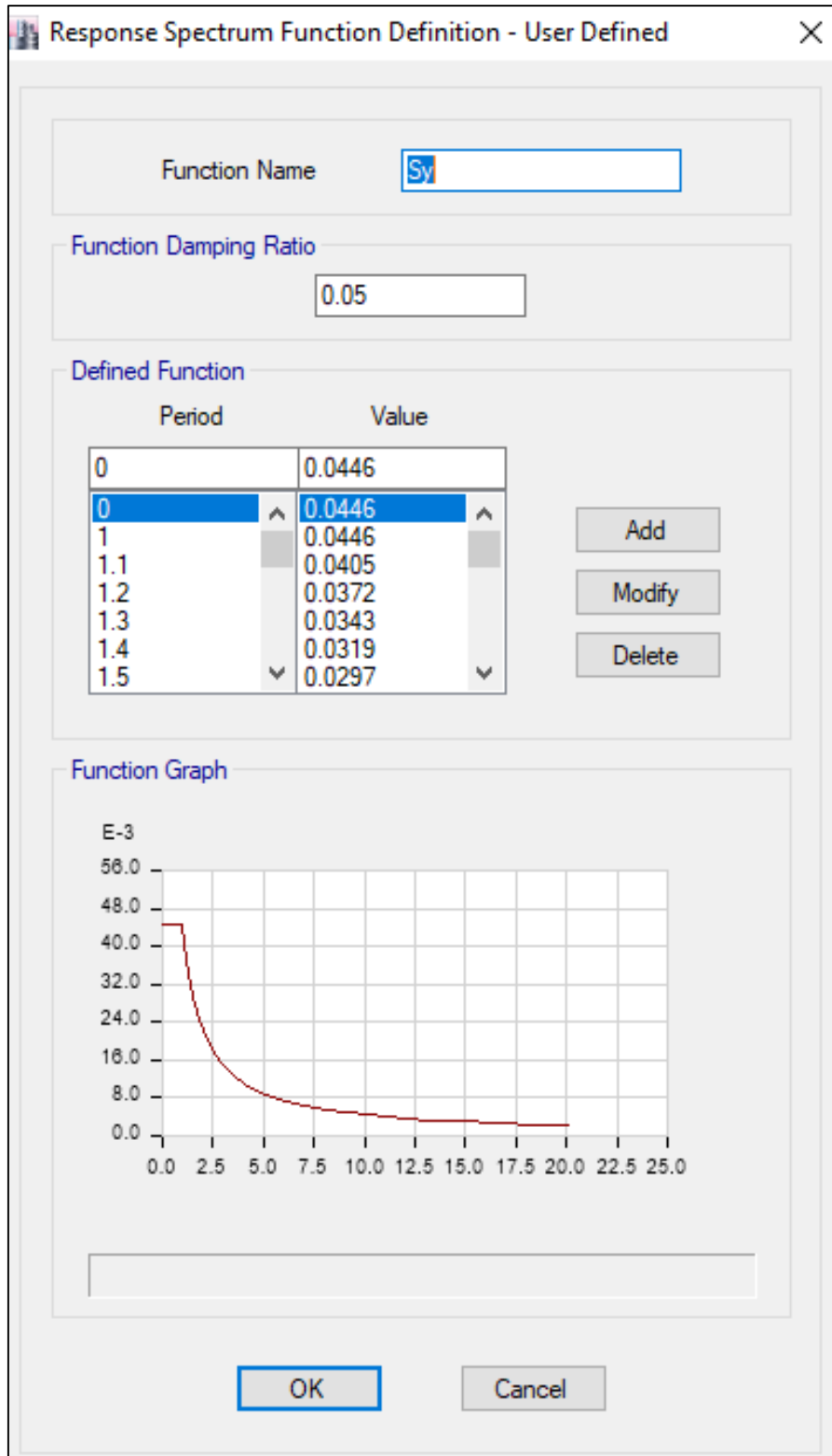


**Figura 3.12.** Parámetros sísmicos considerados para el análisis dinámico de la estructura. Elaboración propia, 2017.

A partir de los parámetros S y Tp, se determinó el espectro inelástico de pseudoaceleraciones, los cuales permitirán realizar el análisis sísmico de la edificación en cada dirección X e Y. Ver Figuras 3.13 y 3.14.



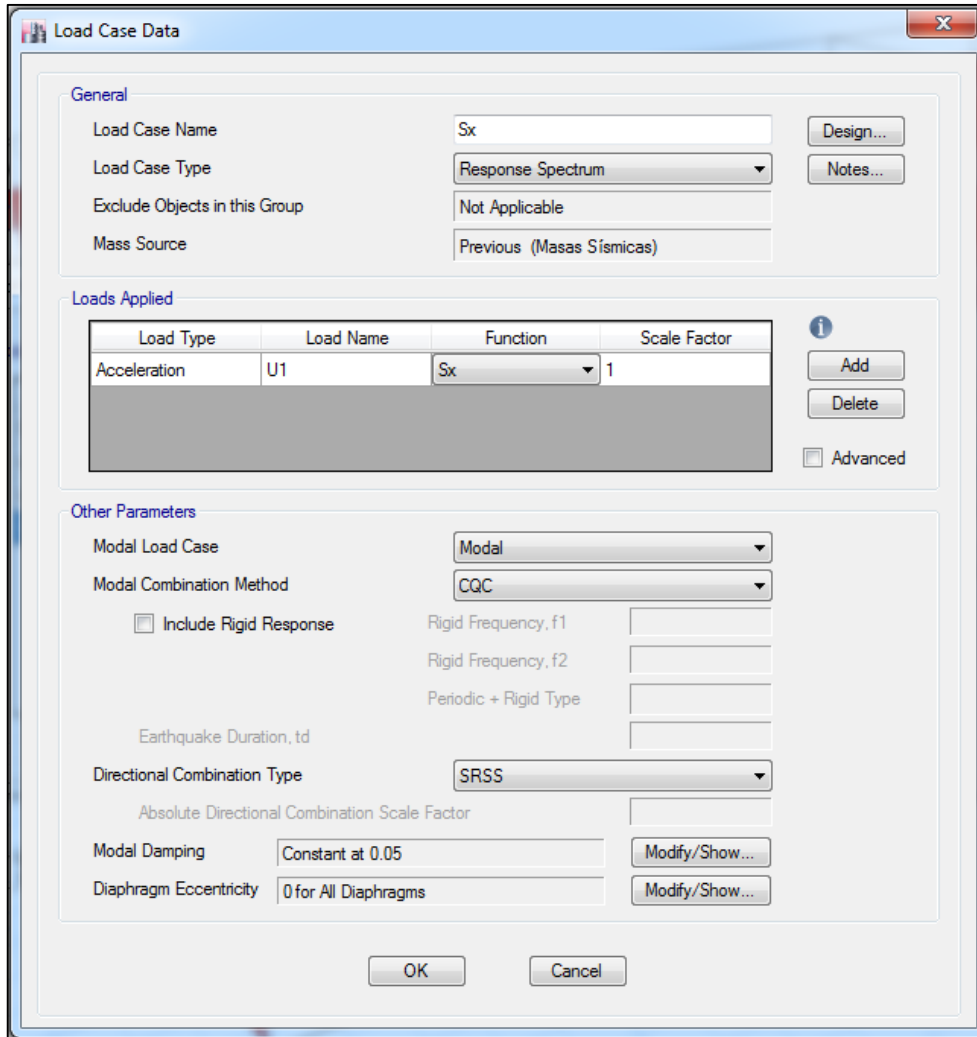
**Figura 3.13.** Espectro inelástico de Pseudoaceleraciones en dirección X. Elaboración propia, 2017.



**Figura 3.14.** Espectro inelástico de Pseudoaceleraciones en dirección Y. Elaboración propia, 2017.



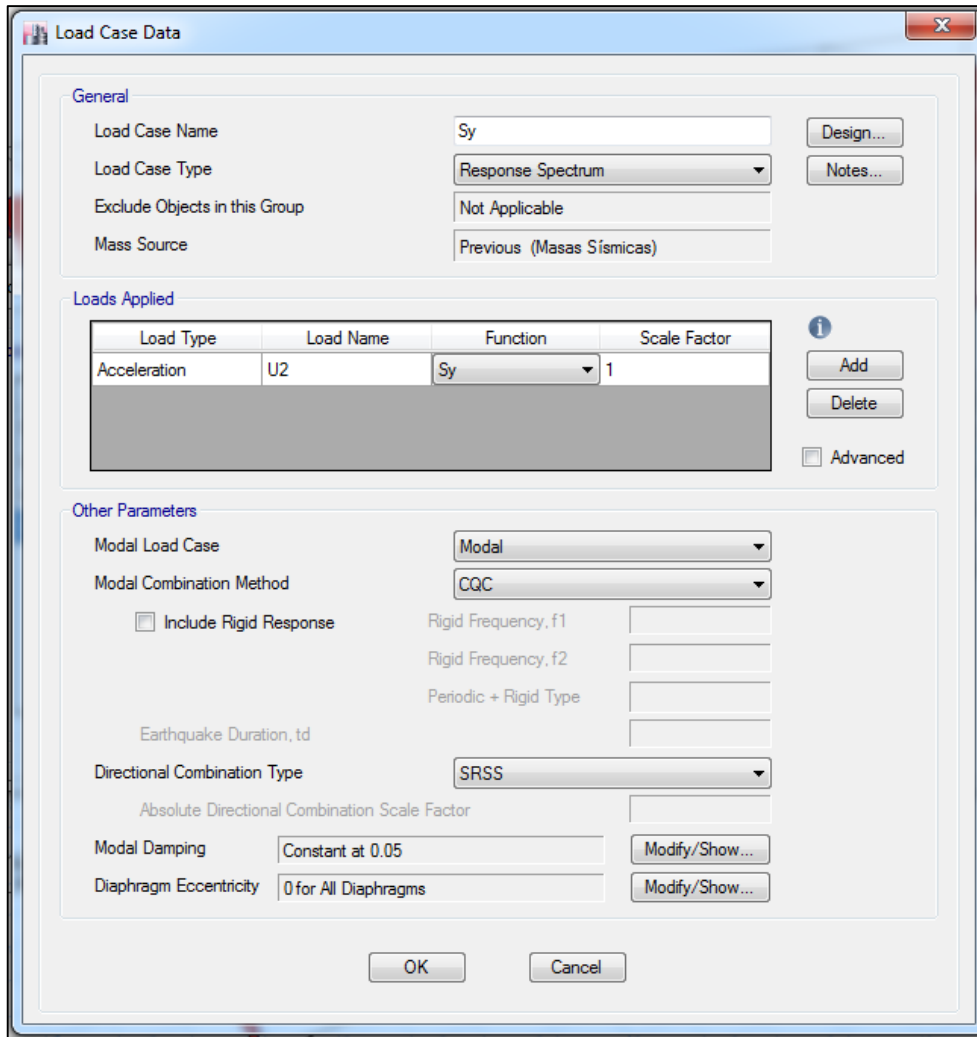
Aplicando la Raíz Cuadrada de Valores al Cuadrado (SRSS), se han obtenido los desplazamientos laterales elásticos reducidos en cada dirección de análisis. Ver Figuras 3.15, 3.16, 3.17 y 3.18.



**Figura 3.15.** Aplicación de la Raíz Cuadrada de Valores al Cuadrado (SRSS) en dirección X. Elaboración propia, 2017.

Diaphragm Center of Mass Displacements					
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX cm	UY cm	RZ rad
1	de 3	Reload	Apply		
Story3	D3	Sx Max	0.7927	0.0005	7E-06
Story2	D2	Sx Max	0.6635	0.001	7E-06
Story1	D1	Sx Max	0.3496	0.0007	4E-06

**Figura 3.16.** Desplazamientos laterales elásticos reducidos obtenidos con el programa ETABS2016 en dirección X. Elaboración propia, 2017.



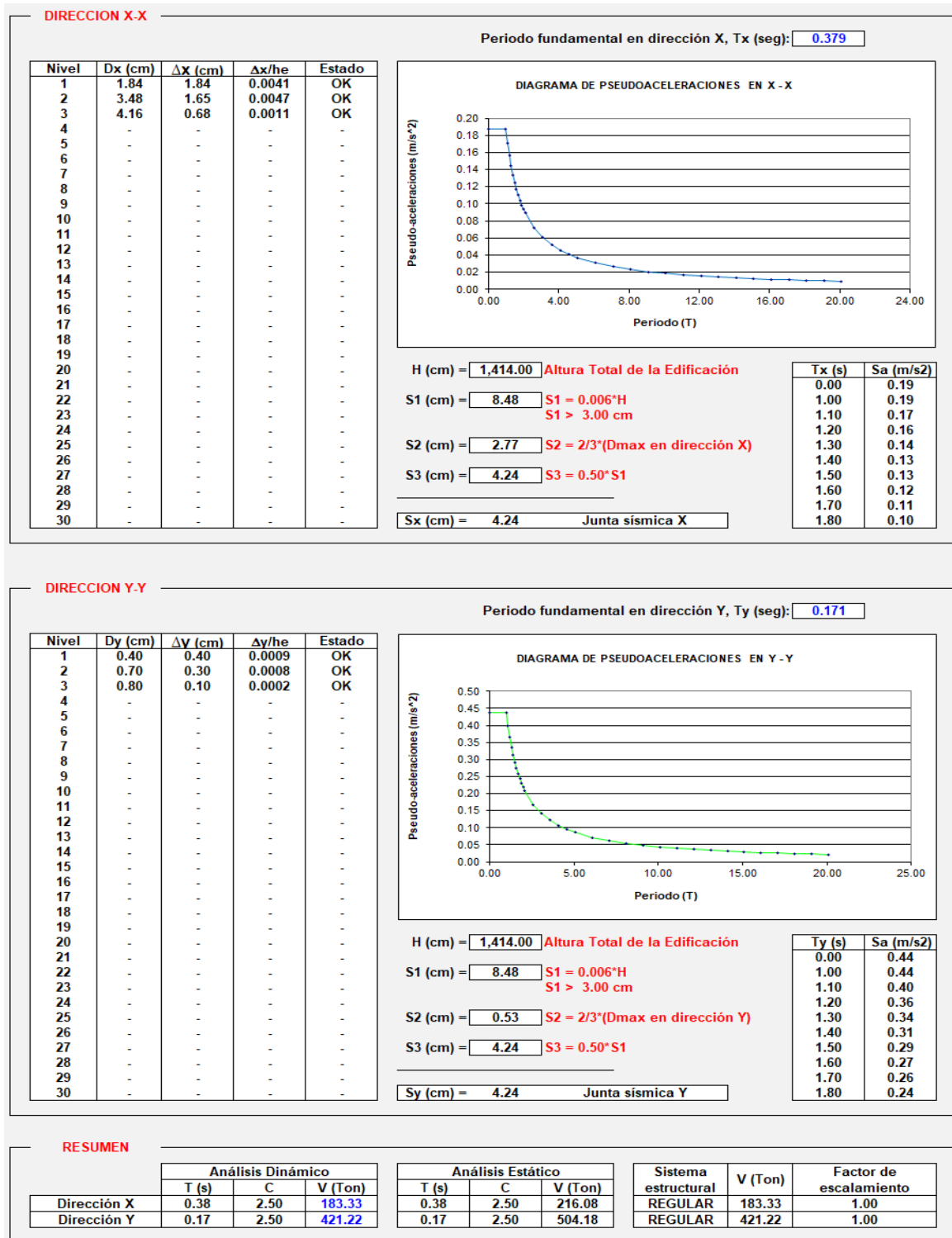
**Figura 3.17.** Aplicación de la Raíz Cuadrada de Valores al Cuadrado (SRSS) en dirección Y. Elaboración propia, 2017.

Diaphragm Center of Mass Displacements						
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX cm	UY cm	RZ rad	
Story3	D3	Sy Max	0.0124	0.3565	8.6E-05	
Story2	D2	Sy Max	0.002	0.3107	7.3E-05	
Story1	D1	Sy Max	0.0017	0.1795	4.2E-05	

**Figura 3.18.** Desplazamientos laterales elásticos reducidos obtenidos con el programa ETABS2016 en dirección Y. Elaboración propia, 2017.

Los desplazamientos laterales que nos proporciona el programa están en base a las solicitaciones sísmicas reducidas, por ende, se debe multiplicar dicho desplazamiento lateral elástico por  $0.75R$  para obtener los desplazamientos laterales inelásticos, que serían los desplazamientos esperados ante un sismo

no reducido. Ver Figura 3.19. Las Figuras 3.20 y 3.21 muestran las fuerzas cortantes dinámicas elásticas reducidos por piso obtenidos con el programa ETABS2016 en direcciones X e Y respectivamente.



**Figura 3.19.** Análisis Dinámico Inelástico no reducido en dirección X e Y. Elaboración propia, 2017.

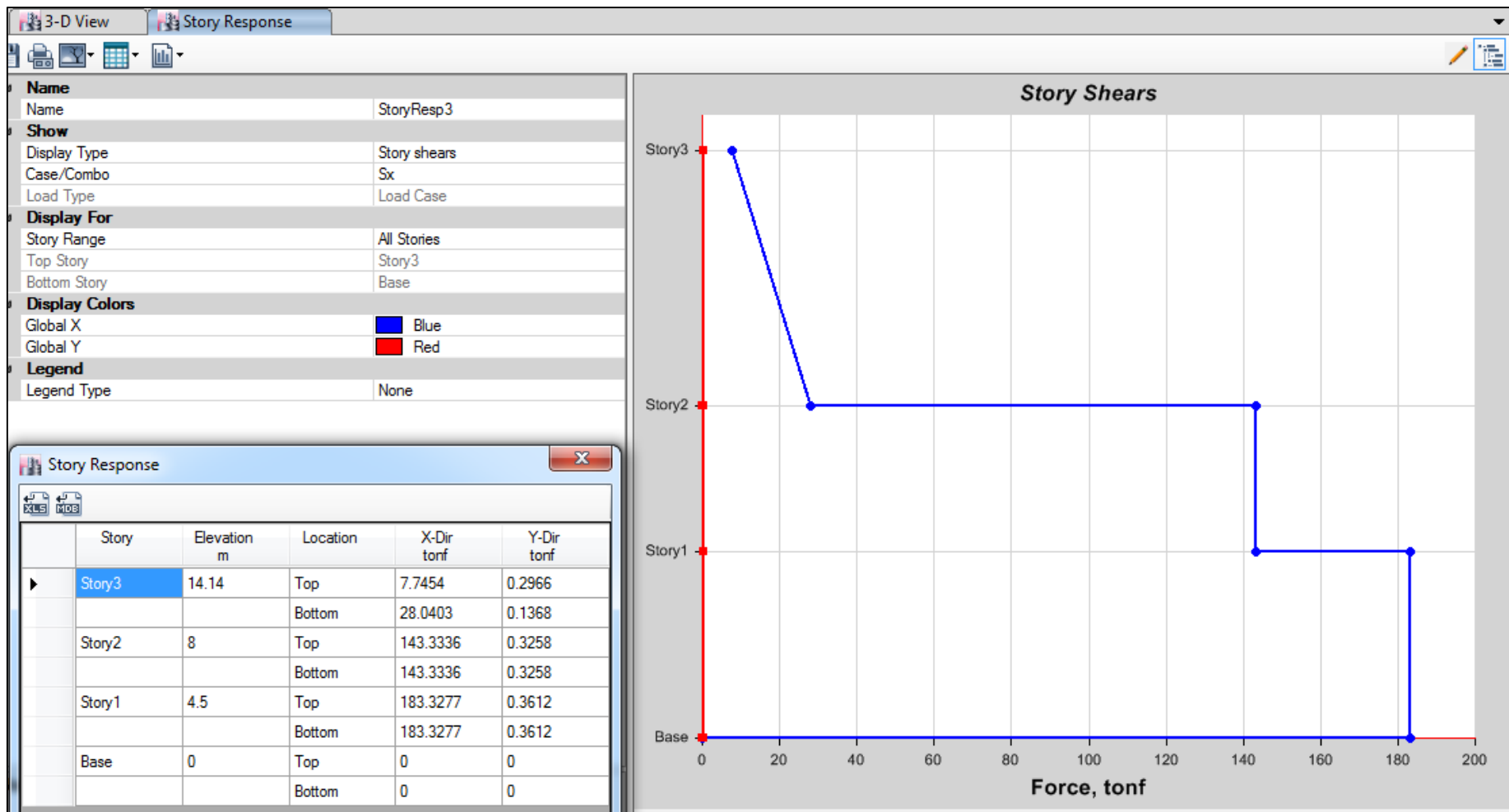


Figura 3.20. Fuerza Cortante Dinámica elástica reducida por piso obtenidas con el programa ETABS2016 en dirección X. Elaboración propia, 2017.

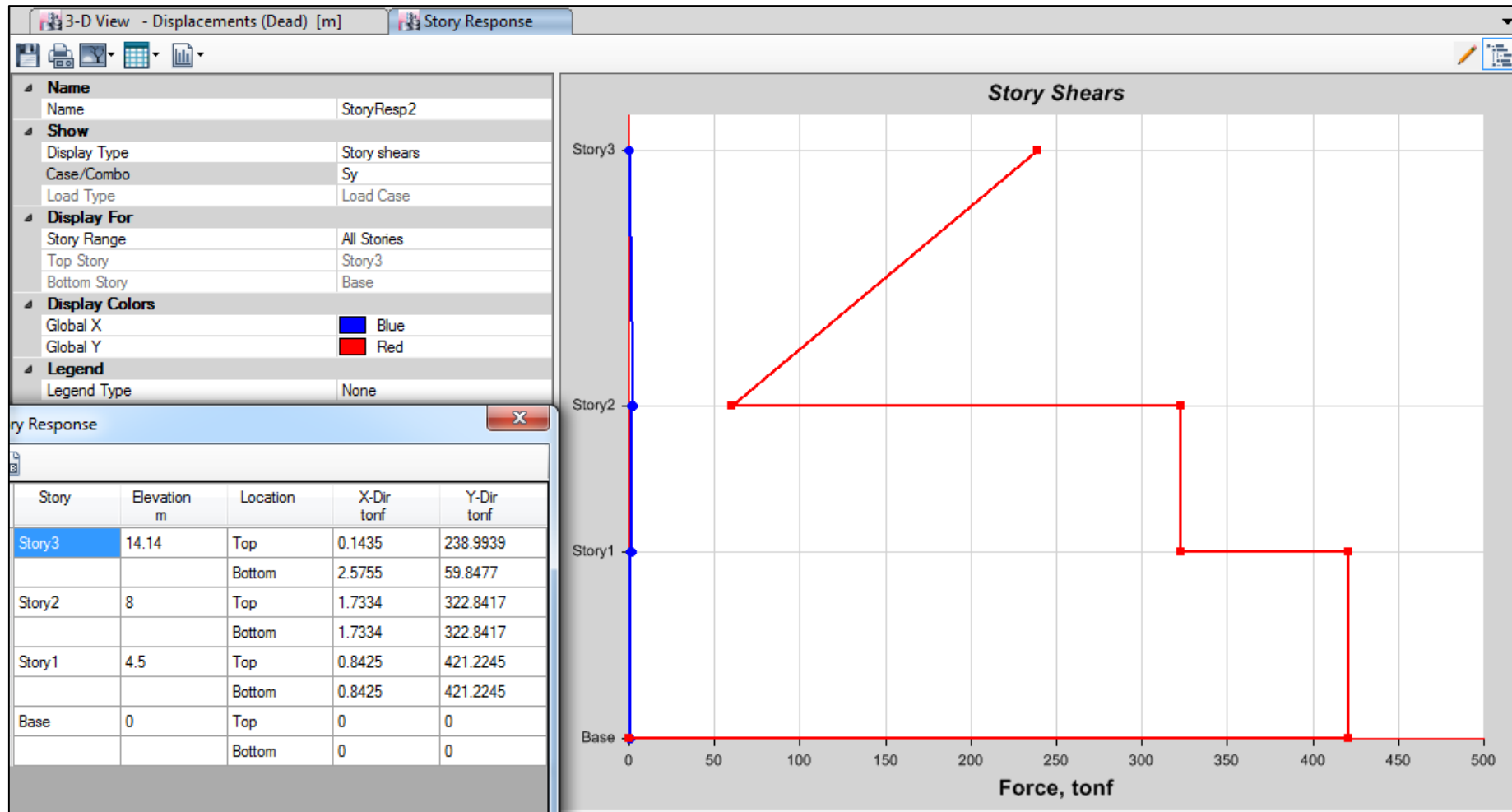


Figura 3.21. Fuerza Cortante Dinámica elástica reducida por piso obtenidas con el programa ETABS2016 en dirección Y. Elaboración propia, 2017.

### 3.2.2 Variable Independiente: Usando el Método de Espectro de Capacidad.

#### Aplicación del procedimiento

Del análisis dinámico elástico reducido (inelástico no reducido) ejecutado en el programa ETABS2016 y siguiendo la normativa vigente del RNE – E030, obtenemos las fuerzas cortantes de entrepiso en cada dirección de análisis que se muestran en las Figuras 3.20 y 3.21. Con las fuerzas cortantes luego obtendremos las fuerzas sísmicas en cada piso de la estructura en cada dirección de análisis; tal y como, se muestra en la Figura 3.22.

FUERZAS SÍSMICAS EN CADA NIVEL				
DIRECCION X-X				
Nivel	Peso P (Ton)	Altitud de Piso h (m)	Cortante Base Vx (Ton)	Fuerza Sísmica Fx (Ton)
1	406.65	4.50	183.33	39.99
2	626.97	8.00	143.33	115.29
3	118.78	14.14	28.04	28.04

DIRECCION Y-Y				
Nivel	Peso P (Ton)	Altitud de Piso h (m)	Cortante Base Vy (Ton)	Fuerza Sísmica Fy (Ton)
1	406.65	4.50	421.22	98.38
2	626.97	8.00	322.84	262.99
3	118.78	14.14	59.85	59.85

**Figura 3.22.** Fuerzas Sísmicas elásticas reducidas por piso en cada dirección. Elaboración propia, 2017.

El programa ETABS2016 proporciona el centro de masas y rigidez de cada piso (ver Figura 3.23). En los centros de rigidez de cada piso se colocan las fuerzas sísmicas en cada dirección. Ver Figuras 3.24, 3.25, 3.26 y 3.27.

Story	Diaphragm	Mass X tonf-s <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCR m	YCR m
Story1	PISO1	18.55837	18.55837	0.112	1.2956
Story2	PISO2	40.69235	40.69235	0.1068	1.2544
Story3	PISO3	12.13456	12.13456	0.0466	1.2501

Figura 3.23. Centro de masas y rigideces de cada piso. Elaboración propia, 2017.

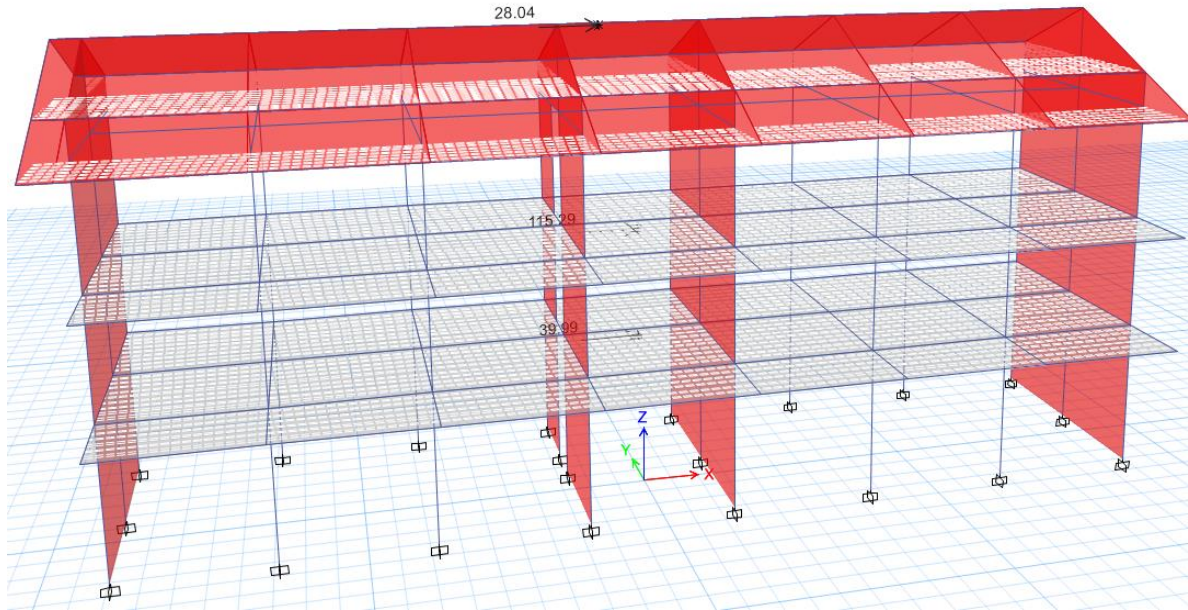


Figura 3.24. Distribución de fuerzas sísmicas, dirección X. Elaboración propia, 2017.

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type: Linear Static Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Masas Sísmicas

**P-Delta/Nonlinear Stiffness**

Use Preset P-Delta Settings None Modify/Show...

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case:

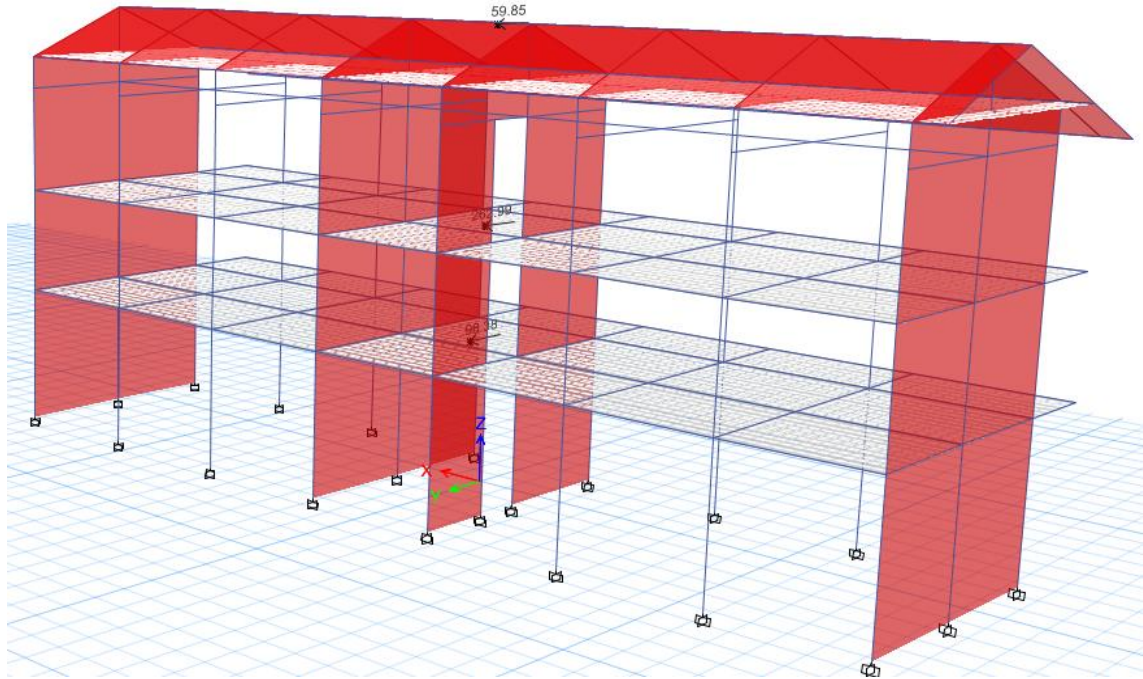
**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	PushSx	1

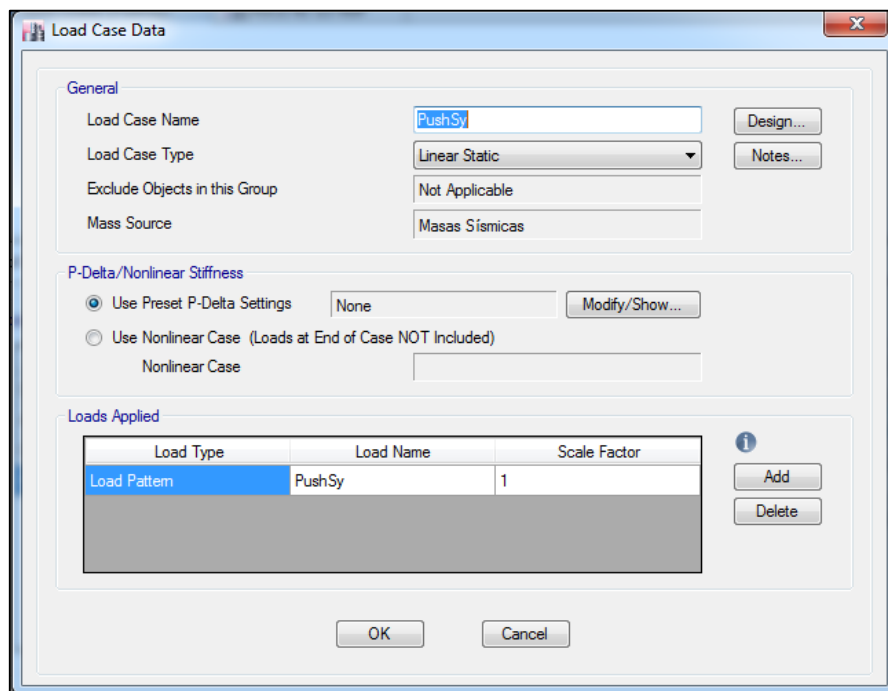
Add Delete

OK Cancel

Figura 3.25. Definición de cargas sísmicas en ETABS2016, dirección X. Elaboración propia, 2017.



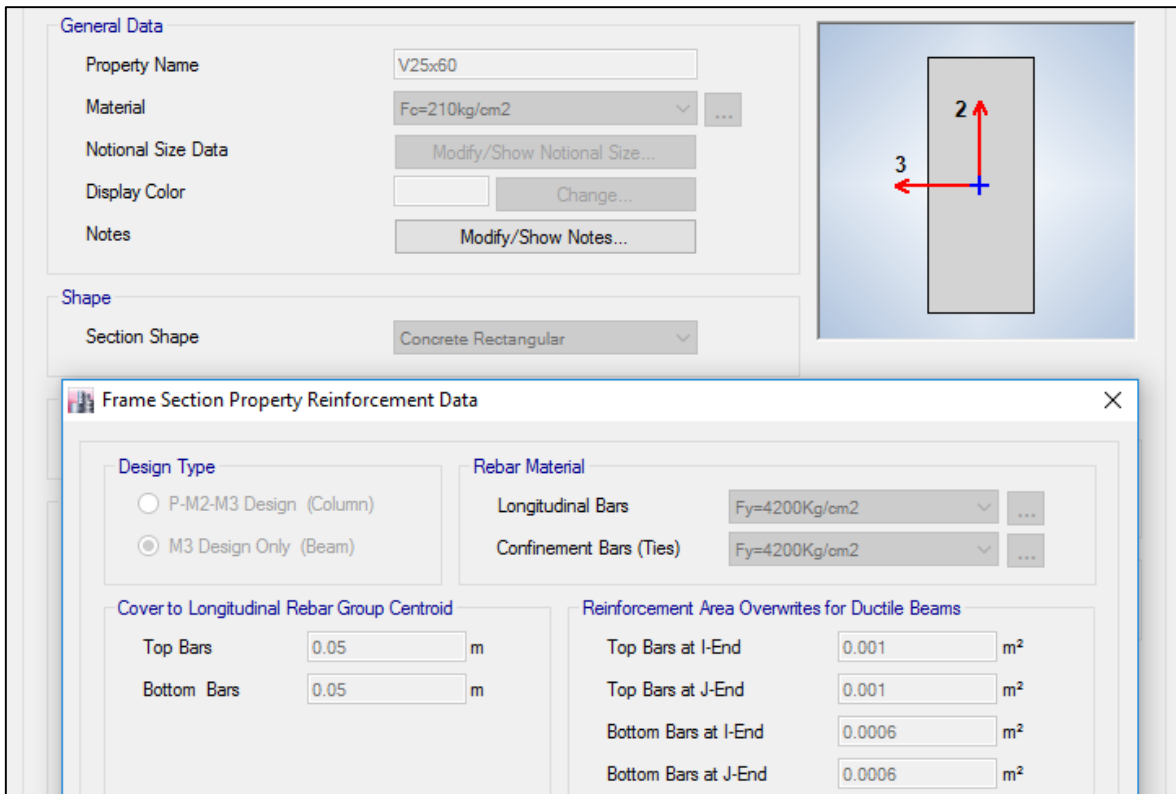
**Figura 3.26.** Distribución de fuerzas sísmicas, dirección Y. Elaboración propia, 2017.



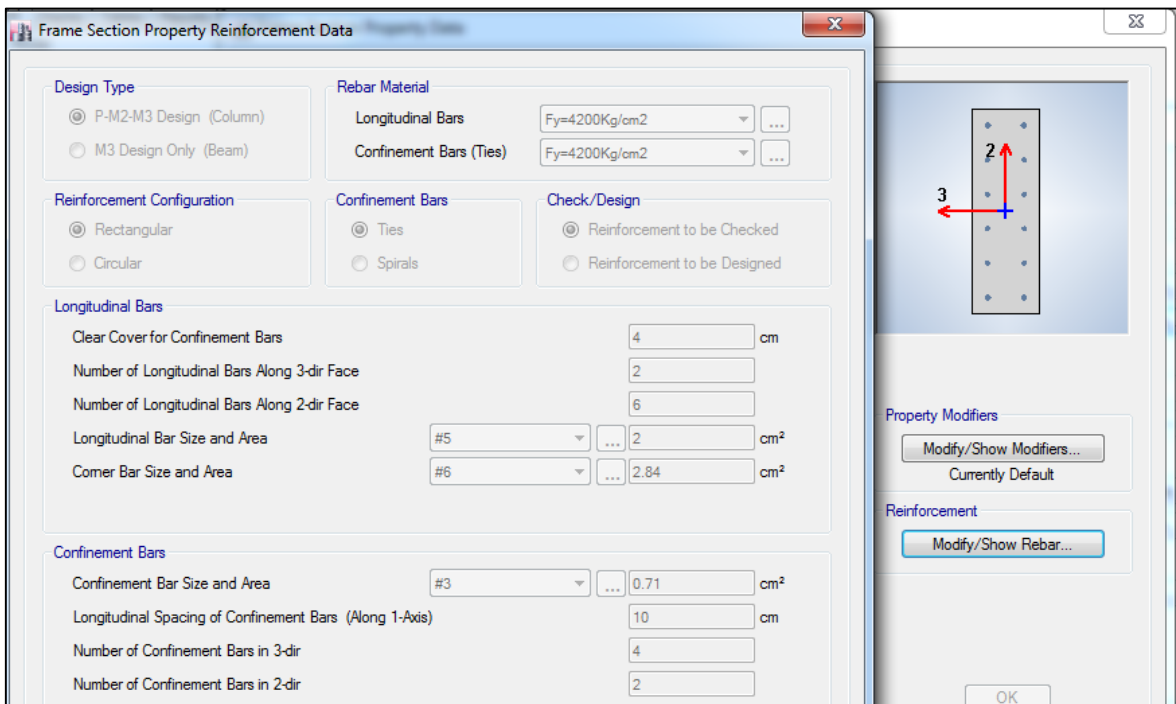
**Figura 3.27.** Definición de cargas sísmicas en ETABS2016, dirección Y. Elaboración propia, 2017.

Luego se colocan los refuerzos en cada elemento estructural (vigas, placas y columnas), de acuerdo a los planos que se adjuntan en el Anexo 6, para luego poder definir las rótulas plásticas según las tablas del Fema 356 para vigas y columnas. Ver Figuras 3.28 y 3.29.





**Figura 3.28.** Distribución de refuerzos en vigas. Elaboración propia, 2017.



**Figura 3.29.** Distribución de refuerzos en columnas. Elaboración propia, 2017.

Después de definir las rótulas plásticas (hinges), utilizamos el programa ETABS2016; para realizar el análisis estático no lineal basado en empujones horizontales en ambas direcciones (PUSHOVER). Las Figuras 3.30 y 3.31, muestran las fuerzas cortantes en la base de la estructura vs los desplazamientos en la parte superior del techo de la estructura.

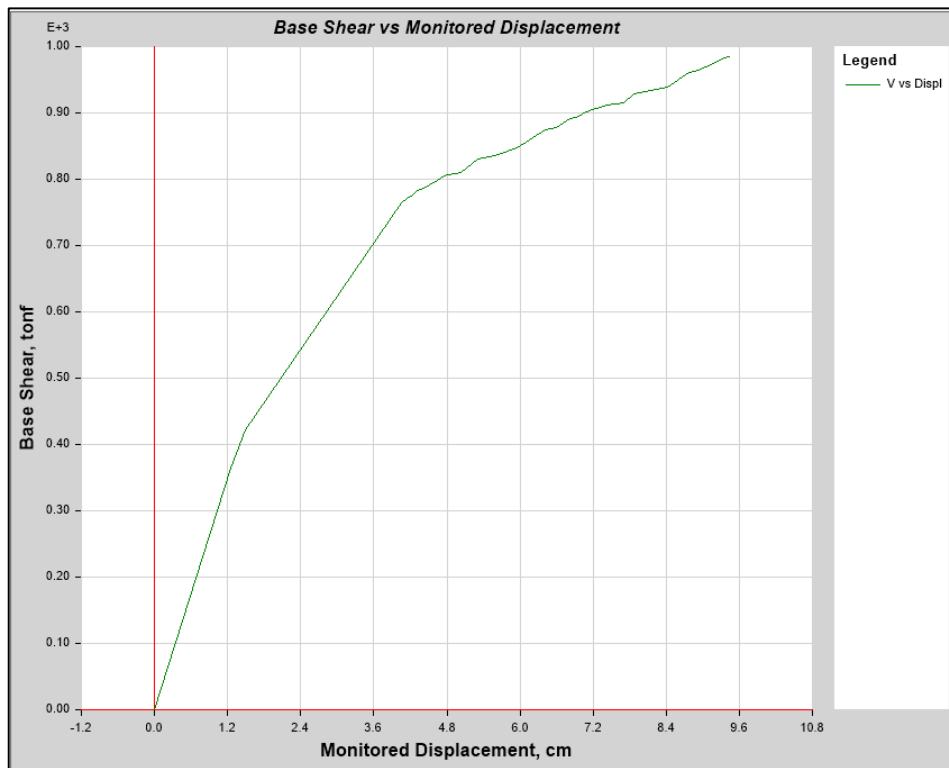
Step	Monitored Displ cm	Base Force tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	-0.0003	0	166	0	0	0	0	166	0	0	0	166
1	1.2448	364.5955	164	2	0	0	0	166	0	0	0	166
2	1.4845	422.2282	154	12	0	0	0	166	0	0	0	166
3	4.0543	763.9101	129	37	0	0	0	165	0	0	1	166
4	4.1665	773.7249	124	42	0	0	0	165	0	0	1	166
5	4.234	776.8757	124	42	0	0	0	165	0	0	1	166
6	4.3195	783.2001	122	44	0	0	0	158	7	0	1	166
7	4.4262	785.6627	122	44	0	0	0	153	12	0	1	166
8	4.506	791.9724	120	46	0	0	0	152	12	0	2	166
9	4.6519	798.4096	120	46	0	0	0	152	12	0	2	166
10	4.7511	805.3274	119	47	0	0	0	152	12	0	2	166
11	4.8161	807.4101	119	47	0	0	0	151	13	0	2	166
12	5.038	810.8794	119	47	0	0	0	150	14	0	2	166
13	5.3131	830.5724	117	49	0	0	0	149	14	0	3	166
14	5.5874	836.0394	117	49	0	0	0	149	14	0	3	166
15	5.9532	847.1187	117	49	0	0	0	147	14	0	5	166
16	6.4104	874.3096	117	49	0	0	0	144	5	12	5	166
17	6.5933	877.1371	117	49	0	0	0	133	16	12	5	166
18	6.8205	891.7824	117	49	0	0	0	133	16	12	5	166
19	6.9653	894.9592	116	50	0	0	0	133	16	12	5	166
20	7.0735	901.4444	116	46	4	0	0	132	16	13	5	166
21	7.0735	901.4474	116	46	0	1	3	132	16	13	5	166
22	7.0735	901.4474	116	46	0	0	4	132	16	13	5	166
23	7.1455	903.9271	116	42	3	0	5	132	16	8	10	166
24	7.1455	903.9297	116	42	0	0	8	132	16	8	10	166
25	7.1766	905.6986	116	38	4	0	8	132	16	7	11	166
26	7.1766	905.7015	116	38	0	1	11	132	16	7	11	166
27	7.1766	905.7016	116	38	0	0	12	132	16	7	11	166
28	7.2638	906.3442	115	39	0	0	12	132	16	1	17	166
29	7.43	911.3926	115	39	0	0	12	132	16	1	17	166
30	7.6949	915.3754	114	39	1	0	12	130	18	1	17	166
31	7.8727	928.0612	112	39	0	0	15	130	18	0	18	166
32	8.4203	938.674	109	41	0	0	16	129	17	2	18	166
33	8.7792	961.3695	106	44	0	0	16	129	7	11	19	166
34	8.9267	964.8959	106	44	0	0	16	129	3	15	19	166
35	9.2216	975.8188	106	43	1	0	16	129	3	15	19	166
36	9.353	982.5847	105	41	0	0	20	129	3	13	21	166
37	9.4267	984.2467	105	39	1	0	21	129	2	12	23	166
38	9.4269	984.2573	105	39	0	0	22	129	2	12	23	166

**Figura 3.30.** Fuerza cortante en la base vs desplazamiento en dirección X. Elaboración propia, 2017.

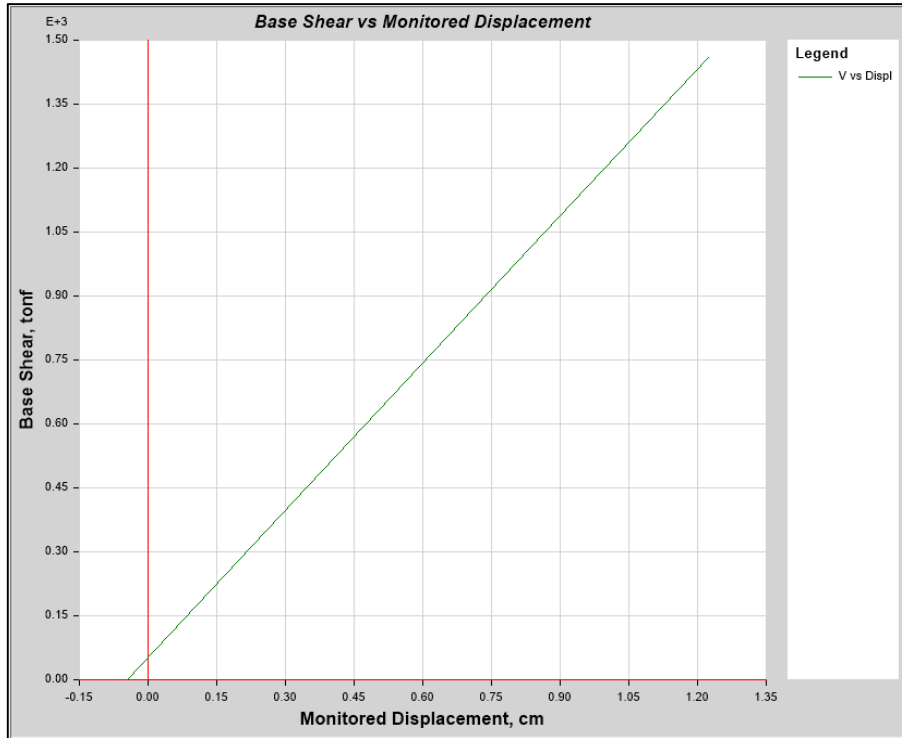
Step	Monitored Displ cm	Base Force tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	-0.0449	0	166	0	0	0	0	166	0	0	0	166
1	0.9252	1117.7556	165	1	0	0	0	166	0	0	0	166
2	1.2242	1459.3118	161	5	0	0	0	163	0	0	3	166

**Figura 3.31.** Fuerza cortante en la base vs desplazamiento en dirección Y. Elaboración propia, 2017.

Las Figuras 3.32 y 3.33, muestran los gráficos respectivos que nos proporciona el programa ETABS2016 de las fuerzas cortantes en la base de la estructura vs los desplazamientos en la parte superior del techo de la estructura en ambas direcciones.

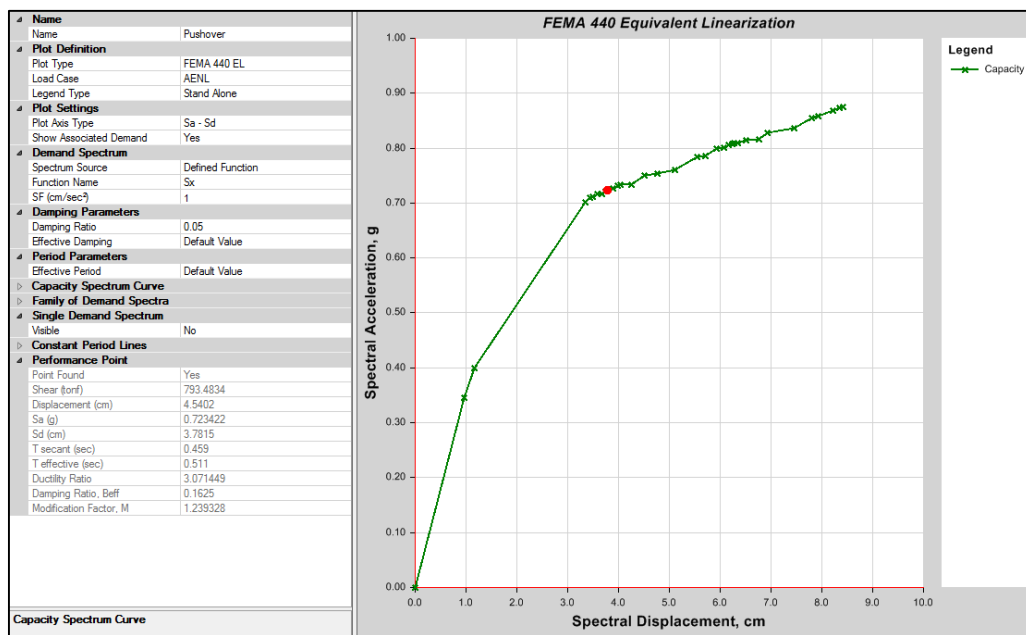


**Figura 3.31.** Gráfica fuerza cortante en la base vs desplazamiento en dirección X. Elaboración propia, 2017.

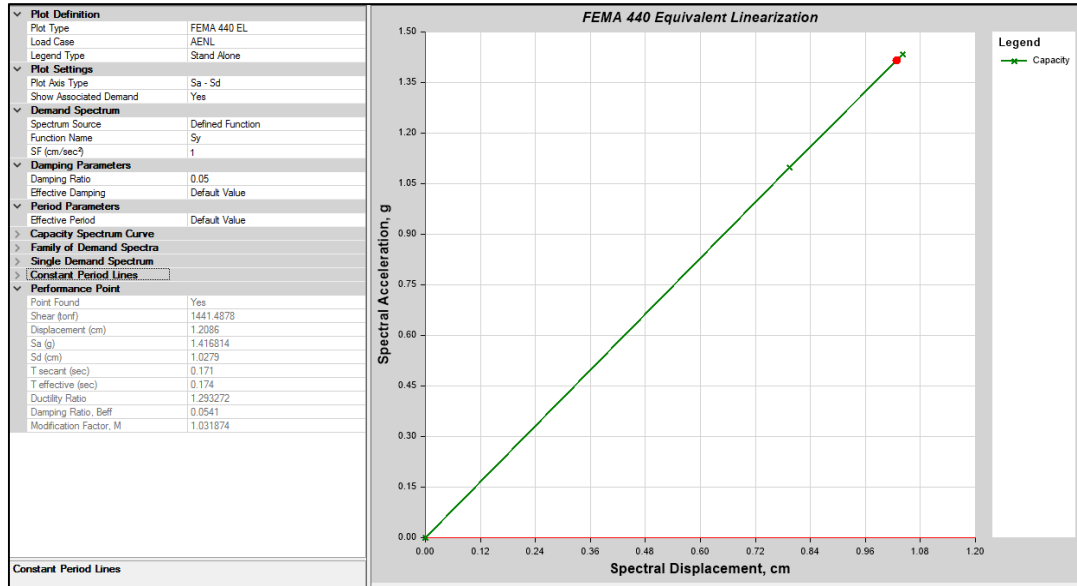


**Figura 3.32.** Gráfica fuerza cortante en la base vs desplazamiento en dirección Y. Elaboración propia, 2017.

El programa ETABS2016 también nos proporciona el espectro de capacidad de la estructura en ambas direcciones de acuerdo al FEMA 440 (ver Figuras 3.33 y 3.34).

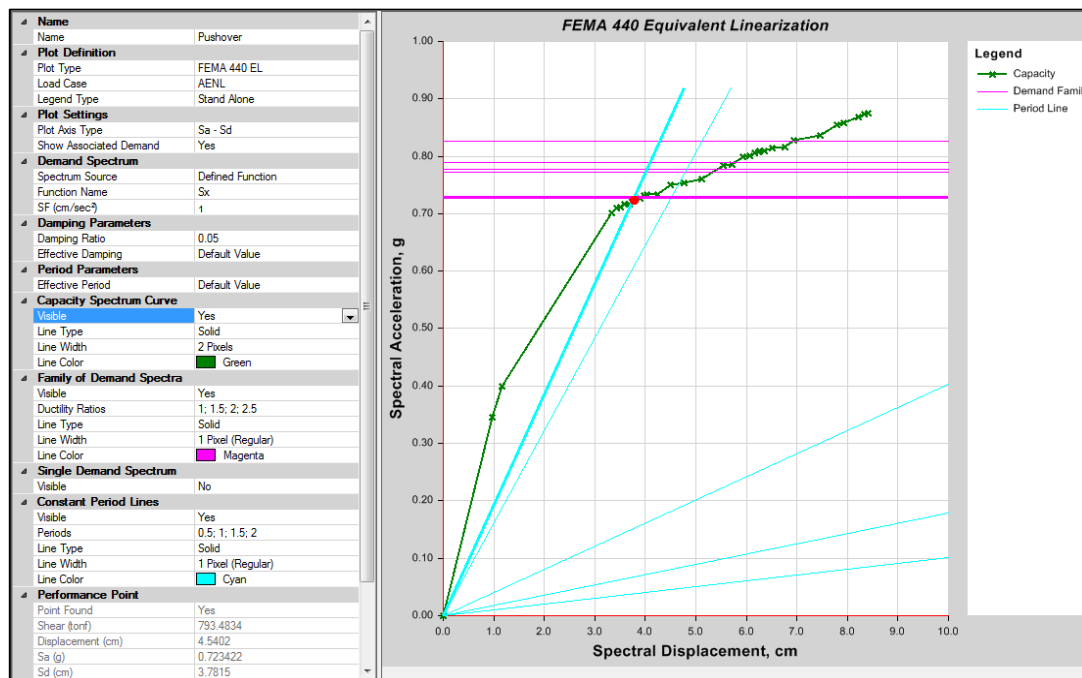


**Figura 3.33.** Espectro de Capacidad en dirección X, de acuerdo al FEMA 440. Elaboración propia, 2017.

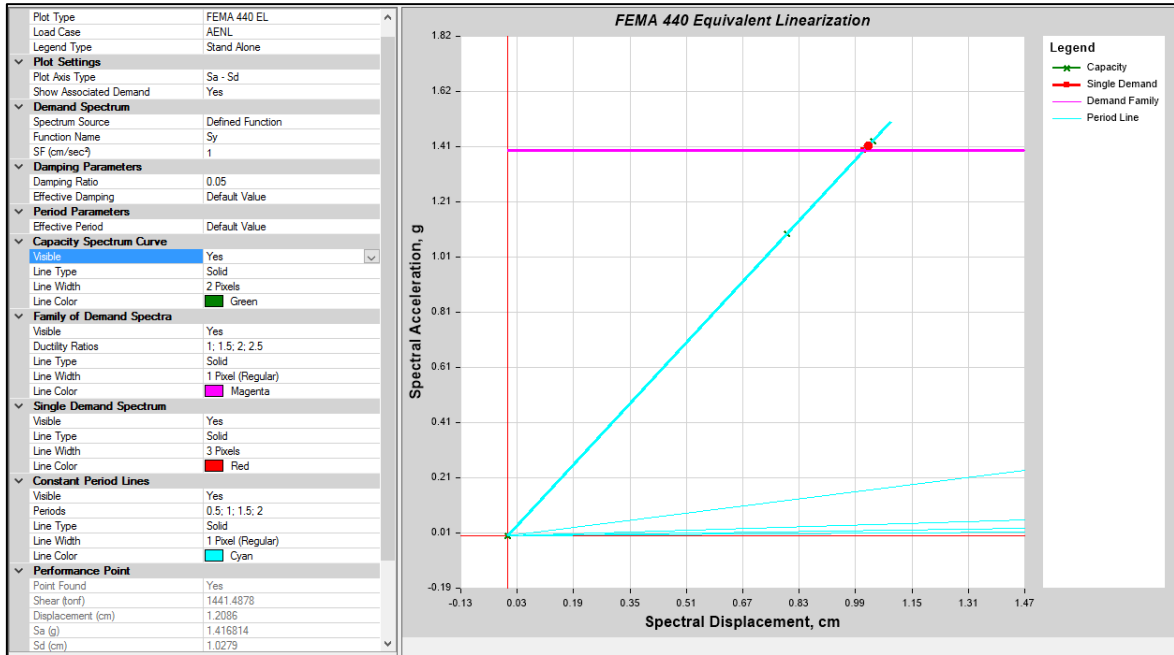


**Figura 3.34.** Espectro de Capacidad en dirección Y, de acuerdo al FEMA 440. Elaboración propia, 2017.

De igual manera, el programa ETABS2016, nos proporciona el punto de desempeño de la estructura en ambas direcciones de acuerdo al FEMA 440 (ver Figuras 3.35 y 3.36).

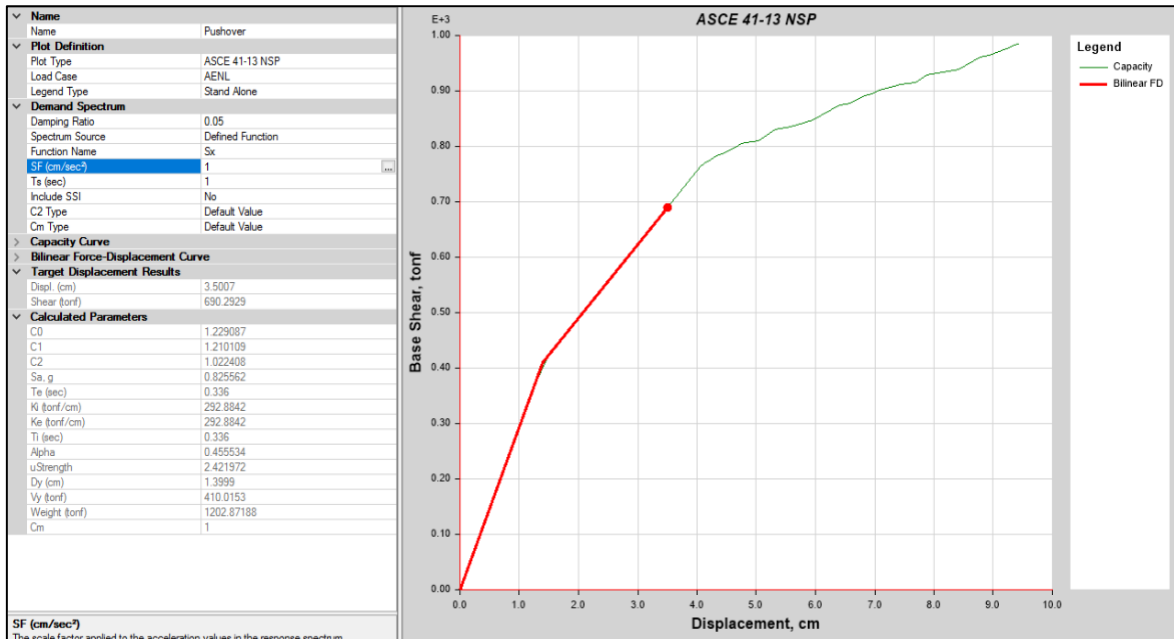


**Figura 3.35.** Punto de Desempeño en dirección X, de acuerdo al FEMA 440. Elaboración propia, 2017.

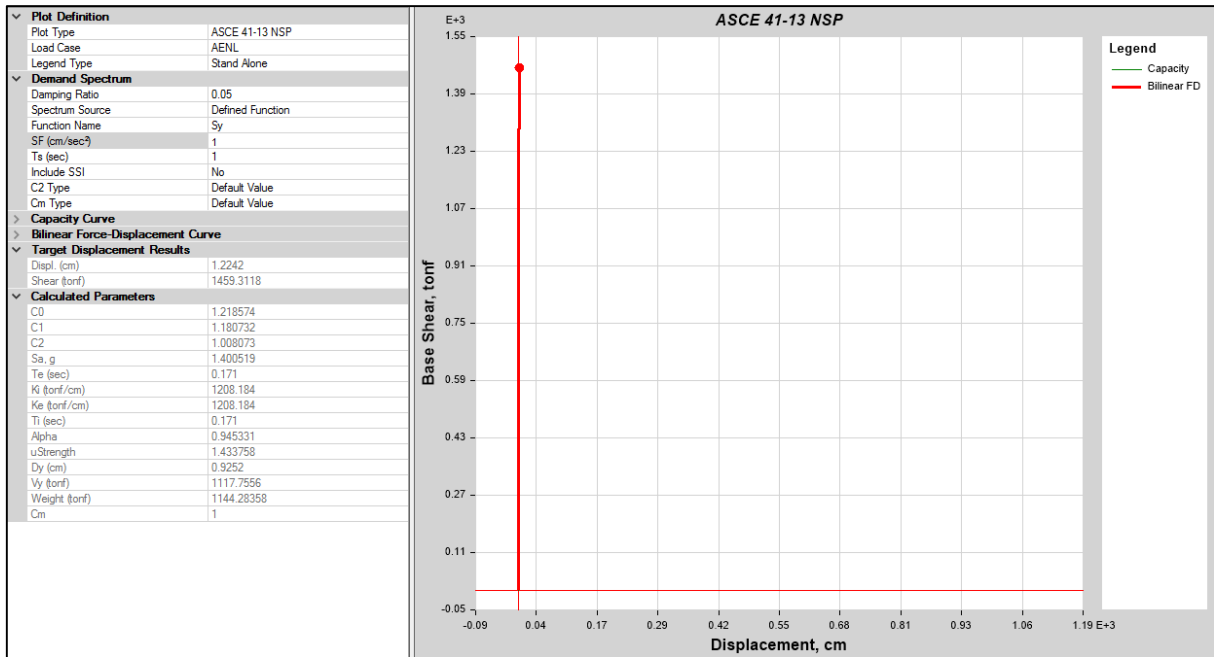


**Figura 3.36.** Punto de Desempeño en dirección Y, de acuerdo al FEMA 440. Elaboración propia, 2017.

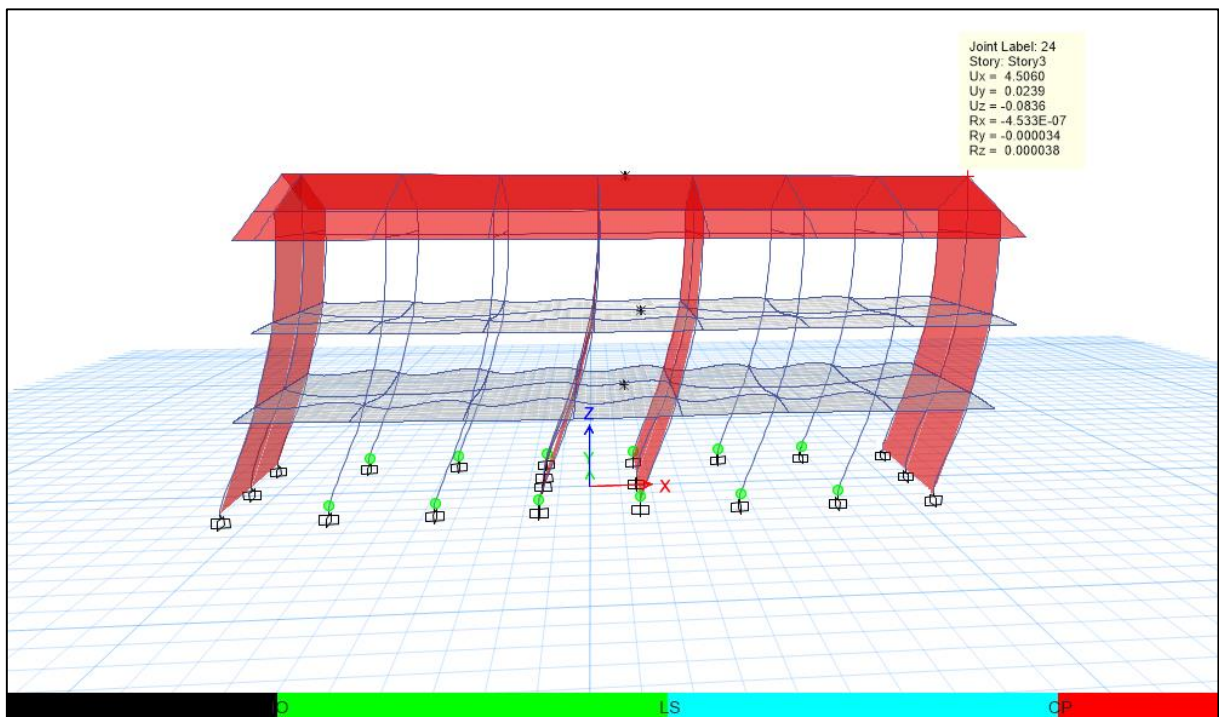
Además, el programa ETABS2016, nos proporciona el punto de desempeño de la estructura en ambas direcciones de acuerdo al ASCE 41-13 NSP (ver Figuras 3.37 y 3.38).



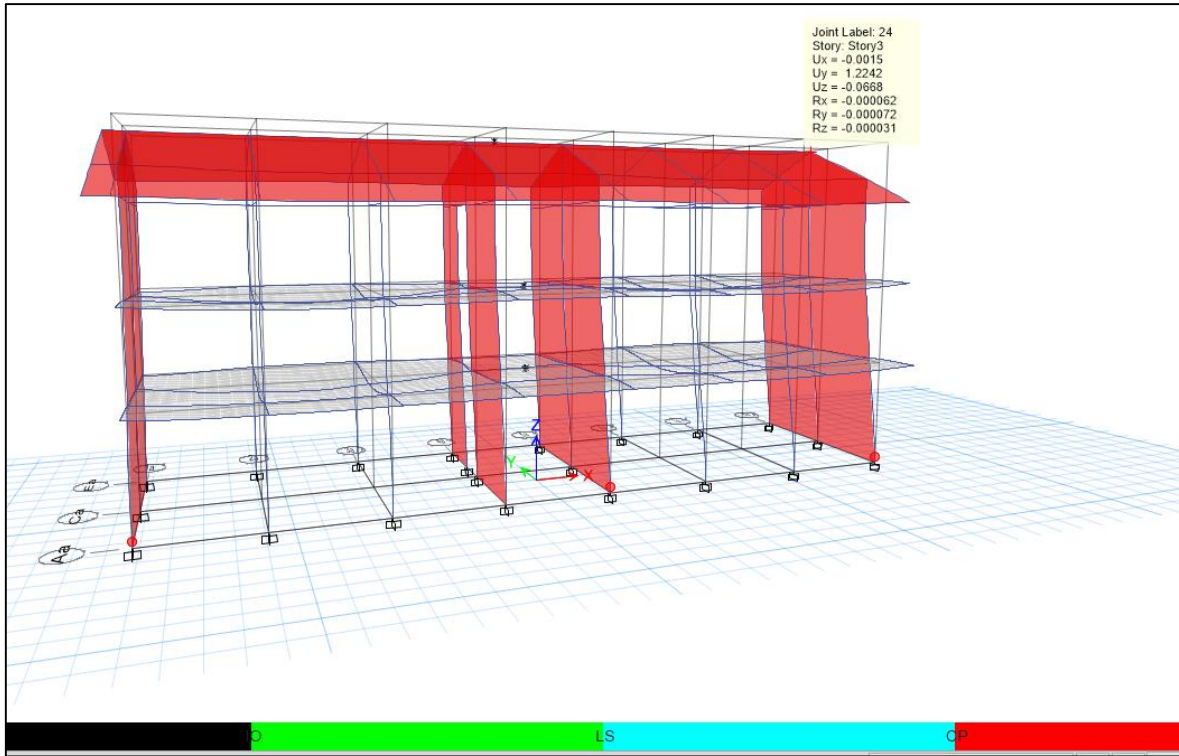
**Figura 3.37.** Punto de Desempeño en dirección X, de acuerdo al ASCE 41-13 NSP. Elaboración propia, 2017.



**Figura 3.38.** Punto de Desempeño en dirección Y, de acuerdo al ASCE 41-13 NSP. Elaboración propia, 2017.



**Figura 3.39.** Formación de rótulas plásticas justo antes del punto de desempeño en dirección X. Elaboración propia, 2017.



**Figura 3.40.** Formación de rótulas plásticas justo después del punto de desempeño en dirección Y. Elaboración propia, 2017.



## CAPÍTULO IV

### PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

#### a) Presentación de los resultados del trabajo de campo

A continuación, en la Tabla 4.1, se listan los resultados de las encuestas realizadas respecto a la aplicación de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", el cual nos permitirá efectuar un análisis estadístico del Método del Espectro de Capacidad empleado. Para las encuestas se ha utilizado una escala de Likert con una puntuación del 1 al 4, de menor a mayor puntuación.

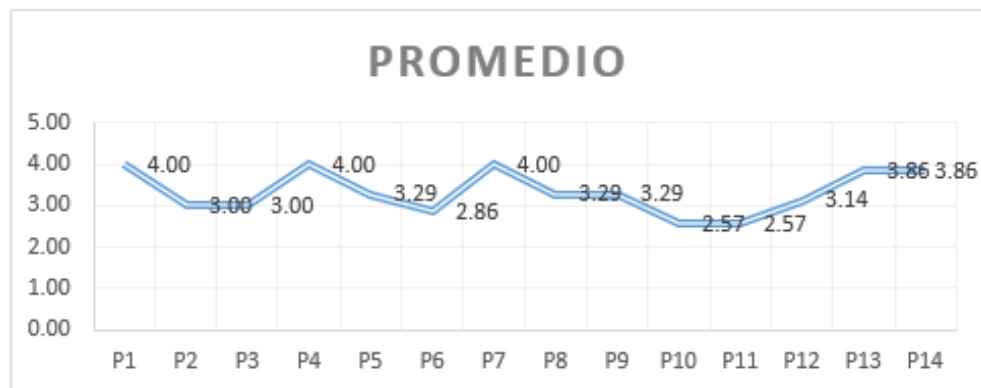
**Tabla 4.1** Detalle de Mapeo de Puntajes de la Encuestas de Campo.

Encuestas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
E1	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4
E2	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	2	3	4	4
E3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	2	3	4	4	4
E4	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3	2	3	4	4
E5	4	3	3	4	3	3	4	4	3	2	2	3	4	4
E6	4	3	3	4	3	3	4	4	3	2	3	3	4	4
E7	4	2	3	4	3	2	4	2	3	2	2	3	3	3
<b>Promedio</b>	4	3	3	4	3.286	2.857	4	3.29	3.3	2.6	2.57	3.14	3.86	3.857
<b>Desviación Estándar</b>	0	0.58	0	0	0.488	0.378	0	0.76	0.5	0.8	0.79	0.38	0.38	0.378

En la Tabla 4.1, se presenta el promedio del resultado de las 14 preguntas de campo, en base a ello se han validado estadísticamente las hipótesis planteadas para la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" en la Ciudad de Huánuco, en base al Método del Espectro de Capacidad (MEC).

De los encuestados éstos respondieron que el Mapeo de Puntaje de Encuestas ha sido importante en la mejora para la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", vía el uso del Índice del método de espectro de capacidad, para visualizar las fortalezas y debilidades en la Evaluación Estructural.

**Fig. 4.1** Resultado Promedio de las Encuestas de Campo.



**Fuente:** Elaboración Propia.

De las catorce preguntas realizadas a los encuestados, se evidencia que las preguntas: 06, 10 y 11 se encuentran por debajo de la escala 3 de Likert, esto equivale a una puntuación cercana a la regular. Mientras que todas las demás están en puntuaciones por encima de la escala 3, con tendencia a puntuaciones 3 y 4. En particular las preguntas: 01, 04 y 07 han obtenido el mayor puntaje de las encuestas. En el **Anexo 1**, se detalla las preguntas de la encuesta realizada.

## **b) Presentación de la contrastación de la Hipótesis Secundaria**

Una hipótesis estadística es una proposición acerca de un parámetro de una población. La hipótesis nula es la que se espera rechazar o desaprobar y se simbolizan con  $H_0$ . El rechazo de  $H_0$  implica la aceptación de una hipótesis alternativa, a la cual simbolizamos  $H_a$ . La hipótesis alternativa representa

generalmente la proposición hipotética que se quiere probar en la investigación.  $H_0$  debe ser establecida de tal manera que el error de rechazar la hipótesis nula  $H_0$  sea considerado más serio que el error de aceptar erróneamente  $H_0$ .

Cuando tomamos una decisión acerca de la hipótesis propuesta basados en datos de muestra, corremos el riesgo de cometer un error. La Tabla 4.2 muestra las posibilidades de cometer un error de tipo I o del tipo II.

**Tabla 4.2** Detalle de los tipos de errores en una investigación.

Condición real	Rechazamos $H_0$	Aceptamos $H_0$
$H_0$ es verdadera	Error del tipo I	No hay error
$H_0$ es falsa	No hay error	Error del tipo II

**Fuente:** Elaboración Propia.

Una hipótesis puede ser direccional o no direccional. Las hipótesis direccionales producen pruebas de una cola; esto es, la región de rechazo es sólo una cola de la distribución. Las hipótesis no direccionales producen pruebas de dos colas; la región de rechazo está en ambas colas de la distribución. Para nuestro experimento hemos planteado una hipótesis direccional (el MEC influyó positivamente en la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes") que implica una sola cola.

En términos estadísticos, la probabilidad de cometer un error del tipo I se simboliza por  $\alpha$  (alfa), la probabilidad de cometer un error tipo II se denota por  $\beta$  (beta). El valor de  $\alpha$  se llama nivel de significación de la prueba. Es por lo tanto importante tomarse un poco de tiempo para considerar la probabilidad de cometer los errores de tipo I y tipo II. En nuestro caso hemos aplicado  $\alpha = 5\%$  y  $n=15$ .

## c) Presentación de la prueba de Hipótesis

A continuación, se listan los pasos a seguir para calcular los parámetros estadísticos del método científico en la tesis:

### 4.1 Prueba de hipótesis general

- Utilizar el método del Espectro de Capacidad para evaluar estructuralmente la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", edificación existente Pabellón N°04, ha sido una alternativa técnica y efectiva que ha de mejorar la calidad de vida de los seres humanos y salvaguardar las vidas humanas.

### Hipótesis General

**Tabla 4.3** Datos para la prueba de la Hipótesis General.

Temática de la Pregunta	Promedio	Desviación Estándar
¿Considera Importante la verificación del desempeño de la estructura por el uso del Método de Análisis No Lineal?	3.00	0.38
¿Considera adecuado contar con Expertos en Evaluación Estructural de Edificaciones Existentes?	4.00	0.00
<b>Promedio</b>	3.50	0.19

**Fuente:** Elaboración Propia.

a) Se establece la hipótesis de trabajo  $H_a$  y la hipótesis nula  $H_0$ :

$H_a: \mu > 3$  La implantación del Método del Espectro de Capacidad tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

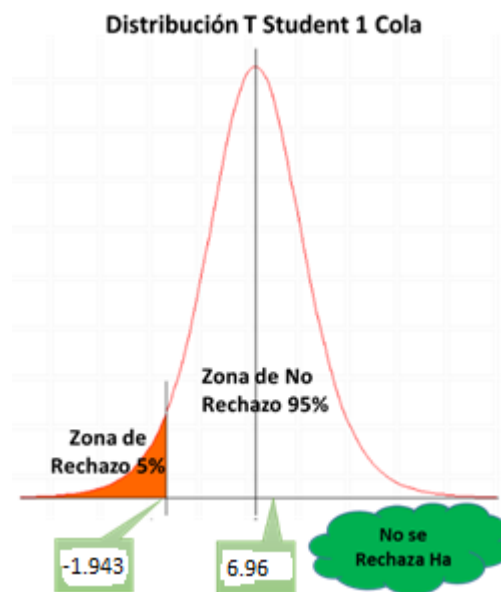
Ha:  $\mu \leq 3$  La implantación del Método del Espectro de Capacidad no tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes"

b) Nivel de significancia: 0.05. Es la probabilidad de un error tipo 1, que es la probabilidad que se rechace una hipótesis nula cuando en realidad es verdadera.

c) Prueba estadística:  $t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{3.5 - 3}{\frac{0.19}{\sqrt{7}}} = 6.96$

d) Regla de decisión: El valor crítico para el estadístico T Student corresponde al valor de -1.943, de modo que  $t=6.96$  se encuentra en la región de aceptación.

Fig. 4.2 Prueba Estadística de la Hipótesis General.



Fuente: Elaboración Propia.

e) Se toma la decisión de aceptar la hipótesis de trabajo Ha. Esto significa que la implantación del Método del Espectro de Capacidad tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

## 4.2 Prueba de hipótesis específicas

- Al utilizar el método del Espectro de Capacidad para evaluar estructuralmente la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", edificación existente Pabellón N°04, ha reforzado la auto seguridad de los estudiantes de dicha Institución Educativa Emblemática.
  
- Al utilizar el método del Espectro de Capacidad para evaluar estructuralmente la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", edificación existente Pabellón N°04, ha fortalecido la estructura de la Institución Educativa Emblemática ante futuros eventos sísmicos.
  
- Al utilizar el método del Espectro de Capacidad para evaluar estructuralmente la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", edificación existente Pabellón N°04, ha reducido significativamente las pérdidas humanas ante futuros eventos sísmicos.

### Hipótesis Específica N° 1

**Tabla 4.4** Datos para la prueba de la Hipótesis Específica N° 01.

Temática de la Pregunta	Promedio	Desviación Estándar
En una estructura existente ¿Considera importante la verificación en el nodo dado el caso que existan rótulas plásticas en las Columnas?	4.00	0.00
¿Considera Importante la necesidad de reforzamiento de la Estructura según el nivel de daño esperado en el análisis, debido a la demanda sísmica?	3.00	0.58
¿Considera importante utilizar el Método del Espectro de Capacidad?	3.29	0.49
¿Recomendaría realizar análisis estático no lineal para propiciar fallas dúctiles?	2.86	0.38
<b>Promedio</b>	<b>3.29</b>	<b>0.36</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

a) Se establece la hipótesis de trabajo  $H_a$  y la hipótesis nula  $H_0$ :

$H_a: \mu > 2$  La implantación del Método del Espectro de Capacidad tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

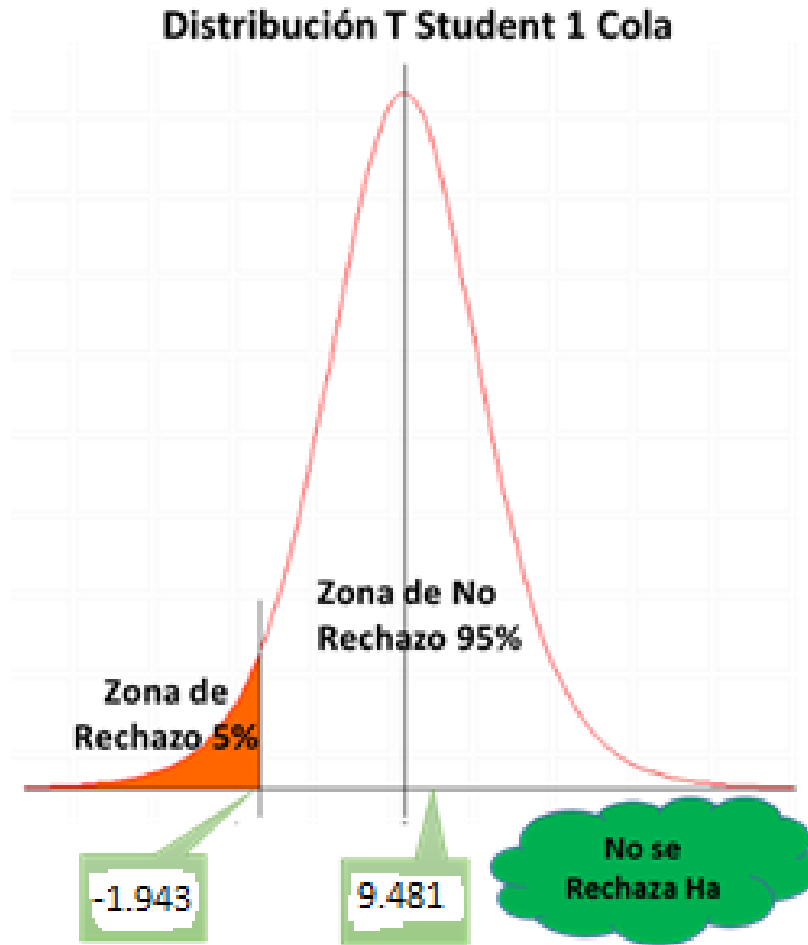
$H_a: \mu \leq 2$  La implantación del Método del Espectro de Capacidad no tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes"

b) Nivel de significancia: 0.05. Es la probabilidad de un error tipo 1, que es la probabilidad que se rechace una hipótesis nula cuando en realidad es verdadera.

c) Prueba estadística:  $t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{3.29 - 2}{\frac{0.36}{\sqrt{7}}} = 9.481$

d) Regla de decisión: El valor crítico para el estadístico T Student corresponde al valor de -1.943, de modo que  $t=9.481$  se encuentra en la región de aceptación.

Fig. 4.3 Prueba Estadística de la Hipótesis Específica N° 01.



Fuente: Elaboración Propia.

- e) Se toma la decisión de aceptar la hipótesis de trabajo  $H_a$ . Esto significa que la implantación del Método del Espectro de Capacidad tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".



## Hipótesis Específica N° 2

**Tabla 4.5** Datos para la prueba de la Hipótesis Específica N° 02.

Temática de la Pregunta	Promedio	Desviación Estándar
¿Considera apropiado el procedimiento de la Técnica Pushover basado en su procedimiento general?	2.57	0.79
¿Es Importante el Uso de la Técnica Pushover?	3.14	0.38
¿Es tan Importante el uso y la aplicación del FEMA 440?	3.86	0.38
¿Considera Importante el uso de la NORMA ASCE 41-13?	3.86	0.38
<b>Promedio</b>	<b>3.36</b>	<b>0.48</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

a) Se establece la hipótesis de trabajo  $H_a$  y la hipótesis nula  $H_0$ :

$H_a: \mu > 2$  La implantación del Método del Espectro de Capacidad tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

$H_0: \mu \leq 2$  La implantación del Método del Espectro de Capacidad no tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes"

b) Nivel de significancia: 0.05. Es la probabilidad de un error tipo 1, que es la probabilidad que se rechace una hipótesis nula cuando en realidad es verdadera.

c) Prueba estadística:  $t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{3.36 - 2}{\frac{0.48}{\sqrt{7}}} = 7.496$

- d) Regla de decisión: El valor crítico para el estadístico T Student corresponde al valor de -1.943, de modo que  $t=7.496$  se encuentra en la región de aceptación.

Fig. 4.4 Prueba Estadística de la Hipótesis Específica N° 02.



Fuente: Elaboración Propia.

- e) Se toma la decisión de aceptar la hipótesis de trabajo  $H_a$ . Esto significa que la implantación del Método del Espectro de Capacidad tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

### Hipótesis Específica N° 3

**Tabla 4.5** Datos para la prueba de la Hipótesis Específica N° 03.

Temática de la Pregunta	Promedio	Desviación Estándar
En una estructura existente ¿Considera importante la verificación en el nodo dado el caso que existan rótulas plásticas en las vigas?	4.00	0.00
¿Considera Importante las irregularidades torsionales y de piso blando en el Perú y evitar daños y pérdidas humanas?	3.29	0.76
¿Considera importante utilizar el Análisis Sísmico basado en métodos no lineales?	3.29	0.49
¿Recomendaría el Uso del Análisis No Lineal?	2.57	0.79
<b>Promedio</b>	3.29	0.51

**Fuente:** Elaboración Propia.

a) Se establece la hipótesis de trabajo  $H_a$  y la hipótesis nula  $H_0$ :

$H_a: \mu > 2$  La implantación del Método del Espectro de Capacidad tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

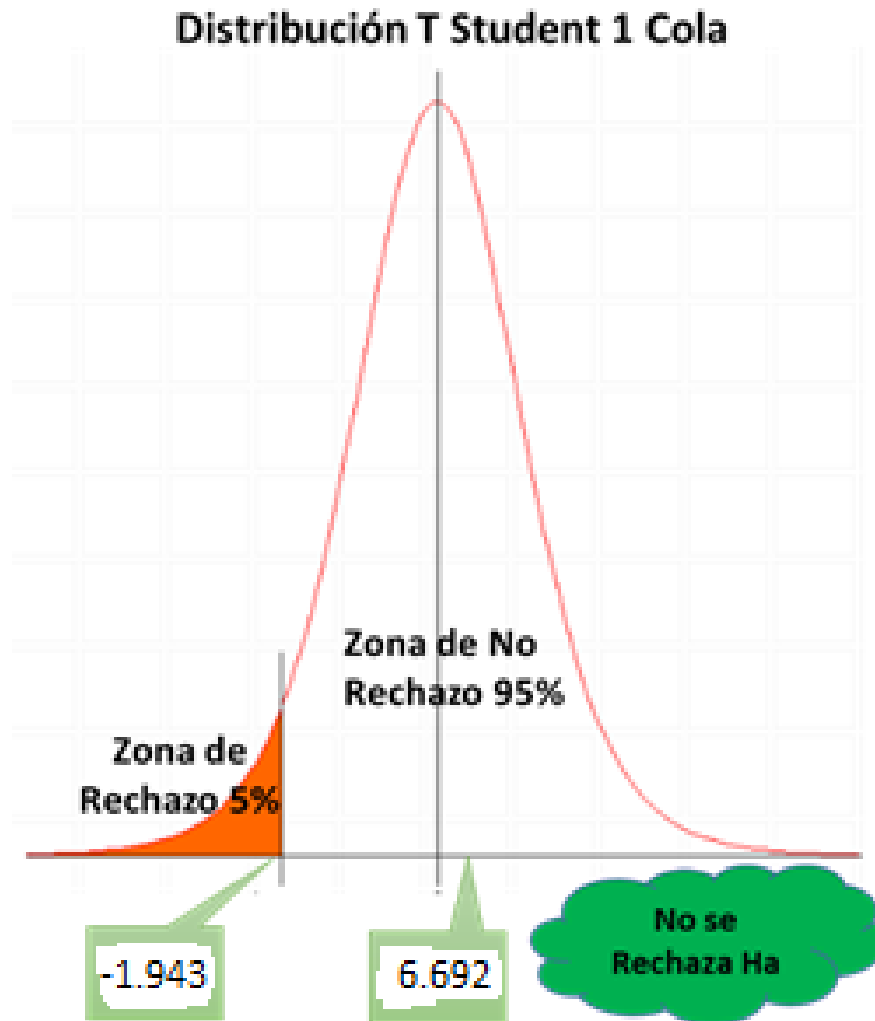
$H_a: \mu \leq 2$  La implantación del Método del Espectro de Capacidad no tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes"

b) Nivel de significancia: 0.05. Es la probabilidad de un error tipo 1, que es la probabilidad que se rechace una hipótesis nula cuando en realidad es verdadera.

c) Prueba estadística:  $t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{3.29 - 2}{\frac{0.51}{\sqrt{7}}} = 6.692$

d) Regla de decisión: El valor crítico para el estadístico T Student corresponde al valor de -1.943, de modo que  $t=6.692$  se encuentra en la región de aceptación.

Fig. 4.5 Prueba Estadística de la Hipótesis Específica N° 03.



Fuente: Elaboración Propia.

e) Se toma la decisión de aceptar la hipótesis de trabajo  $H_a$ . Esto significa que la implantación del Método del Espectro de Capacidad tendrá influencia significativa en la mejora de los resultados de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes".

Es importante señalar que algunos de los indicadores utilizados para medir las dimensiones, han sido considerados directamente en el análisis del método de espectro de capacidad, dado que el modelo considera el análisis de los procesos, tiempos de respuesta, entre otros parámetros.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se ha obtenido el punto de desempeño por dos métodos proporcionados por el programa ETABS2016; estos: FEMA 440 y ASCE 41-13 NSP, en ambas direcciones como se muestran en las Figuras 3.35, 3.36, 3.37 y 3.38. Con estos resultados se ha elaborado un cuadro resumen para poder compararlos.

<b>RESULTADOS PUNTO DE DESEMPEÑO EN CADA DIRECCIÓN</b>				
<b>DIRECCION X-X</b>				
Método	Sd (cm)	Sa (g)	$\Delta$ techo (cm)	Cortante Base Vx (Ton)
FEMA 440	3.7815	0.7234	4.54	793.48
ASCE 41-13 NSP	-	0.8256	3.50	690.29

<b>DIRECCION Y-Y</b>				
Método	Sd (cm)	Sa (g)	$\Delta$ techo (cm)	Cortante Base Vx (Ton)
FEMA 440	1.0279	1.4168	1.21	1,441.49
ASCE 41-13 NSP	-	1.4005	1.22	1,459.31

**Figura 3.41.** Resultados Punto de Desempeño. Elaboración propia, 2017.

De la Figura 3.41 se pueden comparar ambos métodos, observándose que los desplazamientos del techo y la fuerza cortante en la base de la estructura, no difieren mucho. Como estamos aplicando el método del espectro de capacidad (FEMA 440), el punto de desempeño en dirección X el desplazamiento en el techo de la estructura es de 4.54 cm y le corresponde una fuerza cortante en la base de 793.48 Ton; y el punto de desempeño en la dirección Y el desplazamiento en el techo de la estructura es de 1.21 cm y le corresponde una fuerza cortante en la base de 1,441.49 Ton.

Luego de hacer la transformación de las coordenadas espectrales para la obtención de los desplazamientos por piso, se han determinado las distorsiones correspondientes a los distintos niveles de la estructura, observándose que están por debajo de las distorsiones máximas permitidas por el RNE E-030 vigente según el sistema estructural considerado. Ver Figura.

RESPUESTA DE LA ESTRUCTURA EN CADA DIRECCIÓN					
DIRECCION X-X					
Nivel	Dinámico lineal sin reducción Dx (cm)	Estático no lineal reducido Dx (cm)	$\Delta x$ (cm)	$\Delta x/he$	Estado
1	0.3496	2.0023	2.00	0.0044	< 0.007
2	0.6635	3.8002	1.80	0.0051	< 0.007
3	0.7927	4.5402	0.74	0.0012	< 0.007

DIRECCION Y-Y					
Nivel	Dinámico lineal sin reducción Dy (cm)	Estático no lineal reducido Dy (cm)	$\Delta y$ (cm)	$\Delta y/he$	Estado
1	0.1795	0.6085	0.61	0.0014	< 0.005
2	0.3107	1.0533	0.44	0.0013	< 0.005
3	0.3565	1.2086	0.16	0.0003	< 0.005

Figura 3.42. Respuesta estructural en cada dirección de análisis. Elaboración propia, 2017.

## CONCLUSIONES

- Los métodos de análisis estáticos no lineales simplificados nos ayudan a tener una mejor concepción del desempeño de las estructuras, el nivel de daño y localización del mismo. Se ha utilizado el programa ETABS2016 para realizar este análisis en la estructura existente Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" (Edificación Existente Pabellón N°04), y aplicando el método del Espectro de Capacidad (FEMA 440) se ha determinado que la estructura en la dirección X, se encuentra dentro de un nivel de desempeño ante una demanda sísmica de "Seguridad de Vida", quiere decir que se espera daño significativo en componentes estructurales y no estructurales; tal y como se muestra en la Figura 3.39; por lo tanto, se tendría que reforzar las columnas del primer piso, pues estas presentan muy poco acero de refuerzo en su diseño y por consiguiente eliminar la formación de rótulas plásticas, ante esta demanda por sismo. En la dirección Y, se encuentra dentro de un nivel de desempeño ante una demanda sísmica de "Prevención del colapso" (CP), quiere decir que no solamente se espera daño significativo en componentes estructurales y no estructurales sino que las pérdidas humanas no sean de gran magnitud, que la estructura difícilmente podrá ser reparada y no es segura para la reocupación; tal y como se muestra en la Figura 3.40; por lo tanto, se tendría que reforzar las columnas del primer piso, pues estas presentan muy poco acero de refuerzo en su diseño y por consiguiente eliminar la formación de rótulas plásticas, ante esta demanda por sismo.
- De acuerdo a la Figura 3.35, en la dirección X se ha determinado el punto de desempeño cuando la estructura se desplaza 4.54 cm en el techo de la estructura y le corresponde una fuerza cortante en la base de 793.48 Ton. Con ayuda de la Figura 3.39, se puede observar que justo cuando la estructura se desplaza a 4.51 cm (muy cercano al punto de desempeño) ocurren rótulas plásticas en las columnas del primer nivel, cayendo dentro del nivel de desempeño ante una demanda sísmica de "Seguridad de Vida" (LS).



- De acuerdo a la Figura 3.36, en la dirección Y se ha determinado el punto de desempeño cuando la estructura se desplaza 1.21 cm en el techo de la estructura y le corresponde una fuerza cortante en la base de 1,441.49 Ton. Con ayuda de la Figura 3.40, se puede observar que justo cuando la estructura se desplaza a 1.22 cm (muy cercano al punto de desempeño) ocurren rótulas plásticas en las columnas del primer nivel, cayendo dentro del nivel de desempeño ante una demanda sísmica de "Prevención del Colapso" (CP).
- Con ayuda de la Figura 3.39, se puede observar que justo cuando la estructura se desplaza a 4.51 cm (muy cercano al punto de desempeño) ocurren rótulas plásticas en las columnas del primer nivel, cayendo dentro del nivel de desempeño ante una demanda sísmica de "Seguridad de Vida" (LS)
- En ambas direcciones se puede concluir que es necesario reforzar las columnas del primer piso; ya que, presentan una cuantía de acero muy baja en su diseño. A pesar de todo lo dicho anteriormente y de acuerdo a la Figura 3.42, las distorsiones en el sistema estructural X (Dual) no superan la máxima permitida por el RNE – E030 (0.007); de igual manera, las distorsiones en el sistema estructural Y (Mampostería) no superan la máxima permitida por el RNE – E030 (0.005).

## RECOMENDACIONES

- Para fines educativos se recomienda aplicar el método de análisis dinámico no lineal simplificado para la estructura en estudio; ya que, se derivan resultados más confiables.
- Se recomienda llevar a cabo un proyecto de reforzamiento de la estructura que apunte a reducir el nivel de posibles daños estructurales, a fin de evitar futuras paralizaciones en las funciones básicas para los que el edificio está destinado.
- Que se realice una investigación que establezca la metodología y consideraciones a tomar en cuenta en la realización de la técnica Pushover para edificaciones existentes en Perú, debido a que nuestro país no cuenta con una normativa que guíe de manera concisa al profesional o estudiante que no se encuentra relacionado de forma directa a la temática de análisis no lineales.
- El Análisis No Lineal Estático Pushover presentado aquí, es exclusivamente para edificaciones con elementos horizontales y verticales cuyos comportamientos sean dominados por flexión, cabe resaltar que es posible limitar la flexión por corte.
- Para investigaciones futuras es apropiado ampliar la gama de comparaciones entre los resultados obtenidos del diseño estructural para que los resultados no solo contemplen refuerzo a flexión y a compresión en vigas y columnas, sino también para otros tipos de refuerzo como lo son por cortante, torsión e interacción suelo-estructura, tal como se describe en el cap.4 del reglamento FEMA-356)

## FUENTES DE INFORMACIÓN

ATC-40 (1996). *Seismic evaluation and retrofit of concrete building. Volume 1.*

Recuperado de

Cárdenas, J.; Flores, L. y López, O. (2011), *Manual del formato de captura de datos para evaluación estructural. Red nacional de evaluadores.* Recuperado de [http://www.cenapred.unam.mx/es/RedNacionalEvaluadores/EvaluacionEdificios/documentos/Manual%20Formato%20Captura%20de%20Datos\\_2011-febrero-24.pdf](http://www.cenapred.unam.mx/es/RedNacionalEvaluadores/EvaluacionEdificios/documentos/Manual%20Formato%20Captura%20de%20Datos_2011-febrero-24.pdf)

Cassano, A. (2009), *Análisis de estructuras bajo acciones dinámicas.* Recuperado de [http://www.edutecne.utn.edu.ar/guias\\_de\\_estudio/estruc\\_dinam.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/guias_de_estudio/estruc_dinam.pdf)

Chicas, R.; Díaz, W. y Ventura, E. (2015). Propuesta y aplicación de la metodología de evaluación estructural por desempeño sísmico para edificaciones. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/7854/1/PROPUESTA%20Y%20APLICACION%20DE%20LA%20METODOLOGIA%20DE%20EVALUACION%20ESTRUCTURAL%20POR%20DESEMPEÑO%20SÍSMICO%20PARA%20EDIFICACIONES.pdf>

Delgadillo, J. (2005). Análisis no lineal estático de estructuras y la norma E-030. Recuperado de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/766/1/delgadillo\\_ae.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/766/1/delgadillo_ae.pdf)

Fajardo, C. (2012). *Evaluación estructural de una de las edificaciones del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método del espectro de respuesta.* Recuperado de [https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiT\\_OuqhJzXAhXBGpAKHX9IBwMQFggtMAE](https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiT_OuqhJzXAhXBGpAKHX9IBwMQFggtMAE)

---

&url=http%3A%2F%2Fcybertesis.uni.edu.pe%2Fbitstream%2Funi%2F460%  
2F1%2Ffajardo\_gc.pdf&usg=AOvVaw1S4M8PbHuCLG6dqBw9KcvJ

Gadillo, J. (2005). Análisis no lineal estático de estructuras y la norma E-030.

Recuperado de

[http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/766/1/delgadillo\\_ae.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/766/1/delgadillo_ae.pdf)

Guevara, N.; Osorio, S. y Arturo, E. (2006). *Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitectura, utilizando*

*análisis estático no lineal (PUSHOVER)*. Recuperado de

<http://ri.ues.edu.sv/4522/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20capacidad%20estructural%20del%20edificio%20de%20la%20Biblioteca%20de%20las%20Ingenier%C3%ADas%20y%20arquitectura%2C%20utilizandoan%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20no%20lineal%20%28Pushover%29.pdf>

Gómez, C. (2015). *Análisis comparativo entre la metodología de diseño basada en fuerzas y la metodología de diseño basada en desplazamientos para sistemas combinados*. Recuperado de

[http://www.lareferencia.info/vufind/Record/CO\\_599743fd8791bec40ed5ac62900d8b4d](http://www.lareferencia.info/vufind/Record/CO_599743fd8791bec40ed5ac62900d8b4d)

I.C.G. (2016), *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Recuperado de

<http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Marín, F. (2012). *Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la Ciudad de Huánuco*. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1236>

Minedu (2013). *Adecuación, mejoramiento y sustitución de la infraestructura educativa de la institución educativa "Nuestra Señora de las Mercedes. Huánuco - Huánuco"*. Huánuco, Perú. Oficina de infraestructura educativa.

Moreno, R. y Bairán, J. (2014). *Estudio comparativo de los métodos de diseño sísmico basado en fuerzas y desplazamientos aplicados a un edificio de hormigón armado de mediana altura*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/234136423\\_Estudio\\_comparativo\\_de\\_los\\_metodos\\_de\\_diseno\\_sismico\\_basados\\_en\\_fuerzas\\_y\\_desplazamientos\\_aplicados\\_a\\_un\\_edificio\\_de\\_hormigon\\_armado\\_de\\_media\\_altura](https://www.researchgate.net/publication/234136423_Estudio_comparativo_de_los_metodos_de_diseno_sismico_basados_en_fuerzas_y_desplazamientos_aplicados_a_un_edificio_de_hormigon_armado_de_media_altura)

Paredes, M. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal Pushover*. Recuperado de [http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/620673/1/paredes\\_ma.pdf](http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/620673/1/paredes_ma.pdf)

Pérez, M. (2014). *Aplicaciones avanzadas de los materiales compuestos en la obra civil y la edificación*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=D-TXAWAAQBAJ&pg=PA277&lpg=PA277&dq=OBTENCI%C3%93N+DE+LA+CURVA+DE+CAPACIDAD+DE+LA+ESTRUCTURA&source=bl&ots=Q7FhIPv4c8&sig=kQgyru0tyTLnuJEp5kTNMJBKdoE&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiPrPHI2Z7QAhUH6WMKHXWXD-8Q6AEIOTAF#v=onepage&q&f=true>

Purca, R. (2012). Cálculo del desplazamiento de demanda usando el método de coeficientes de desplazamiento según FEMA 356. Recuperado de [https://www.academia.edu/15437109/M%C3%89TODO\\_DE\\_COEFICIENTES\\_DE\\_DESPLAZAMIENTO\\_FEMA\\_356?auto=download](https://www.academia.edu/15437109/M%C3%89TODO_DE_COEFICIENTES_DE_DESPLAZAMIENTO_FEMA_356?auto=download)

Ramírez, C. (2013). Estimación de la capacidad sismo – resistente en edificaciones de concreto armado modeladas con acero comercial aplicando el método análisis estático no lineal "Pushover". Recuperado de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS8609.pdf>

Rodríguez, S. (2015). Diagramas momento – curvatura para secciones de hormigón armado. Determinación del valor de ductilidad local de una sección de hormigón armado. Empleo del programa Matlab en aplicaciones estructurales a nivel seccional (parte II). Recuperado de <file:///C:/Users/user/Downloads/3101-11466-3-PB.pdf>

Suarez, V. (2009). Diseño basado en desplazamientos, una alternativa racional al diseño basado en fuerzas. Recuperado de <http://learningobjects2006.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/viewFile/130/74>

Tavera, H.; Bernal, I. y Salas, H. (2007). *El Sismo de Pisco del 15 de agosto, 2007 (7.9Mw) Departamento de Ica – Perú*. Recuperado de <https://www.eeri.org/wp-content/uploads/Pisco150807.pdf>

Toledo, V. (2011), *Pushover - Análisis No Lineal Estático en Edificios de Concreto Armado*. Recuperado de [http://www.cingcivil.com/?wpfb\\_dl=4](http://www.cingcivil.com/?wpfb_dl=4)

Valencia, J. (2012). Análisis del método "Modal push - over" y su incidencia en el cálculo de pórticos de hormigón armado en el Cantón Ambato. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2101/1/Analisis%20metodo%20Push-Over.pdf>

Villanueva, G. (2009). Diseño sísmico por desempeño aplicado a un edificio de hormigón armado. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfciv618d/doc/bmfciv618d.pdf>

Zorita, H. (2015). *Manual didáctico de estructuras*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=46S7CgAAQBAJ&pg=PA84&lpg=PA84&dq=OBTENCI%C3%93N+DE+LA+CURVA+DE+CAPACIDAD+DE+LA+ESTRUCTURA&source=bl&ots=S->

zE7gboDK&sig=qeTDNRO1X0xCs9zRRP1LaWDmjJ8&hl=es&sa=X&ved=0a  
hUKEwjwme\_n\_J7QAhVW8GMKHZOVA\_YQ6AEIOzAG#v=onepage&q&f=f  
alse

López, M. (2011), Factores actitudinales que presentan los estudiantes de pregrado de la universidad nacional de ingeniería frente a la elaboración de una tesis. Recuperado de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/254/1/lopez\\_em.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/254/1/lopez_em.pdf)

## **ANEXOS**

- ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA
  
- ANEXO 2: TABLAS DE FEMA 356 PARA VIGAS Y COLUMNAS
  
- ANEXO 3: ENCUESTA DE EXPERTOS
  
- ANEXO 4: GUIA DE ORIENTACIÓN DE ENCUESTA
  
- ANEXO 5: NORMA E.030 – "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL RNE 2016
  
- ANEXO 6: PLANOS DE ALIGERADOS, DETALLES DE VIGAS Y COLUMNAS



### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿De qué manera influye la Evaluación Estructural en las Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el método de Espectro de Capacidad, en la Ciudad de Huánuco?	<p><b>Objetivo General:</b> Llevar a cabo la Evaluación Estructural de uno de los pabellones de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" (Pabellón N° 04) usando el método del Espectro de Capacidad</p>	<p>La Evaluación Estructural de una Edificación Existente del Pabellón N° 04 de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el método de Espectro de Capacidad" es una alternativa técnica y efectiva que servirá para mejorar la calidad de vida de los seres humanos y salvaguardar las vidas humanas.</p>	<p>La Evaluación Estructural de una Edificación Existente del Pabellón N° 04 de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el método de Espectro de Capacidad reforzará la autoseguridad de los estudiantes de dicha Institución Educativa Emblemática</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b> Evaluación Estructural de una Edificación Existente del Pabellón N° 04 de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes"</p>	<p><b>Tipo y Diseño de Investigación:</b> <b>Tipo de Investigación:</b> Descriptivo <b>Diseño de Investigación:</b> No Experimentales <b>Población y Muestra</b> <b>Población:</b> Por la naturaleza de la investigación, la población es censal y se ha considerado en forma intencional y directa La Evaluación Estructural de una Edificación Existente de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de Las Mercedes" en la Ciudad de Huánuco, debido a que se puedan presentar a futuro eventos sísmicos, además para salvaguardar la seguridad de la humanidad. <b>Muestra:</b> La muestra estuvo comprendida por la Evaluación Estructural de una Edificación Existente de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de Las Mercedes" del Pabellón N°04 en la Ciudad de Huánuco. <b>Técnicas e Instrumentos de Investigación</b> <b>Técnicas:</b> Para la recolección de datos de la presente investigación, se empleará la técnica de encuestas, entrevistas, observación directa, toma de fotografías, etc. <b>Instrumentos:</b> Los instrumentos a emplear para la recopilación de datos son la computadora, fichas, cuestionarios, entrevistas, etc.</p>
	<p><b>Objetivos Específicos:</b> Revisar los conceptos básicos del análisis elástico tradicional y del análisis no lineal para comprender sus alcances y limitaciones. Determinar el Desempeño de la estructura por el uso de un método de análisis no lineal. Derivar conclusiones sobre la necesidad de reforzamiento de la estructura según el nivel de daño esperado, en el análisis, debido a la demanda sísmica</p>		<p>La Evaluación Estructural de una Edificación Existente del Pabellón N° 04 de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" usando el método de Espectro de Capacidad reducirá significativamente las pérdidas humanas ante futuros eventos sísmicos.</p>		

**ANEXO 2: TABLAS DE FEMA 356 PARA VIGAS Y COLUMNAS**

**Table 6-7 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures— Reinforced Concrete Beams**

Conditions	Modeling Parameters <sup>3</sup>					Acceptance Criteria <sup>3</sup>						
	Plastic Rotation Angle, radians		Residual Strength Ratio			Plastic Rotation Angle, radians						
						Performance Level						
	a		b			c			IO		Component Type	
									LS	CP	LS	CP
<b>i. Beams controlled by flexure<sup>1</sup></b>												
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Trans. Reinf. <sup>2</sup>	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$										
≤ 0.0	C	≤ 3	0.025	0.05	0.2	0.010	0.02	0.025	0.02	0.05		
≤ 0.0	C	≥ 6	0.02	0.04	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.04		
≥ 0.5	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03		
≥ 0.5	C	≥ 6	0.015	0.02	0.2	0.005	0.005	0.015	0.015	0.02		
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03		
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.005	0.01	0.01	0.015		
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.01	0.01	0.015		
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.005	0.005	0.01		
<b>ii. Beams controlled by shear<sup>1</sup></b>												
Stirrup spacing ≤ d/2			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.0020	0.0030	0.01	0.02		
Stirrup spacing > d/2			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.0020	0.0030	0.005	0.01		
<b>iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span<sup>1</sup></b>												
Stirrup spacing ≤ d/2			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.0020	0.0030	0.01	0.02		
Stirrup spacing > d/2			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.0020	0.0030	0.005	0.01		
<b>iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint<sup>1</sup></b>												
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.01	0.015	0.02	0.03		

- When more than one of the conditions i, ii, iii, and iv occurs for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.
- "C" and "NC" are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement. A component is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at ≤ d/3, and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops (V<sub>s</sub>) is at least three-fourths of the design shear. Otherwise, the component is considered nonconforming.
- Linear interpolation between values listed in the table shall be permitted.

Figura 3.9: Tabla de FEMA 356 para determinar los parámetros de la curva momento- rotación para las vigas de concreto armado

**Table 6-8 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Columns**

Conditions	Modeling Parameters <sup>4</sup>					Acceptance Criteria <sup>4</sup>				
	Plastic Rotation Angle, radians		Residual Strength Ratio			Plastic Rotation Angle, radians				
						Performance Level				
	a		b			c			Component Type	
									Primary	Secondary
IO	LS	CP	LS	CP						
<b>i. Columns controlled by flexure<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_g f'_c}$	Trans. Reinf. <sup>2</sup>	$\frac{V}{b_w d_v \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.1	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.015	0.02	0.02	0.03
≤ 0.1	C	≥ 6	0.016	0.024	0.2	0.005	0.012	0.016	0.016	0.024
≥ 0.4	C	≤ 3	0.015	0.025	0.2	0.003	0.012	0.015	0.018	0.025
≥ 0.4	C	≥ 6	0.012	0.02	0.2	0.003	0.01	0.012	0.013	0.02
≤ 0.1	NC	≤ 3	0.006	0.015	0.2	0.005	0.005	0.006	0.01	0.015
≤ 0.1	NC	≥ 6	0.005	0.012	0.2	0.005	0.004	0.005	0.008	0.012
≥ 0.4	NC	≤ 3	0.003	0.01	0.2	0.002	0.002	0.003	0.006	0.01
≥ 0.4	NC	≥ 6	0.002	0.008	0.2	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008
<b>ii. Columns controlled by shear<sup>1,3</sup></b>										
All cases <sup>5</sup>			—	—	—	—	—	—	.0030	.0040
<b>iii. Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height<sup>1,3</sup></b>										
Hoop spacing ≤ d/2			0.01	0.02	0.4	0.005	0.005	0.01	0.01	0.02
Hoop spacing > d/2			0.0	0.01	0.2	0.0	0.0	0.0	0.005	0.01
<b>iv. Columns with axial loads exceeding 0.70P<sub>o</sub><sup>1,3</sup></b>										
Conforming hoops over the entire length			0.015	0.025	0.02	0.0	0.005	0.01	0.01	0.02
All other cases			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1. When more than one of the conditions i, ii, iii, and iv occurs for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.
2. "C" and "NC" are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement. A component is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at ≤ d/3, and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops (V<sub>s</sub>) is at least three-fourths of the design shear. Otherwise, the component is considered nonconforming.
3. To qualify, columns must have transverse reinforcement consisting of hoops. Otherwise, actions shall be treated as force-controlled.
4. Linear interpolation between values listed in the table shall be permitted.
5. For columns controlled by shear, see Section 6.5.2.4.2 for acceptance criteria.

**Figura 3.10: Tabla de FEMA 356 para determinar los parámetros de la curva momento-rotación para las columnas de concreto armado**

**Table 6-18 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Members Controlled by Flexure**

Conditions	Plastic Hinge Rotation (radians)	Residual Strength Ratio	Acceptable Plastic Hinge Rotation (radians)							
			Performance Level							
			Component Type							
			Primary		Secondary <sup>4</sup>					
	a	b	c	IO	LS	CP	LS	CP		
<b>i. Shear walls and wall segments</b>										
$\frac{(A_s - A'_s) f_y + P}{t_w l_w \sqrt{f'_c}}$	Shear $\frac{t_w l_w \sqrt{f'_c}}{t_w l_w \sqrt{f'_c}}$	Confined Boundary <sup>1</sup>								
≤ 0.1	≤ 3	Yes	0.015	0.020	0.75	0.005	0.010	0.015	0.015	0.020
≤ 0.1	≥ 6	Yes	0.010	0.015	0.40	0.004	0.008	0.010	0.010	0.015
≥ 0.25	≤ 3	Yes	0.009	0.012	0.60	0.003	0.006	0.009	0.009	0.012
≥ 0.25	≥ 6	Yes	0.005	0.010	0.30	0.0015	0.003	0.005	0.005	0.010
≤ 0.1	≤ 3	No	0.008	0.015	0.60	0.002	0.004	0.008	0.008	0.015
≤ 0.1	≥ 6	No	0.008	0.010	0.30	0.002	0.004	0.006	0.006	0.010
≥ 0.25	≤ 3	No	0.003	0.005	0.25	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005
≥ 0.25	≥ 6	No	0.002	0.004	0.20	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004
<b>ii. Columns supporting discontinuous shear walls</b>										
Transverse reinforcement <sup>2</sup>										
Conforming			0.010	0.015	0.20	0.003	0.007	0.010	n.a.	n.a.
Nonconforming			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	n.a.	n.a.
<b>iii. Shear wall coupling beams</b>										
Longitudinal reinforcement and transverse reinforcement <sup>3</sup>		Shear $\frac{t_w l_w \sqrt{f'_c}}{t_w l_w \sqrt{f'_c}}$								
Conventional longitudinal reinforcement with conforming transverse reinforcement		≤ 3	0.025	0.050	0.75	0.010	0.02	0.025	0.025	0.050
		≥ 6	0.02	0.040	0.50	0.005	0.010	0.020	0.020	0.040
Conventional longitudinal reinforcement with nonconforming transverse reinforcement		≤ 3	0.020	0.035	0.50	0.006	0.012	0.020	0.020	0.035
		≥ 6	0.010	0.025	0.25	0.005	0.008	0.010	0.010	0.025
Diagonal reinforcement		n.a.	0.030	0.050	0.80	0.006	0.018	0.030	0.030	0.050

1. Requirements for a confined boundary are the same as those given in ACI 318.
2. Requirements for conforming transverse reinforcement in columns are: (a) hoops over the entire length of the column at a spacing ≤ d/2, and (b) strength of hoops  $V_s \geq$  required shear strength of column.
3. Conventional longitudinal reinforcement consists of top and bottom steel parallel to the longitudinal axis of the coupling beam. Conforming transverse reinforcement consists of: (a) closed stirrups over the entire length of the coupling beam at a spacing ≤ d/3, and (b) strength of closed stirrups  $V_s \geq 3/4$  of required shear strength of the coupling beam.
4. For secondary coupling beams spanning ~8'-0", with bottom reinforcement continuous into the supporting walls, secondary values shall be permitted to be doubled.

**Figura 3.11: Tabla de FEMA 356 para determinar los parámetros de la curva momento- rotación para los muros de corte de concreto armado**

## ANEXO 3: ENCUESTA DE EXPERTOS

### EVALUACIÓN DE LA BONDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA

Con bondad nos referimos al grado de efectividad de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", usando el método de Espectro de Capacidad, y su respuesta puede determinarlo marcando una equis (x) de acuerdo con la siguiente escala de bondad.

No es Bueno	Es Algo Bueno	Es Bueno	Es muy Bueno	Es totalmente Bueno
0	1	2	3	4

**Objetivo General de la Prueba :** Validar el Instrumento de medida de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", usando el método de Espectro de Capacidad.

**Concepto :** Escala de Influencia de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", usando el método de Espectro de Capacidad.

N°	DESCRIPCIÓN	APROBADO		GRADO DE EFECTIVIDAD				
		SI	NO	0	1	2	3	4
1	En una estructura existente ¿Considera importante la verificación en el nodo dado el caso que existan rótulas plásticas en las Columnas?							
2	¿Considera importante la necesidad de reforzamiento de la Estructura según el nivel de daño esperado en el análisis, debido a la demanda sísmica?							
3	¿Considera importante la verificación del desempeño de la estructura por el uso del Método de Análisis No Lineal?							
4	¿Considera adecuado contar con Expertos en Evaluación Estructural de Edificaciones Existentes?							
5	¿Considera importante utilizar el Método del Espectro de Capacidad?							
6	¿Recomendaría realizar análisis estático no lineal para propiciar fallas dúctiles?							
7	En una estructura existente ¿Considera importante la verificación en el nodo dado el caso que existan rótulas plásticas en las vigas?							
8	¿Considera importante las irregularidades torsionales y de piso blando en el Perú y evitar daños y pérdidas humanas?							
9	¿Considera importante utilizar el Análisis Sísmico basado en métodos no lineales?							
10	¿Recomendaría el Uso del Análisis No Lineal?							
11	¿Considera apropiado el procedimiento de la Técnica Pushover basado en su procedimiento general?							
12	¿Es importante el Uso de la Técnica Pushover?							
13	¿Es tan importante el uso y la aplicación del FEMA 440?							
14	¿Considera importante el uso de la NORMA ASCE 41-13?							

### EVALUACIÓN DE LA CLARIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA

Con Claridad nos referimos al grado de efectividad de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", usando el método de Espectro de Capacidad, y su respuesta puede determinarlo marcando una equis (x) de acuerdo con la siguiente escala de Claridad.

No es Bueno	Es Algo Bueno	Es Bueno	Es muy Bueno	Es totalmente Bueno
0	1	2	3	4

**Objetivo General de la Prueba** : Validar el Instrumento de medida de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", usando el método de Espectro de Capacidad.

**Concepto** : Escala de Influencia de la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes", usando el método de Espectro de Capacidad.

N°	DESCRIPCIÓN	APROBADO		GRADO DE EFECTIVIDAD				
		SI	NO	0	1	2	3	4
1	En una estructura existente ¿Considera importante la verificación en el nodo dado el caso que existan rótulas plásticas en las Columnas?							
2	¿Considera importante la necesidad de reforzamiento de la Estructura según el nivel de daño esperado en el análisis, debido a la demanda sísmica?							
3	¿Considera importante la verificación del desempeño de la estructura por el uso del Método de Análisis No Lineal?							
4	¿Considera adecuado contar con Expertos en Evaluación Estructural de Edificaciones Existentes?							
5	¿Considera importante utilizar el Método del Espectro de Capacidad?							
6	¿Recomendaría realizar análisis estático no lineal para propiciar fallas dúctiles?							
7	En una estructura existente ¿Considera importante la verificación en el nodo dado el caso que existan rótulas plásticas en las vigas?							
8	¿Considera importante las irregularidades torsionales y de piso blando en el Perú y evitar daños y pérdidas humanas?							
9	¿Considera importante utilizar el Análisis Sísmico basado en métodos no lineales?							
10	¿Recomendaría el Uso del Análisis No Lineal?							
11	¿Considera apropiado el procedimiento de la Técnica Pushover basado en su procedimiento general?							
12	¿Es importante el Uso de la Técnica Pushover?							
13	¿Es tan importante el uso y la aplicación del FEMA 440?							
14	¿Considera importante el uso de la NORMA ASCE 41-13?							

## ANEXO 4: GUÍA DE ORIENTACIÓN DE ENCUESTAS

Estimado participante, como encuestado (a) considero ético incluir algunos principios y criterios técnicos que ayudarán al desarrollo de la praxis investigativa del proyecto de investigación denominado "**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA "NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES" USANDO EL MÉTODO DEL ESPECTRO DE CAPACIDAD**", en donde su colaboración es de suma importancia, ya que el objetivo del estudio es llevar a cabo la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" Usando el Método del Espectro de Capacidad, de modo que se le agradece de antemano por el tiempo prestado en responder al cuestionario, que permitirá seguir mejorando.

### Principios y Criterios Técnicos de la Encuesta

1. Respeto de la confidencialidad y política de protección de datos: Toda la información proporcionada en la encuesta servirá exclusivamente para el trabajo de investigación de tesis y se guardará la reserva del caso. Los datos serán accesibles solo a un restringido grupo de personas: el investigador-tesista. El anonimato estará garantizado.
2. No discriminación y libre participación: No se excluirá a ninguna persona que participe en el estudio en cuanto a sexo, grupo étnico, condición social u otra índole, en sintonía con los criterios metodológicos de exclusión e inclusión del estudio.
3. Consentimiento informado a la participación en la investigación: Se ofrecerá información relevante a los sujetos sobre la finalidad y características del proyecto de investigación para solicitar el consentimiento informado a la participación del estudio.
4. Respeto por la calidad de la investigación, autoría y uso de los resultados: Tanto la propuesta del modelo como los resultados adquiridos por las encuestas, serán tratadas con el debido profesionalismo que merece, respetando la Norma e.030 "Diseño Sismorresistente" del RNE 2016. Se declara la ausencia de conflicto de intereses en la realización del estudio.

5. El cuestionario consta de (14) quine preguntas para marcar, ordenadas desde lo fácil a lo difícil, de lo general a lo específico, con una escala en Licker del 1 al 4.
6. Sobre el método de espectro de capacidad propuesto: Trata sobre la Evaluación Estructural de la Institución Educativa Emblemática "Nuestra Señora de las Mercedes" Usando el Método del Espectro de Capacidad.



## **ANEXO 5: NORMA E.030 – “DISEÑO SISMORRESISTENTE” DEL RNE 2016**



# El Peruano

190 AÑOS

1825-2015. LA HISTORIA PARA CONTAR | **DIARIO OFICIAL**



Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**DECRETO SUPREMO  
N° 003-2016-VIVIENDA**

**DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA  
LA NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO  
SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO  
NACIONAL DE EDIFICACIONES,  
APROBADA POR DECRETO SUPREMO  
N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON  
DECRETO SUPREMO  
N° 002-2014-VIVIENDA**

**NORMAS LEGALES**

**SEPARATA ESPECIAL**



**DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA LA NORMA TÉCNICA E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA POR DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON DECRETO SUPREMO N° 002-2014-VIVIENDA**

**DECRETO SUPREMO  
N° 003-2016-VIVIENDA**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas; precisándose que a la fecha las referidas normas han sido modificadas por sendos Decretos Supremos;

Que, es preciso señalar que con los Decretos Supremos N° 001-2010-VIVIENDA y N° 017-2012-VIVIENDA, se aprobaron dos normas técnicas adicionales, de acuerdo al Índice y a la Estructura del RNE aprobado mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA; y con los Decretos Supremos N° 011-2012-VIVIENDA, N° 005-2014-VIVIENDA y N° 006-2014-VIVIENDA, se incorporaron tres nuevas normas al citado cuerpo legal;

Que, con Informe N° 001-2015-CPARNE de fecha 17 de junio de 2015, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, eleva la propuesta de modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del RNE, aprobada con Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA; la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de aprobación de la Quincuagésima Segunda Sesión de fecha 10 de junio de 2015, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, la propuesta normativa tiene por objeto actualizar la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" de acuerdo con las nuevas tecnologías en sismorresistencia y los avances científicos en el campo de la sismología, a fin de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones nuevas, evitar las pérdidas de vidas humanas en caso de sismos y asegurar la continuidad de los servicios básicos;

Que, conforme a lo señalado por la Comisión Permanente de Actualización del RNE, corresponde disponer la modificación de la Norma Técnica a que se refiere el considerando anterior, a fin de actualizar y complementar su contenido; y,

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA;

DECRETA:

**Artículo 1.- Modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE**

Modifícase la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" contenida en el Numeral III.2 Estructuras,

del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, la cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 2.- Publicación y Difusión**

Publícase el presente Decreto Supremo y la Norma Técnica a que se refiere el artículo 1 de la presente norma, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento ([www.vivienda.gob.pe](http://www.vivienda.gob.pe)), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano", de conformidad con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 001-2009-JUS.

**Artículo 3.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**

**Única.- Normativa aplicable a proyectos de inversión pública y procedimientos administrativos en trámite**

Los proyectos de inversión pública que a la fecha de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, cuentan con la declaratoria de viabilidad en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP, y los procedimientos administrativos en los que se haya solicitado a las Municipalidades la licencia de edificación correspondiente, se rigen por la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, hasta su conclusión.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de enero del año dos mil dieciséis.

OLLANTA HUMALA TASSO  
Presidente de la República

FRANCISCO ADOLFO DUMLER CUYA  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**NORMA TÉCNICA E.030**

**"DISEÑO SISMORRESISTENTE"**

**ÍNDICE**

**CAPÍTULO 1. GENERALIDADES**

- 1.1 Nomenclatura
- 1.2 Alcances
- 1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente
- 1.4 Concepción Estructural Sismorresistente
- 1.5 Consideraciones Generales
- 1.6 Presentación del Proyecto

**CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO**

- 2.1 Zonificación
- 2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio
- 2.3 Condiciones Geotécnicas
- 2.4 Parámetros de Sitio ( $S$ ,  $T_p$  y  $T_f$ )
- 2.5 Factor de Amplificación Sísmica ( $C$ )

**CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES**

- 3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso ( $U$ )
- 3.2 Sistemas Estructurales
- 3.3 Categoría y Sistemas Estructurales
- 3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_o$ )
- 3.5 Regularidad Estructural
- 3.6 Factores de Irregularidad ( $I_a$ ,  $I_b$ )
- 3.7 Restricciones a la Irregularidad
- 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas,

R

3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

#### CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

- 4.1 Consideraciones Generales para el Análisis
- 4.2 Modelos para el Análisis
- 4.3 Estimación del Peso ( $P$ )
- 4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico
- 4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes
- 4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral
- 4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

#### CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

- 5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales
- 5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles
- 5.3 Separación entre Edificios ( $s$ )
- 5.4 Redundancia
- 5.5 Verificación de Resistencia Última

#### CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

- 6.1 Generalidades
- 6.2 Responsabilidad Profesional
- 6.3 Fuerzas de Diseño
- 6.4 Fuerza Horizontal Mínima
- 6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales
- 6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos
- 6.7 Otras Estructuras
- 6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

#### CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

- 7.1 Generalidades
- 7.2 Capacidad Portante
- 7.3 Momento de Volteo
- 7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

#### CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

- 8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo
- 8.2 Reparación y reforzamiento

#### CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN

- 9.1 Estaciones Acelerométricas
- 9.2 Requisitos para su Ubicación
- 9.3 Mantenimiento
- 9.4 Disponibilidad de Datos

#### ANEXOS

##### ANEXO N° 1 ZONIFICACIÓN SISMICA

##### ANEXO N° 2 PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

#### CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

##### 1.1 Nomenclatura

Para efectos de la presente Norma Técnica, se consideran las siguientes nomenclaturas:

$C$  Factor de amplificación sísmica.

$C_T$  Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio.

$d_i$  Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ .

$e_i$  Excentricidad accidental en el nivel " $i$ ".

$F_i$  Fuerza sísmica horizontal en el nivel " $i$ ".

$g$  Aceleración de la gravedad.

$h_i$  Altura del nivel " $i$ " con relación al nivel del terreno.

$h_{ei}$  Altura del entrepiso " $i$ ".

$h_n$  Altura total de la edificación en metros.

$M_{\theta}$  Momento torsor accidental en el nivel " $i$ ".

$m$  Número de modos usados en la combinación modal.

$n$  Número de pisos del edificio.

$P$  Peso total de la edificación.

$P_i$  Peso del nivel " $i$ ".

$R$  Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

$r$  Respuesta estructural máxima elástica esperada.

$r_i$  Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo " $i$ ".

$S$  Factor de amplificación del suelo.

$S_a$  Espectro de pseudo aceleraciones.

$T$  Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.

$T_p$  Período que define la plataforma del factor  $C$ .

$T_i$  Período que define el inicio de la zona del factor  $C$  con desplazamiento constante.

$U$  Factor de uso o importancia.

$V$  Fuerza cortante en la base de la estructura.

$Z$  Factor de zona.

$R_0$  Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

$I_a$  Factor de irregularidad en altura.

$I_p$  Factor de irregularidad en planta.

$f_i$  Fuerza lateral en el nivel  $i$ .

$\bar{V}_S$  Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.

$\bar{N}_{60}$  Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.

$\bar{S}_{u1}$  Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

##### 1.2 Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en numeral 1.3.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el numeral 3.2, deberá ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad.

Para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se podrá usar esta Norma en lo que sea aplicable.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

##### 1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

**1.4 Concepción Estructural Sismorresistente**

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- Deformación lateral limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

**1.5 Consideraciones Generales**

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del numeral 1.3, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la solicitación sísmica máxima elástica.

**1.6 Presentación del Proyecto**

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán estar firmados por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán incluir la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente.
- b. Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- c. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- d. Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones.

- e. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.
- f. La ubicación de las estaciones acelerométricas, si éstas se requieren conforme al Capítulo 9.

**CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO**

**2.1 Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.

**ZONAS SÍSMICAS**



**FIGURA N° 1**

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

**2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio**

**2.2.1 Microzonificación Sísmica**

Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación

de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

Para los siguientes casos podrán ser considerados los resultados de los estudios de microzonificación correspondientes:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

### 2.2.2 Estudios de Sitio

Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

Los estudios de sitio deberán realizarse, entre otros casos, en grandes complejos industriales, industria de explosivos, productos químicos inflamables y contaminantes.

No se considerarán parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

## 2.3 Condiciones Geotécnicas

### 2.3.1 Perfiles de Suelo

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\bar{V}_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $\bar{N}_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\bar{S}_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 2.3.2.

Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $\bar{N}_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de  $\bar{N}_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $\bar{S}_u$  para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

#### a. Perfil Tipo $S_0$ : Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\bar{V}_s$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\bar{V}_s$ .

#### b. Perfil Tipo $S_1$ : Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $qu$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $\bar{N}_{60}$  mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### c. Perfil Tipo $S_2$ : Suelos Intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$ , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### d. Perfil Tipo $S_3$ : Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$  menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo  $S_4$  y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad  $P_i$  mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  menor que 25 kPa.

#### e. Perfil Tipo $S_4$ : Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo  $S_4$  cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La Tabla N° 2 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
$S_0$	> 1500 m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
$S_3$	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

### 2.3.2 Definición de los Perfiles de Suelo

Las expresiones de este numeral se aplicarán a los 30 m superiores del perfil de suelo, medidos desde el nivel del fondo de cimentación. El subíndice  $i$  se refiere a uno cualquiera de los  $n$  estratos con distintas características,  $m$  se refiere al número de estratos con suelos granulares y  $k$  al número de estratos con suelos cohesivos.

#### a. Velocidad Promedio de las Ondas de Corte, $\bar{V}_s$

La velocidad promedio de propagación de las ondas de corte se determinará con la siguiente fórmula:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i}{V_{si}} \right)}$$

donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $n$  estratos y  $V_{si}$  es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).

**b. Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración,  $\bar{N}_{60}$**

El valor  $\bar{N}_{60}$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos granulares en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{d_i}{N_{60i}} \right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $m$  estratos con suelo granular y  $\bar{N}_{60}$  es el correspondiente valor corregido del SPT.

**c. Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada,  $\bar{S}_u$**

El valor  $\bar{S}_u$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos cohesivos en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left( \frac{d_i}{S_{ui}} \right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $k$  estratos con suelo cohesivo y  $\bar{S}_u$  es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).

**Consideraciones Adicionales:**

En los casos en los que no sea obligatorio realizar un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) o cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable estime valores adecuados sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

En el caso de estructuras con cimentaciones profundas a base de pilotes, el perfil de suelo será el que corresponda a los estratos en los 30 m por debajo del extremo superior de los pilotes.

**2.4 Parámetros de Sitio ( $S$ ,  $T_p$  y  $T_L$ )**

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los períodos  $T_p$  y  $T_L$  dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

SUELO	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)$$

T es el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1.

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

**CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES**

**3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar  $U = 1$ .

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> </ul> Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.  También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de *U* será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

## 3.2 Sistemas Estructurales

### 3.2.1 Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente deberán cumplir con lo previsto en el Capítulo 21 "Disposiciones especiales para el diseño sísmico" de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

**Pórticos.** Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

**Muros Estructurales.** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

**Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base.

**Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa.

Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

### 3.2.2 Estructuras de Acero

Los Sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos.

**Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)**  
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas. Las columnas deberán ser diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incursionan en la zona de endurecimiento por deformación.

**Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)**  
Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

**Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)**  
Estos pórticos deberán proveer una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

### Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

### Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

### Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

### 3.2.3 Estructuras de Albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o armada.

### 3.2.4 Estructuras de Madera

Se consideran en este grupo las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

### 3.2.5 Estructuras de Tierra

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de tierra o tierra apisonada in situ.

## 3.3 Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.



Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albanilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

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

### 3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_o$ )

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7.

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente  $R_o$  que corresponda.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_o$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albanilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

(\*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 "Adobe" del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos  $S_3$ , ni se permite en suelos  $S_4$ .

### 3.5 Regularidad Estructural

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente  $R$  de reducción de fuerzas sísmicas.

**Estructuras Regulares** son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor  $I_a$  o  $I_p$  será igual a 1,0.

**Estructuras Irregulares** son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

### 3.6 Factores de Irregularidad ( $I_a, I_p$ )

El factor  $I_a$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis. El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 8 y 9 se obtuvieran valores distintos de los factores  $I_a$  o  $I_p$  para las dos direcciones de análisis, se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,75
<b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
<b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,50
<b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
<b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.	0,60
Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<b>Irregularidad Torsional</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{m\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75
<b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{CM}$ ), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,60
<b>Esquinas Entrantes</b> La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
<b>Discontinuidad del Diafragma</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
<b>Sistemas no Paralelos</b> Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0,90

### 3.7 Restricciones a la Irregularidad

#### 3.7.1 Categoría de la Edificación e Irregularidad

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

#### 3.7.2 Sistemas de Transferencia

Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25 % de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones.

#### 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, $R$

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente  $R_0$  determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores  $I_a$ ,  $I_p$  obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

#### 3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la edificación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de esta Norma (mínima fuerza cortante en la base, distorsión de entrepiso máxima permisible), y en la medida que sean aplicables los requisitos del documento siguiente:

“Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.

La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía deberá someterse a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.

### CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

#### 4.1 Consideraciones Generales para el Análisis

Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.

Las solicitaciones sísmicas verticales se considerarán en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

#### 4.2 Modelos para el Análisis

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigideces que sean adecuadas para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.

Para propósito de esta Norma las estructuras de concreto armado y albañilería podrán ser analizadas considerando las inercias de las secciones brutas, ignorando la fisuración y el refuerzo.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán compatibilizarse mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales deberá hacerse en función a las rigideces de los elementos resistentes.

Deberá verificarse que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia, suficientes para asegurar la distribución antes mencionada, en caso contrario, deberá tomarse en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

El modelo estructural deberá incluir la tabiquería que no esté debidamente aislada.

Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes serán diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

En los edificios cuyos elementos estructurales predominantes sean muros, se deberá considerar un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros en direcciones perpendiculares (muros en H, muros en T y muros en L).

**4.3 Estimación del Peso (P)**

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

**4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico**

Deberá utilizarse uno de los procedimientos siguientes:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes (numeral 4.5).
- Análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

El análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

El procedimiento de análisis dinámico tiempo - historia, descrito en el numeral 4.7, podrá usarse con fines de verificación, pero en ningún caso será exigido como sustituto de los procedimientos indicados en los numerales 4.5 y 4.6.

**4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes**

**4.5.1 Generalidades**

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares según el numeral 3.5 de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

**4.5.2 Fuerza Cortante en la Base**

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

**4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura**

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i, correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1,0.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: k = (0,75 + 0,5 T) ≤ 2,0.

**4.5.4 Período Fundamental de Vibración**

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

C<sub>T</sub> = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

C<sub>T</sub> = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

C<sub>T</sub> = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2\right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i\right)}}$$

Donde:

- f<sub>i</sub> es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

- d<sub>i</sub> es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f<sub>i</sub>. Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental  $T$  deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

#### 4.5.5 Excentricidad Accidental

Para estructuras con diafragmas rígidos, se supondrá que la fuerza en cada nivel ( $F$ ) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debe considerarse además de la excentricidad propia de la estructura el efecto de excentricidades accidentales (en cada dirección de análisis) como se indica a continuación:

a) En el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, se aplicará un momento torsor accidental ( $M_{ti}$ ) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel ( $e_i$ ), se considerará como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

b) Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

#### 4.5.6 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso igual a  $2/3 Z \cdot U \cdot S$ .

En elementos horizontales de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

#### 4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

##### 4.6.1 Modos de Vibración

Los modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

##### 4.6.2 Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

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

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los  $2/3$  del espectro empleado para las direcciones horizontales.

##### 4.6.3 Criterios de Combinación

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

La respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados ( $r_i$ ) podrá determinarse

usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Donde  $r$  representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8\beta^2(1+\lambda)\lambda^{3/2}}{(1-\lambda^2)^2 + 4\beta^2\lambda(1+\lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

$\beta$ , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05

$\omega_i, \omega_j$  son las frecuencias angulares de los modos  $i, j$

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la siguiente expresión.

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

#### 4.6.4 Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

#### 4.6.5 Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

#### 4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los numerales 4.5 y 4.6.

En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

##### 4.7.1 Registros de Aceleración

Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales.

Cada conjunto de registros de aceleraciones del terreno consistirá en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las historias de aceleración serán obtenidas de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, y mecanismos de fuente sean consistentes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se podrán usar registros simulados para alcanzar el número total requerido.

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre  $0,2 T$  y  $1,5 T$  (siendo  $T$  el período fundamental),

el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 4.6.2 con  $R = 1$ .

Para la generación de registros simulados deberán considerarse los valores de  $C$ , definidos en el numeral 2.5, excepto para la zona de períodos muy cortos ( $T < 0,2 T_p$ ) en la que se considerará:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

**4.7.2 Modelo para el Análisis**

El modelo matemático deberá representar correctamente la distribución espacial de masas en la estructura.

El comportamiento de los elementos será modelado de modo consistente con resultados de ensayos de laboratorio y tomará en cuenta la fluencia, la degradación de resistencia, la degradación de rigidez, el estrechamiento de los lazos histeréticos, y todos los aspectos relevantes del comportamiento estructural indicado por los ensayos.

La resistencia de los elementos será obtenida en base a los valores esperados sobre resistencia del material, endurecimiento por deformación y degradación de resistencia por la carga cíclica.

Se permite suponer propiedades lineales para aquellos elementos en los que el análisis demuestre que permanecen en el rango elástico de respuesta.

Se admite considerar un amortiguamiento viscoso equivalente con un valor máximo del 5 % del amortiguamiento crítico, además de la disipación resultante del comportamiento histerético de los elementos.

Se puede suponer que la estructura está empotrada en la base, o alternativamente considerar la flexibilidad del sistema de cimentación si fuera pertinente.

**4.7.3 Tratamiento de Resultados**

En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evaluarán a partir de los promedios de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11.

Las deformaciones en los elementos no excederán de 2/3 de aquellas para las que perderían la capacidad portante para cargas verticales o para las que se tendría una pérdida de resistencia en exceso a 30 %.

Para verificar la resistencia de los elementos se dividirán los resultados del análisis entre  $R = 2$ , empleándose las normas aplicables a cada material.

**CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD**

**5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales**

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de  $C/R$  indicados en el numeral 4.5.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 4.6.4.

**5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles**

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la

fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	$(\Delta_i / h_{ei})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

**5.3 Separación entre Edificios (s)**

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima  $s$  para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que:

$$s = 0,006 h \geq 0,03 \text{ m}$$

Donde  $h$  es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar  $s$ .

El edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores de 2/3 del desplazamiento máximo calculado según el numeral 5.1 ni menores que  $s/2$  si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria.

En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio deberá separarse de la edificación existente el valor de  $s/2$  que le corresponde más el valor  $s/2$  de la estructura vecina.

**5.4 Redundancia**

Cuando sobre un solo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30 % o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento deberá diseñarse para el 125 % de dicha fuerza.

**5.5 Verificación de Resistencia Última**

En caso se realice un análisis de la resistencia última se podrá utilizar las especificaciones del ASCE/SEI 41 SEISMIC REHABILITATION OF EXISTING BUILDINGS. Esta disposición no constituye una exigencia de la presente Norma.

**CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS**

**6.1 Generalidades**

Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.

Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y deban acompañar la deformación de la estructura deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Dentro de los elementos no estructurales que deben tener adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:

- Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.

- Vidrios y muro cortina.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones de gas.
- Equipos mecánicos.
- Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

### 6.2 Responsabilidad Profesional

Los profesionales que elaboran los diferentes proyectos serán responsables de proveer a los elementos no estructurales la adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas.

### 6.3 Fuerzas de Diseño

Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección ( $F$ ) asociada a su peso ( $P_e$ ), cuya resultante podrá suponerse aplicada en el centro de masas del elemento, tal como se indica a continuación:

$$F = \frac{a_i}{g} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $a_i$  es la aceleración horizontal en el nivel donde el elemento no estructural está soportado, o anclado, al sistema estructural de la edificación. Esta aceleración depende de las características dinámicas del sistema estructural de la edificación y debe evaluarse mediante un análisis dinámico de la estructura.

Alternativamente podrá utilizarse la siguiente ecuación:

$$F = \frac{F_i}{P_i} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $F_i$  es la fuerza lateral en el nivel donde se apoya o se ancla el elemento no estructural calculada de acuerdo al numeral 4.5 y  $P_i$  el peso de dicho nivel.

Los valores de  $C_1$  se tomarán de la Tabla N° 12.

Para calcular las solicitaciones de diseño en muros, tabiques, parapetos y en general elementos no estructurales con masa distribuida, la fuerza  $F$  se convertirá en una carga uniformemente distribuida por unidad de área. Para muros y tabiques soportados horizontalmente en dos niveles consecutivos, se tomará el promedio de las aceleraciones de los dos niveles.

Tabla N° 12 VALORES DE $C_1$	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1,5

### 6.4 Fuerza Horizontal Mínima

En ningún nivel del edificio la fuerza  $F$  calculada con el numeral 6.3 será menor que  $0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$ .

### 6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como 2/3 de la fuerza horizontal.

Para equipos soportados por elementos de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

### 6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos deberán diseñarse con una fuerza horizontal calculada con:

$$F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

### 6.7 Otras Estructuras

Para letreros, chimeneas, torres y antenas de comunicación instaladas en cualquier nivel del edificio, la fuerza de diseño se establecerá considerando las propiedades dinámicas del edificio y de la estructura a instalar. La fuerza de diseño no deberá ser menor que la correspondiente a la calculada con la metodología propuesta en este capítulo con un valor de  $C_1$  mínimo de 3,0.

### 6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

Cuando el elemento no estructural o sus anclajes se diseñen utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles, las fuerzas sísmicas definidas en este Capítulo se multiplicarán por 0,8.

## CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

### 7.1 Generalidades

Las suposiciones que se hagan para los apoyos de la estructura deberán ser concordantes con las características propias del suelo de cimentación.

La determinación de las presiones actuantes en el suelo para la verificación por esfuerzos admisibles, se hará con las fuerzas obtenidas del análisis sísmico multiplicadas por 0,8.

### 7.2 Capacidad Portante

En todo estudio de mecánica de suelos deberán considerarse los efectos de los sismos para la determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación. En los sitios en que pueda producirse licuación del suelo, debe efectuarse una investigación geotécnica que evalúe esta posibilidad y determine la solución más adecuada.

### 7.3 Momento de Volteo

Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo, según los numerales 4.5 o 4.6. El factor de seguridad calculado con las fuerzas que se obtienen en aplicación de esta Norma deberá ser mayor o igual que 1,2.

### 7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo  $S_3$  y  $S_4$  y para las Zonas 4 y 3 se proveerá elementos de conexión, los que deben soportar en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10 % de la carga vertical que soporta la zapata.

Para suelos de capacidad portante menor que 0,15 MPa se proveerá vigas de conexión en ambas direcciones.

Para el caso de pilotes y cajones deberá proveerse de vigas de conexión o deberá tenerse en cuenta los giros y deformaciones por efecto de la fuerza horizontal diseñando pilotes y zapatas para estas solicitaciones. Los pilotes tendrán una armadura en tracción equivalente por lo menos al 15 % de la carga vertical que soportan.

## CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Las estructuras dañadas por sismos deben ser evaluadas, reparadas y/o reforzadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron los daños y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con la filosofía del diseño sismorresistente señalada en el Capítulo 1.

**8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo**

Ocurrido el evento sísmico la estructura deberá ser evaluada por un ingeniero civil, quien deberá determinar si la edificación se encuentra en buen estado o requiere de reforzamiento, reparación o demolición. El estudio deberá necesariamente considerar las características geotécnicas del sitio.

**8.2 Reparación y reforzamiento**

La reparación o reforzamiento deberá dotar a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garantice su buen comportamiento en eventos futuros.

El proyecto de reparación o reforzamiento incluirá los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse.

Para la reparación y el reforzamiento sísmico de edificaciones se seguirán los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Solo en casos excepcionales se podrá emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados en el RNE, con la debida justificación técnica y con aprobación del propietario y de la autoridad competente.

Las edificaciones esenciales se podrán intervenir empleando los criterios de reforzamiento sísmico progresivo y en la medida que sea aplicable, usando los criterios establecidos en el documento "Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation", FEMA P-420, Risk Management Series, USA, 2009.

**CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN**

**9.1 Estaciones Acelerométricas**

Las edificaciones que individualmente o en forma conjunta, tengan un área techada igual o mayor que 10 000 m<sup>2</sup>, deberán contar con una estación acelerométrica, instalada a nivel del terreno natural o en la base del edificio. Dicha estación acelerométrica deberá ser provista por el propietario, siendo las especificaciones técnicas, sistemas de conexión y transmisión de datos debidamente aprobados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

En edificaciones con más de 20 pisos o en aquellas con dispositivos de disipación sísmica o de aislamiento en la base, de cualquier altura, se requerirá además de una estación acelerométrica en la base, otra adicional, en la azotea o en el nivel inferior al techo.

**9.2 Requisitos para su Ubicación**

La estación acelerométrica deberá instalarse en un área adecuada, con acceso fácil para su mantenimiento y apropiada iluminación, ventilación, suministro de energía eléctrica estabilizada. El área deberá estar alejada de fuentes generadoras de cualquier tipo de ruido antrópico. El plan de instrumentación será preparado por los proyectistas de cada especialidad, debiendo indicarse claramente en los planos de arquitectura, estructuras e instalaciones del edificio.

**9.3 Mantenimiento**

El mantenimiento operativo de las partes, de los componentes, del material fungible, así como el servicio de los instrumentos, deberán ser provistos por los propietarios del edificio y/o departamentos, bajo control de la municipalidad y debe ser supervisado por el Instituto Geofísico del Perú. La responsabilidad del propietario se mantendrá por 10 años.

**9.4 Disponibilidad de Datos**

La información registrada por los instrumentos será integrada al Centro Nacional de Datos Geofísicos y se encontrará a disposición del público en general.

**ANEXO N° 01  
ZONIFICACIÓN SÍSMICA**

Las zonas sísmicas en las que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1.

A continuación se especifican las provincias y distritos de cada zona.

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO	
LORETO	MARISCAL RAMÓN CASTILLA	RAMÓN CASTILLA	1	TODOS LOS DISTRITOS	
		PEBAS			
		SAN PABLO			
		YAVARI			
	MAYNAS		ALTO NANAY	1	TODOS LOS DISTRITOS
			BELÉN		
			FERNANDO LORES		
			INDIANA		
			IQUITOS		
			LAS AMAZONAS		
			MAZÁN		
			NAPO		
			PUNCHANA		
			PUTUMAYO		
REQUENA		SAQUENA	2	DIEZ DISTRITOS	
		REQUENA			
		CAPELO			
		SOPLIN			
		TAPICHE			
		JENARO HERRERA			
		YAQUERANA			
		ALTO TAPICHE			
		EMILIO SAN MARTÍN			
		MAQUIA			
LORETO		NAUTA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		PARINARI			
		TIGRE			
		TROMPETEROS			
		URARINAS			
ALTO AMAZONAS		LAGUNAS	3	CINCO DISTRITOS	
		YURIMAGUAS			
		BALSAPUERTO			
		JEBEROS			
		SANTA CRUZ			
LORETO	UCAVALI	TNTE. MANUEL CLAVERO	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		TORRES CAUSANA			
		SAQUENA			
		REQUENA			
		CAPELO			
		SOPLIN			
		TAPICHE			
		JENARO HERRERA			
		YAQUERANA			
		ALTO TAPICHE			
EMILIO SAN MARTÍN					
MAQUIA					
PUINAHUA					
NAUTA					
PARINARI					
TIGRE					
TROMPETEROS					
URARINAS					
LAGUNAS					
YURIMAGUAS					
BALSAPUERTO					
JEBEROS					
SANTA CRUZ					
TNTE. CÉSAR LÓPEZ ROJAS					

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LORETO	UCAVALI	CONTAMANA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		INAHUAYA		
		PADRE MÁRQUEZ		
		PAMPA HERMOSA		
		SARAYACU		

DATEM DEL MARAÑÓN	ALFREDO VARGAS GUERRA	2	CUATRO DISTRITOS
	YANAYACU		
	MANSERICHE		
	MORONA	3	DOS
	PASTAZA		
	ANDOAS		
	BARRANCA		
CAHUAPANAS			

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

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
MADRE DE DIOS	TAMBOPATA	INAMBARI	1	TODOS LOS DISTRITOS
		LABERINTO		
		LAS PIEDRAS		
		TAMBOPATA		
	TAHUAMANU	IBERIA	1	TODOS LOS DISTRITOS
		INÁPARI		
		TAHUAMANU		
	MANU	FITZCARRALD	2	TODOS LOS DISTRITOS
		HUEPETUHE		
		MADRE DE DIOS		
MANU				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
PUNO	SANDIA	ALTO INAMBARI	1	TRES DISTRITOS
		SAN JUAN DEL ORO		
		YANAHUAYA		
		CUYOCUYO	2	SIETE DISTRITOS
		LIMBANI		
		PATAMBUCO		
		PHARA		
		QUIACA		
		SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO		
	SANDIA			
	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		QUILCAPUNCU		
		SINA		
		PEDRO VILCA APAZA		
		PUTINA		
	CARABAYA	AYAPATA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COASA		

HUANCANE	CRUCERO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	ITUATA		
	SAN GABÁN		
	USICAYOS		
	AJOYANI		
	CORANI		
	MACUSANI		
MOHO	OLLACHEA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	COJATA		
	HUANCANE		
	HUATASANI		
	INCHUPALLA		
	PUSI		
PUNO	ROSASPATA	2	TRES DISTRITOS
	TARACO		
	VILQUE CHICO		
	HUAYRAPATA		
	MOHO		
PUNO	CONIMA	3	DOCE DISTRITOS
	TILALI		
	COATA		
	CAPACHICA		
	AMANTANI		
	ACORA		
	ATUNCOLLA		
	CHUCUITO		
	HUATA		
	MAÑAZO		
	PAUCARCOLLA		
	PICHACANI		
	PLATERIA		
PUNO			
SAN ANTONIO			
TIQUILLACA			
VILQUE			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
PUNO	AZÁNGARO	AZÁNGARO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ACHAYA		
		ARAPA		
		ASILLO		
		CAMINACA		
		CHUPA		
		JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA		
		MUÑANI		
		POTONI		
		SAMAN		
		SAN ANTON		
		SAN JOSÉ		
		SAN JUAN DE SALINAS		
		SANTIAGO DE PUPUJA		
	TIRAPATA			
	CHUCUITO	DESAGUADERO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		HUACULLANI		
		JULI		
		KELLUYO		
		PISACOMA		
	EL COLLAO	POMATA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ZEPITA		
		CAPAZO		
		CONDURIRI		
	EL COLLAO	ILAVE	3	TODOS LOS DISTRITOS
		PILCUYO		



PUNO	LAMPA	SANTA ROSA	2	TRES DISTRITOS
		CALAPUJA		
		NICASIO		
		PUCARÁ	3	SIETE DISTRITOS
		CABANILLA		
		LAMPA		
		OCUVIRI		
	PALCA			
	PARATIA			
	SANTA LUCÍA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
	VILAVILA			
	ANTAUTA			
	AYAVIRI			
	CUPI			
	LLALLI			
	MACARI	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	NUÑO A			
	ORURILLO			
	SANTA ROSA			
	UMACHIRI			
JULIACA	3			TODOS LOS DISTRITOS
CABANA				
CABANILLAS				
CARACOTO				
YUNGUYO	3	TODOS LOS DISTRITOS		
ANAPIA				
COPANI				
CUTURAPI				
OLLARAYA				
TINICACHI				
UNICACHI				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
AMAZONAS	CAHACHAPOYAS	ASUNCIÓN	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		BALSAS					
		CHACHAPOYAS					
		CHETO					
		CHILIQUIN					
		CHUQUIBAMBA					
		GRANADA					
		HUANCAS					
		LA JALCA					
		LEVANTO					
		LEYMEBAMBA					
		MAGDALENA					
		MARISCAL CASTILLA					
		MOLINOPAMPA					
		MONTEVIDEO					
		OLLEROS					
		QUINJALCA					
		SAN FRANCISCO DE DAGUAS					
		SAN ISIDRO DE MAINO					
		SOLOCO					
		SONCHE					
		BAGUA			ARAMANGO	2	TODOS LOS DISTRITOS
					BAGUA		
	COPALLIN						
	EL PARCO						
	BONGARÁ	IMAZA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		LA PECA					
		CHISQUILLA					
		CHURUJA					
		COROSHA					
	CUISPES						

CONDORCANQUI	FLORIDA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	JAZAN		
	JUMBILLA		
	RECTA		
	SAN CARLOS		
	SHIPASBAMBA		
	VALERA		
	YAMBRASBAMBA		
	EL CENEPA		
	NIEVA		
RÍO SANTIAGO			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AMAZONAS	LUYA	CAMPORREDONDO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COBACAMBA		
		COLCAMAR		
		CONILA		
		INGUILPATA		
		LAMUD		
		LONGUITA		
		LONYA CHICO		
		LUYA		
		LUYA VIEJO		
		MARÍA		
		OCALLI		
		OCUMAL		
		PISUQUÍA		
		PROVIDENCIA		
		SAN CRISTÓBAL		
		SAN FRANCISCO DEL YESO		
		SAN JERÓNIMO		
		SAN JUAN DE LOPECANCHA		
		SANTA CATALINA		
		SANTO TOMÁS		
		TINGO		
		TRITA		
	UTCUBAMBA	BAGUA GRANDE	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CAJARURO		
		CUMBA		
		EL MILAGRO		
	RODRÍGUEZ DE MENDOZA	JAMALCA	2	ONCE DISTRITOS
		LONYA GRANDE		
		YAMON		
		CHIRIMOTO		
		COCHAMAL		
		HUAMBO		
LIMABAMBA				
LONGAR				
MARISCAL BENAVIDES				
MILPUC				
OMIA				
SAN NICOLÁS				
SANTA ROSA				
TOTORA				
VISTA ALEGRE	3	UN DISTRITO		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
BELLAVISTA		BELLAVISTA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ALTO BIAVO		
		BAJO BIAVO		
		HUALLAGA		
		SAN PABLO		
SAN RAFAEL				

SAN MARTÍN	HUALLAGA	SAPOSOA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		EL ESLABÓN		
		PISCOYACU		
		SACANCHE		
		TINGO DE SAPOSOA		
		ALTO SAPOSOA		
	LAMAS	LAMAS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ALONSO DE ALVARADO		
		BARRANQUILLA		
		CAYNARACHI		
		CUÑUMBUQUI		
		PINTO RECODO		
		RUMISAPA		
		SAN ROQUE DE CUMBAZA		
		SHANAO		
		TABALOSOS		
		ZAPATEROS		
	MARISCAL CÁCERES	JUANJUÍ	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CAMPANILLA		
		HUICUNGO		
		PACHIZA		
		PAJARILLO		
		JUANJUICILLO		
	PICOTA	PICOTA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		BUENOS AIRES		
		CASPISAPA		
		PILLUANA		
PUCACACA				
SAN CRISTÓBAL				
SAN HILARIÓN				
SHAMBOYACU				
TINGO DE PONAZA				
TRES UNIDOS				
MOYOBAMBA	MOYOBAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	CALZADA			
	HABANA			
	JEPELACIO			
	SORITOR			
	YANTALO			
RIOJA	RIOJA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	AWAJÚN			
	ELÍAS SOPLÍN VARGAS			
	NUEVA CAJAMARCA			
	PARDO MIGUEL			
	POSIC			
	SAN FERNANDO			
	YORONGOS			
	YURACYACU			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
SAN MARTÍN	SAN MARTÍN	CHIPURANA	2	CUATRO DISTRITOS
		EL PORVENIR		
		HUIMBAYOC		
		PAPAPLAYA		
		TARAPOTO		
		ALBERTO LEVEU	3	DIEZ DISTRITOS
		CACATACHI		
		CHAZUTA		
		JUAN GUERRA		
		LA BANDA DE SHILCAYO		
		MORALES		
		SAN ANTONIO		

TOCACHE	SAUCE	2	TODOS LOS DISTRITOS
	SHAPAJA		
	TOCACHE		
	NUEVO PROGRESO		
	PÓLVORA		
	SHUNTE		
EL DORADO	UCHIZA	3	TODOS LOS DISTRITOS
	SAN JOSÉ DE SISA		
	AGUA BLANCA		
	SAN MARTÍN		
	SANTA ROSA		
SHANTOJA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUÁNUCO	HUÁNUCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		AMARILIS		
		CHINCHAO		
		CHURUMBAMBA		
		MARGOS		
		PILLCO MARCA		
		QUISQUI		
		SAN FRANCISCO DE CAYRÁN		
		SAN PEDRO DE CHAULÁN		
		SANTA MARÍA DEL VALLE		
		YARUMAYO		
		YACUS		
	HUACAYBAMBA	HUACAYBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CANCHABAMBA		
		COCHABAMBA		
		PINRA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
HUÁNUCO	LEONCIO PRADO	RUPA-RUPA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		JOSÉ CRESPO Y CASTILLO					
		MARIANO DÁMASO BERAÚN					
		DANIEL ALOMIA ROBLES					
		FELIPE LUYANDO					
		HERMILIO VALDIZÁN					
		MARAÑÓN			HUACACHUCRO	2	TODOS LOS DISTRITOS
					CHOLÓN		
					SAN BUENAVENTURA		
		PUERTO INCA			PUERTO INCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CODO DEL POZUZO						
	HONORIA						
	TOURNAVISTA						
	YUYAPICHIS						
	YAROWILCA	CHAVINILLO	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CAHUAC					
		CHACABAMBA					
		CHUPAN					
		JACAS CHICO					
		OBAS					
PAMPAMARCA							
CHORAS							

PACHITEA	PANAO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CHAGLLA		
	MOLINO		
	UMARI		
AMBO	AMBO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CAYNA		
	COLPAS		
	CONCHAMARCA		
	HUÁCAR		
	SAN FRANCISCO		
	SAN RAFAEL		
	TOMAY KICHWA		

DANIEL A. CARRION	SIMÓN BOLIVAR	3	TODOS LOS DISTRITOS
	TINYAHUARCO		
	VICCO		
	YANAHUANCA		
	CHACAYAN		
	GOYLLARISQUIZGA		
	PAUCAR		
	SAN PEDRO DE PILLAO		
	SANTA ANA DE TUSI		
	TAPUC		
VILCABAMBA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUAMALIES	ARANCAY	2	OCHO DISTRITOS
		CHAVIN DE PARIARCA		
		JACAS GRANDE		
		JIRCAN		
		MONZÓN		
		PUNCHAO		
		SINGA		
		TANTAMAYO		
		LLATA		
		MIRAFLORES		
	DOS DE MAYO	CHUQUIS	2	TRES DISTRITOS
		MARIAS		
		QUIVILLA		
		LA UNIÓN		
		PACHAS		
		RIPÁN		
		SHUNQUI		
		SILLAPATA		
	LAURICOCHA	YANAS	3	SEIS DISTRITOS
		BAÑOS		
		JESÚS		
		JIVIA		
		QUEROPALCA		
		RONDOS		
		SAN FRANCISCO DE ASÍS		
		SAN MIGUEL DE CAURI		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
JUNIN	CHANCHAMAYO	CHANCHAMAYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		PERENÉ		
		PICHANAQUI		
		SAN LUIS DE SHUARO		
		SAN RAMON		
		VITOC		
		SATIOPO		
	LLAYLLA			
	MAZAMARI			
	PAMPA HERMOSA			
	PANGOA			
	RÍO NEGRO			
	TARMA	RÍO TAMBO	2	SEIS DISTRITOS
		SATIOPO		
		ACOBAMBA		
		HUASAHUASI		
		PALCA		
		PALCAMAYO		
		SAN PEDRO DE CAJAS		
	TAPO			
TARMA	HUARICOLCA	3	TRES DISTRITOS	
	LA UNIÓN			
	TARMA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO			
PASCO	OXAPAMPA	OXAPAMPA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CHONTABAMBA					
		HUANCABAMBA					
		PALCAZU					
		POZUZO					
		PUERTO BERMÚDEZ					
		VILLA RICA					
		PASCO			HUACHÓN	2	OCHO DISTRITOS
	HUARIACA						
	NINACACA						
	PALLANCHACRA						
	PAUCARTAMBO						
	SAN FRANCISCO DE ASÍS DE YARUSYACÁN						
	TICLACAYÁN						
	YANACANCHA						
	CHAUPIMARCA (c. de Pasco)		CHAUPIMARCA (c. de Pasco)	3	CINCO DISTRITOS		
			HUAYLLAY				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
JUNIN	CONCEPCIÓN	ANDAMARCA	2	CUATRO DISTRITOS
		COCHAS		
		COMAS		
		MARISCAL CASTILLA		
		ACO		
		CHAMBARA		
		CONCEPCIÓN		
		HEROÍNAS DE TOLEDO		
		MANZANARES		
		MATAHUASI		
	CONCEPCIÓN	MITO	3	ONCE DISTRITOS
		NUEVE DE JULIO		
		ORCOTUNA		
		SAN JOSÉ DE QUERO		
		SANTA ROSA DE OCOPA		
		CHUPACA		
		HUACHAC		
		HUAMANCACA CHICO		
	CHUPACA	AHUAC	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHONGOS BAJO		
		CHUPACA		
		HUACHAC		
		HUAMANCACA CHICO		

JUNÍN	HUANCAYO	SAN JUAN DE JARPA	2	DOS DISTRITOS
		SAN JUAN DE YSCOS		
		TRES DE DICIEMBRE		
		YANACANCHA		
		PARIAHUANCA		
	HUANCAYO	SANTO DOMINGO DE ACOBAMBA	3	VEINTISEIS DISTRITOS
		CARHUACALLANGA		
		CHACAPAMPA		
		CHICCHE		
		CHILCA		
		CHONGOS ALTO		
		CHUPURO		
		COLCA		
		CULLHUAS		
		EL TAMBO		
		HUACRAPUQUIO		
		HUALHUAS		
		HUANCAN		
		HUANCAYO		
		HUASICANCHA		
		HUAYUCACHI		
		INGENIO		
		PILCOMAYO		
		PUCARA		
		QUICHUAY		
		QUILCAS		
		SAN AGUSTÍN		
		SAN JERÓNIMO DE TUNÁN		
		SAÑO		
		SAPALLANGA		
	SICAYA			
	VIQUES			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
JUNÍN	JAUJA	APATA	2	CUATRO DISTRITOS
		MOLINOS		
		MONOBAMBA		
		RICRAN		
		ACOLLA		
		ATAURA	3	TREINTA DISTRITOS
		CANCHAYLLO		
		CURICACA		
		EL MANTARO		
		HUAMALI		
		HUARIPAMPA		
		HUERTAS		
		JANJAILLO		
		JAUJA		
		JULCAN		
		LEONOR ORDÓÑEZ		
		LLOCLLAPAMPA		
		MARCO		
		MASMA		
		MASMA CHICCHE		
		MUQUI		
		MUQUIYAYUYO		
		PACA		
		PACCHA		
		PANCÁN		
	PARCO			
	POMACANCHA			
	SAN LORENZO			

JUNÍN	HUANCAYO	SAN PEDRO DE CHUNAN	2	DOS DISTRITOS
		SAUSA		
		SINCOS		
		TUNANMARCA		
		YAUJI		
JUNÍN	HUANCAYO	CARHUAMAYO	3	DOS DISTRITOS
		ULCUMAYO		
		ONDORES		
YAULI	HUANCAYO	CHACAPALPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		HUAY-HUAY		
		LA OROYA		
		MARCAPOMACOCHA		
		MOROCOCHA		
		PACCHA		
		SANTA BÁRBARA DE CARHUACAYÁN		
		SANTA ROSA DE SACCO		
		SUITUCANCHA		
		YAUJI		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
CUSCO	CALCA	CALCA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		COYA					
		LAMAY					
		LARES					
		PISAC					
		SAN SALVADOR					
		TARAY					
		YANATILE					
		URUBAMBA			CHINCHERO	2	TODOS LOS DISTRITOS
					HUAYLLABAMBA		
	MACHU PICCHU						
	MARAS						
	OLLANTAYTAMBO						
	PAUCARTAMBO	URUBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		YUCAY					
		CAICAY					
		CHALLABAMBA					
		COLQUEPATA					
	ANTA	HUANCARANI	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		KOSÑIPATA					
		PAUCARTAMBO					
		ANCAHUASI					
		ANTA					
		CACHIMAYO					
		CHINCHAYPUJIO					
		HUAROCONDO					
		LIMATAMBO					
		MOLLEPATA					
	PUCYURA						
	ZURITE						
	QUISPICANCHIS	ANDAHUAYLILLAS	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CAMANTI					
CCARHUAYO							
CCATCA							
CUSIPATA							
HUARO							
LUCRE							
MARCAPATA							
OCONGATE							
OROPESA							
QUIQUIJANA							
URCOS							

PARURO	ACCHA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CCAPI		
	COLCHA		
	HUANOQUITE		
	OMACHA		
	PACCARITAMBO		
	PILLPINTO		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
CUSCO	CANCHIS	ALTO PICHIGUA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COMBAPATA		
		MARANGANI		
		PITUMARCA		
		SAN PABLO		
		SAN PEDRO		
		SUYCKUTAMBO		
		TINTA		
	CANAS	CHECCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		KUNTURKANKI		
		LANGUI		
		LAYO		
		PAMPAMARCA		
		QUEHUE		
		TÚPAC AMARU		
	YANAOCA			
	ACOMAYO	ACOMAYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ACOPIA		
		ACOS		
		MOSOC LLACTA		
		POMACANCHI		
		RONDOCAN		
		SANGARARÁ		
	CUSCO	CCORCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CUSCO		
		POROY		
		SAN JERÓNIMO		
SAN SEBASTIÁN				
SANTIAGO				
SAYLLA				
WANCHAQ				
LA CONVENCION	ECHERATE	2	TODOS LOS DISTRITOS	
	HUAYOPATA			
	MARANURA			
	OCOBAMBA			
	PICHARI			
	QUELLOUNO			
	QUIMBIRI			
	SANTA ANA			
	SANTA TERESA			
VILCABAMBA				
CHUMBIVILCAS	CAPACMARCA	2	CUATRO DISTRITOS	
	CHAMACA			
	COLOQUEMARCA			
	LIVITACA	3	CUATRO DISTRITOS	
	LLUSCO			
	QUIÑOTA			
ESPINAR	SANTO TOMÁS	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	VELILLE			
	CONDOROMA			
	COPORAQUE			
	ESPINAR			
	OCORURO			
	PALLPATA			
PICHIGUA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO			
HUANCAVELICA	CHURCAMP	ANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CHINCHUASI					
		CHURCAMP					
		COSME					
		EL CARMEN					
		LA MERCED					
		LOCROJA					
		PACHAMARCA					
		PAUCARBAMBA					
		SAN MIGUEL DE MAYOC					
		SAN PEDRO DE CORIS					
		ACOBAMBA			ACOBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
					ANDABAMBA		
	ANTA						
	CAJA						
	MARCAS						
	PAUCARÁ						
	TAYACAJA	POMACOCOCHA	2	DIEZ DISTRITOS			
		ROSARIO					
		COLCABAMBA					
		DANIEL HERNANDEZ					
		HUACHOCOLPA					
		HUARIBAMBA					
		QUISHUAR					
		SALCABAMBA					
		SAN MARCOS DE ROCCHAC					
		SARCAHUASI					
		SURCUBAMBA					
		TINTAY PUNCU					
		ANGARAES			ACOSTAMBO	3	SIETE DISTRITOS
	ACRAQUIA						
	AHUAYCHA						
	HUANDO						
	ÑAHUIMPUQUIO						
	PAMPAS						
	PAZOS						
	CHINCHO		2	UN DISTRITO			
	ANCHONGA		3	ONCE DISTRITOS			
	CALLANMARCA						
	CCOCHACCASA						
	CONGALLA						
	HUANCA HUANCA						
HUAYLLAY GRANDE							
JULCAMARCA							
LIRCAY							
SAN ANTONIO DE ANTAPARCO							
SECCLLA							
STO TOMÁS DE PATA							

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
HUANCAVELICA		ACOBAMBILLA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ACORIA		
		ASCENSIÓN		
		CONAYCA		
		CUENCA		
		HUACHOCOLPA		
		HUANCAVELICA		
		HUAYLLAHUARA		
IZCUCHACA				

HUANCAVELICA		LARIA	3	ONCE DISTRITOS			PACAYCASA	3	CINCO DISTRITOS
		MANTA					QUINUA		
		MARISCAL CÁCERES					SAN JOSÉ DE TICLLAS		
		MOYA					SANTIAGO DE PISCHA		
		NUEVO OCCORO					TAMBILLO		
		PALCA					CARMEN ALTO		
		PILCHACA					CHIARA		
		VILCA					SAN JUAN BAUTISTA		
		YAULI					SOCOS		
		ARMA					VINCOS		
	AURAHUA	CONCEPCIÓN	2	UN DISTRITO					
	CASTROVIRREYNA	ACOMARCA	3	SIETE DISTRITOS					
	CHUPAMARCA	CARHUANCA							
	COCAS	HUAMBALPA							
	HUACHOS	INDEPENDENCIA							
	HUAMATAMBO	SAURAMA							
	MOLLEPAMPA	VILCASHUAMÁN							
	SANTA ANA	VISCHONGO							
	TANTARÁ	CARAPO	3	TODOS LOS DISTRITOS					
	TICRAPO	SÁCSAMARCA							
	CAPILLAS	SANCOS							
	SAN JUAN	SANTIAGO DE LUCANAMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS					
	SAN ANTONIO DE CUSCANCHA	CANGALLO							
	PILPICHACA	CHUSCHI							
	QUERCO	LOS MOROCHUCOS							
	AYAVÍ	MARÍA PARADO DE BELLIDO							
	CÓRDOVA	PARAS							
	HUAYACUNDO	TOTOS							
	ARMA								
	HUAYTARÁ								
	LARAMARCA								
	OCOYO								
QUITO ARMA									
SAN FRANCISCO DE SANGAYAICO									
SAN ISIDRO									
SANTIAGO DE CHOCORVOS									
SANTIAGO DE QUIRAHUARA									
SANTO DOMINGO DE CAPILLAS									
TAMBO									

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	HUANTA	AYAHUANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		HIGUAIN		
		HUAMANGUILLA		
		HUANTA		
		LLOCHEGUA		
		LURICOCHA		
		SANTILLANA		
		SIVIA		
	LA MAR	ANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		AYNA		
		CHILCAS		
		CHUNGUI		
		LUIS CARRANZA		
		SAN MIGUEL		
		SANTA ROSA		
	TAMBO			
	HUAMANGA	ACOCRO	2	DIEZ DISTRITOS
		ACOSVINCHOS		
		AYACUCHO		
		JESÚS NAZARENO		
		OCROS		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	PÁUCAR DEL SARA SARA	COLTA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CORCULLA		
		LAMPA		
		MARCABAMBA		
		OYOLO		
		PARARCA		
		PAUSA		
		SAN JAVIER DE ALPABAMBA		
		SAN JOSÉ DE USHUA		
		SARA SARA		
	SUCRE	BELÉN	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHALCOS		
		CHILCAYOC		
		HUACAÑA		
		MORCOLLA		
		PAICO		
		QUEROBAMBA		
		SAN PEDRO DE LARCAY		
		SAN SALVADOR DE QUIJE		
		SANTIAGO DE PAUCARAY		
	VÍCTOR FAJARDO	SORAS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ALCAMENCA		
		APONGO		
		ASQUIPATA		
		CANARIA		
		CAYARA		
		COLCA		
HUAMANQUIQUIA				

PARINACOCHAS	HUANCAPÍ	3	SEIS DISTRITOS		
	HUANCARAYLLA				
	HUAYA				
	SARHUA				
	VILCANCHOS				
	CHUMPI				
	CORACORA				
	CORONEL CASTAÑEDA				
	PACAPAUZA				
	SAN FRANCISCO DE RAVACAYCU				
	UPAHUACHO				
	PULLO			4	DOS DISTRITOS
	PUYUSCA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	LUCANAS	AUCARA	3	DIEZ DISTRITOS
		CABANA		
		CARMEN SALCEDO		
		CHAVIÑA		
		CHIPAO		
		LUCANAS		
		PUQUIO		
		SAN JUAN		
		SAN PEDRO DE PALCO		
		SANTA ANA DE HUAYCAHUACHO		
		HUAC HUAS	4	ONCE DISTRITOS
		LARAMATE		
		LEONCIO PRADO		
		LLAUTA		
		OCAÑA		
		OTOCA		
		SAISA		
		SAN CRISTOBAL		
		SAN PEDRO		
		SANCOS		
SANTA LUCÍA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
APURÍMAC	COTABAMBAS	CALLHUAHUACHO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COTABAMBAS		
		COYLLURQUI		
		HAQUIRA		
		MARA		
		TAMBOBAMBA		
	GRAU	CHUQUIBAMBILLA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CURASCO		
		CURPAHUASI		
		GAMARRA		
		HUAYLLATI		
		MAMARA		
		MICAELA BASTIDAS		
		PATAYPAMPA		
		PROGRESO		
		SAN ANTONIO		
		SANTA ROSA		
		TURPAY		
		VILCABAMBA		
		VIRUNDO		
	ABANCAY	ABANCAY	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHACOCHÉ		
		CIRCA		
		CURAHUASI		

HUANIPACA
LAMBRAMA
PICHIRHUA
SAN PEDRO DE CACHORA
TAMBURCO

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
APURÍMAC	CHINCHEROS	ANCO-HUALLO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHINCHEROS		
		COCHARCAS		
		HUACCANA		
		OCOBAMBA		
		ONGOY		
		RANRACANCHA		
		URANMARCA		
	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS	2	TRECE DISTRITOS
		ANDARAPA		
		HUANCARAMA		
		HUANCARAY		
		KAQUIABAMBA		
		KISHUARA		
		PACOBAMBA		
		PACUCHA		
		SAN ANTONIO DE CACHI		
		SAN JERONIMO		
SANTA MARIA DE CHICMO	3	SEIS DISTRITOS		
TALAVERA				
TURPO				
CHIARA				
HUAYANA				
PAMPACHIRI				
POMACOCCHA				
SAN MIGUEL DE CHACCRAMPA				
TUMAY HUARACA				
AYMARAES	CHAPIMARCA	2	CINCO DISTRITOS	
	COLCABAMBA			
	LUCRE			
	SAN JUAN DE CHACÑA			
	TINTAY	3	DOCE DISTRITOS	
	CAPAYA			
	CARAYBAMBA			
	CHALHUANCA			
	COTARUSE			
	HUAYLLO			
	JUSTO APU SAHUARAURA			
	POCOHUANCA			
	SAÑAYCA			
	SORAYA			
TAPAIRIHUA				
TORAYA				
YANACA				
ANTABAMBA	ANTABAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	EL ORO			
	HIAQUIRCA			
	JUAN ESPINOZA MEDRANO			
	OROPESA			
	PACHACONAS			
SABAINO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
TUMBES	CONTRALMIRANTE VILLAR	CASITAS	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ZORRITOS		
	TUMBES	CORRALES	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA CRUZ		
		PAMPAS DE HOSPITAL		
		SAN JACINTO		
		SAN JUAN DE LA VIRGEN		
		TUMBES		
	ZARUMILLA	AGUAS VERDES	4	TODOS LOS DISTRITOS
		MATAPALO		
		PAPAYAL		
		ZARUMILLA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO		
PIURA	HUANCABAMBA	CANCHAQUE	3	TODOS LOS DISTRITOS		
		EL CARMEN DE LA FRONTERA				
		HUANCABAMBA				
		HUARMACA				
		LALAQUIZ				
		SAN MIGUEL DE EL FAIQUE				
		SONDOR				
		SONDORILLO				
	AYABACA	AYABACA	3	SEIS DISTRITOS		
		JILILI				
		LAGUNAS				
		MONTERO				
		PACAIPAMPA				
		SICCHEZ				
		FRIAS				
		SUYO				
	MORROPÓN	PAIMAS	4	CUATRO DISTRITOS		
		SAPILICA				
		SANTO DOMINGO				
		TAMBO GRANDE				
	PIURA	BUENOS AIRES	3	SEIS DISTRITOS		
		CHALACO				
		SALITRAL				
		SAN JUAN DE BIGOTE				
		SANTA CATALINA DE MOSSA				
		YAMANGO				
		CHULUCANAS			4	CUATRO DISTRITOS
		LA MATANZA				
		MORROPÓN				
		SANTO DOMINGO				
		CASTILLA	4	TODOS LOS DISTRITOS		
		CATACAOS				
		CURA MORI				
		EL TALLÁN				
		LA ARENA				
		LA UNIÓN				
LAS LOMAS						
PIURA						

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
	PAITA	AMOTAPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ARENAL		
		COLÁN		
		LA HUACA		
		PAITA		
		TAMARINDO		

PIURA	SECHURA	VICHAYAL	4	TODOS LOS DISTRITOS
		BELLAVISTA LA UNION		
		BERNAL		
		CRISTO NOS VALGA		
		RINCONADA LLICUAR		
		SECHURA		
	SULLANA	BELLAVISTA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		IGNACIO ESCUDERO		
		LANCONES		
		MARCAVELICA		
		MIGUEL CHECA		
		QUERECOTILLO		
	TALARA	EL ALTO	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA BREA		
		LOBITOS		
		LOS ÓRGANOS		
		MÁNCORA		
		PARIÑAS		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO		
LAMBAYEQUE	FERREÑAFE	CAÑARIS	3	DOS DISTRITOS		
		INCAHUASI	4	CUATRO DISTRITOS		
		FERREÑAFE				
		MANUEL A. MESONES MURO				
		PITTIPO				
		LAMBAYEQUE	PUEBLO NUEVO	4	SIETE DISTRITOS	
	SALAS		3			UN DISTRITO
	CHOCHOPE					
	ILLIMO					
	JAYANCA					
	LAMBAYEQUE					
	MOCHUMI					
	MÓRROPE					
	MOTUPE					
	OLMOS					
	PACORA					
	SAN JOSÉ					
	TÚCUME					
	CHICLAYO	CAYALTÍ	4	TODOS LOS DISTRITOS		
		CHICLAYO				
		CHONGOYAPE				
		ETEN				
		ETEN PUERTO				
		JOSÉ LEONARDO ORTIZ				
		LA VICTORIA				
		LAGUNAS				
MONSEFÚ						
NUEVAARICA						
OYOTUN						
PATAPO						
PICSI						
PIMENTEL						
POMALCA						
PUCALÁ						
REQUE						
SANTA ROSA						
SAÑA						
TUMÁN						



REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO	
CAJAMARCA	HUALGAYOC	BAMBAMARCA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		CHUGUR			
		HUALGAYOC			
	SAN IGNACIO	CHIRINOS	2	CINCO DISTRITOS	
		HUARANGO			
		LA COIPA			
		NAMBALLE			
		SAN IGNACIO	2	DOS DISTRITOS	
		SAN JOSE DE LOURDES			
		TABACONAS			
	CELENDÍN	CELENDÍN	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		CHUMUCH			
		CORTEGANA			
		HUASMIN			
		JORGE CHÁVEZ			
		JOSÉ GÁLVEZ			
		LA LIBERTAD DE PALLAN			
		MIGUEL IGLESIAS			
		OXAMARCA			
		SOROCHUCO			
		SUCRE			
		UTCO			
	CUTERVO	CALLAYUC	2	CATORCE DISTRITOS	
		CHOROS			
		CUJILLO			
		CUTERVO			
		LA RAMADA			
		PIMPINGOS			
		SAN ANDRÉS DE CUTERVO			
		SAN JUAN DE CUTERVO			
		SAN LUIS DE LUCMA			
		SANTA CRUZ			
		SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA			
SANTO TOMÁS					
SOCOTA					
TORBIO					
CASANOVA					
QUEROCOTILLO		3			UN DISTRITO
JAÉN		BELLAVISTA			2
	CHONTALI				
	COLASAY				
	HUABAL				
	JAÉN				
	LAS PIRIAS				
	SAN JOSÉ DEL ALTO	3	CUATRO DISTRITOS		
	SANTA ROSA				
	POMAHUACA				
	PUCARÁ				
	SALLIQUE				
SAN FELIPE					

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
	SAN MARCOS	GREGORIO PITA	2	CUATRO DISTRITOS
		ICHOCÁN		
		JOSÉ MANUEL QUIROZ		
		JOSÉ SABOGAL		

CAJAMARCA	CHOTA	CHANCAY	3	TRES DISTRITOS
		EDUARDO VILLANUEVA		
		PEDRO GÁLVEZ		
	CHOTA	ANGUIA	2	DOCE DISTRITOS
		CHADIN		
		CHALAMARCA		
		CHIGUIRIP		
		CHIMBAN		
		CHOROPAMPA		
		CHOTA		
		CONCHAN		
		LAJAS		
		PACCHA		
		PIÓN		
		TACABAMBA		
	COCHABAMBA	3	SIETE DISTRITOS	
	HUAMBOS			
	LLAMA			
	MIRACOSTA			
	QUEROCOTO			
	SAN JUAN DE LICUPIS			
	TOCMOCHE			
	CAJABAMBA	SITACOCHA	2	UN DISTRITO
		CACHACHI	3	TRES DISTRITOS
		CAJABAMBA		
		CONDEBAMBA		
	CAJAMARCA	ENCAÑADA	2	UN DISTRITO
		ASUNCIÓN	3	ONCE DISTRITOS
		CAJAMARCA		
		CHETILLA		
		COSPÁN		
		JESÚS		
		LLACANORA		
LOS BAÑOS DEL INCA				
MAGDALENA				
MATARA				
NAMORA				
SAN JUAN				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
CAJAMARCA	CONTUMAZÁ	CHILETE	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CONTUMAZÁ		
		CUPISNIQUE		
		GUZMANGO		
		SAN BENITO		
		SANTA CRUZ DE TOLEDO		
		TANTARICA		
	YONÁN			
	SAN MIGUEL	BOLÍVAR	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CALQUIS		
		CATILLUC		
		EL PRADO		
		LA FLORIDA		
		LLAPA		
		NANCHOC		
		NIEPOS		
		SAN GREGORIO		
		SAN MIGUEL		
		SAN SILVESTRE DE COCHAN		
		TONGOD		
		UNIÓN AGUA BLANCA		

SAN PABLO	SAN BERNARDINO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	SAN LUIS		
	SAN PABLO		
	TUMBADEN		
SANTA CRUZ	ANDABAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CATACHE		
	CHANCAYBAÑOS		
	LA ESPERANZA		
	NINABAMBA		
	PULÁN		
	SANTA CRUZ		
	SAUCEPAMPA		
	SEXI		
	UTICYACU		
	YAYUCAN		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
LA LIBERTAD	BOLÍVAR	BAMBAMARCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		BOLÍVAR		
		CONDORMARCA		
		LONGOTEA		
		UCHUMARCA		
		UCUNCHA		
	PATAZ	BULDIBUYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHILLIA		
		HUANCASPATA		
		HUAYLILLAS		
		HUAYO		
		ONGÓN		
		PARCOY		
		PATAZ		
		PIAS		
		SANTIAGO DE CHALLAS		
		TAURIFA		
		TAYABAMBA		
	URPAY			
	SANCHEZ CARRIÓN	COCHORCO	2	DOS DISTRITOS
		SARTIMBAMBA		
		CHUGAY		
		CURGOS	3	SEIS DISTRITOS
		HUAMACHUCO		
		MARCABAL		
		SANAGORAN		
	SARÍN			
	SANTIAGO DE CHUCO	ANGASMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CACHICADÁN		
		MOLLEBAMBA		
		MOLLEPATA		
		QUIRUVILCA		
		SANTA CRUZ DE CHUCA		
SANTIAGO DE CHUCO				
SITABAMBA				
GRAN CHIMÚ	CASCAS	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	LUCMA			
	MARMOT			
	SAYAPULLO			
JULCÁN	CALAMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	CARABAMBA			
	HUASO			
	JULCÁN			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
LA LIBERTAD	OTUZCO	AGALLPAMPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHARAT		
		HUARANCHAL		
		LA CUESTA		
		MACHE		
		OTUZCO		
		PARANDAY		
		SALPO		
		SINSICAP		
		USQUIL		
		CHEPÉN		
	PACANGA			
	PUEBLO NUEVO			
	ASCOPE	ASCOPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CASA GRANDE		
		CHICAMA		
		CHOCOPE		
		MAGDALENA DE CAO		
		PAIJÁN		
		RÁZURI		
	SANTIAGO DE CAO			
	PACASMAYO	GUADALUPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		JEQUETEPEQUE		
		PACASMAYO		
		SAN JOSÉ		
	TRUJILLO	SAN PEDRO DE LLOC	4	TODOS LOS DISTRITOS
		EL PORVENIR		
		FLORENCIA DE MORA		
		HUANCHACO		
		LA ESPERANZA		
		LAREDO		
		MOCHE		
		POROTO		
SALAVERRY				
SIMBAL				
TRUJILLO				
VÍCTOR LARCO HERRERA				
VIRÚ	CHAO	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	GUADALUPITO			
	VIRÚ			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	ANTONIO RAYMONDI	CHACCHO	2	TRES DISTRITOS
		CHINGA		
		LLAMELLIN		
		ACZO	3	TRES DISTRITOS
		MIRGAS		
		SAN JUAN DE RONTROY		
	HUARI	ANRA	2	SEIS DISTRITOS
		HUACACHI		
		HUACCHIS		
		PAUCAS		
		RAPAYÁN	3	DIEZ DISTRITOS
		UCO		
		CAJAY		
	CHAVÍN DE HUANTAR	3	DIEZ DISTRITOS	
	HUACHIS			
HUANTAR				

		HUARI		
		MASIN		
		PONTO		
		RAHUAPAMPA		
		SAN MARCOS		
		SAN PEDRO DE CHANA		
	ASUNCIÓN	ACPOCHACA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHACAS		
	CARHUAZ	ACOPAMPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		AMASHCA		
		ANTA		
		ATAQUERO		
		CARHUAZ		
		MARCARÁ		
		PARIAHUANCA		
		SAN MIGUEL DE ACO		
		SHILLA		
		TINCO		
		YUNGAR		
	CARLOS F. FITZCARRALD	SAN LUIS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		SAN NICOLÁS		
		YAUYA		
	CORONGO	ACO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		BAMBAS		
		CORONGO		
		CUSCA		
		LA PAMPA		
		YANAC		
		YUPÁN		
	MARISCAL LUZURIAGA	CASCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ELEAZAR GUZMÁN BARRÓN		
		FIDEL OLIVAS ESCUDERO		
		LLAMA		
		LLUMPA		
		LUCMA		
		MUSGA		
		PISCOBAMBA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	PALLASCA	BOLOGNESI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CABANA		
		CONCHUCOS		
		HUACASCHUQUE		
		HUANDOVAL		
		LACABAMBA		
		LLAPO		
		PALLASCA		
		PAMPAS		
		SANTA ROSA		
	TAUCA			
	POMABAMBA	HUAYLLÁN	3	TODOS LOS DISTRITOS
		PAROBAMBA		
		POMABAMBA		
		QUINUABAMBA		
	SIHUAS	ACOBAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ALFONSO UGARTE		
		CASHAPAMPA		
		CHINGALPO		
		HUAYLLABAMBA		
		QUICHES		
		RAGASH		
		SAN JUAN		
	SICSIBAMBA			

		SIHUAS		
	HUAYLAS	CARAZ	3	TODOS LOS DISTRITOS
		HUALLANCA		
		HUATA		
		HUAYLAS		
		MATO		
		PAMPAROMAS		
		PUEBLO LIBRE		
		SANTA CRUZ		
		SANTO TORIBIO		
		YURACMARCA		
	YUNGAY	CASCAPARA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		MANCOS		
		MATACOTO		
		QUILLO		
		RANRAHIRCA		
		SHUPLUY		
		YANAMA		
		YUNGAY		
	HUARAZ	COCHABAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		COLCABAMBA		
		HUANCHAY		
		HUARAZ		
		INDEPENDENCIA		
		JANGAS		
		LA LIBERTAD		
		OLLEROS		
		PAMPAS		
		PARIACOTO		
	PIRA			
	TARICA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	BOLOGNESI	ABELARDO PARDO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		LEZAMETA		
		ANTONIO RAYMONDI		
		AQUIA		
		CAJACAY		
		CANIS		
		CHIQUIAN		
		COLQUIOC		
		HUALLANCA		
		HUASTA		
		HUAYLLACAYAN		
		LA PRIMAVERA		
		MANGAS		
		PACLLON		
	SAN MIGUEL DE CORPANQUI			
	TICLLOS			
	RECUAY	CATAC	3	TODOS LOS DISTRITOS
		COTAPARACO		
		HUAYLLAPAMPA		
		LLACLLIN		
		MARCA		
		PAMPAS CHICO		
		PARARIN		
	RECUAY			
	AJJA	TAPACCOCHA	3	DOS DISTRITOS
		TICAPAMPA		
		AJJA		
		CORIS		
	AJJA	LA MERCED	4	TRES DISTRITOS
		HUACLLÁN		
		SUCCHA		
	OCROS	ACAS	3	CINCO DISTRITOS

ÁNCASH		CAJAMARQUILLA	4	CINCO DISTRITOS
		CARHUAPAMPA		
		CONGAS		
		LLIPA		
		OCROS		
		S. CRISTÓBAL DE RAJÁN		
		SANTIAGO DE CHILCAS		
		COCHAS		
		SAN PEDRO		
	HUARMEY	COCHAPETI	3	TRES DISTRITOS
		HUAYAN		
		MALVAS		
		CULEBRAS		
	SANTA	HUARMEY	4	DOS DISTRITOS
		CÁCERES DEL PERÚ	3	TRES DISTRITOS
		MACATE		
		MORO		
		CHIMBOTE	4	SEIS DISTRITOS
		COISHCO		
		NEPEÑA		
NUEVO CHIMBOTE				
SAMANCO				
SANTA				
CASMA	BUENA VISTA ALTA	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	CASMA			
	COMANDANTE NOEL			
	YAUTÁN			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	CAJATAMBO	CAJATAMBO	3	CUATRO DISTRITOS
		COPA		
		GORGOR		
		HUACAPÓN		
		MANÁS		
	OYÓN	ANDAJES	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CAUJUL		
		COCHAMARCA		
		NAVÁN		
		OYÓN		
	YAUYOS	PACHANGARA	3	VEINTINUEVE DISTRITOS
		ALIS		
		AYAUCA		
		AYAVIRÍ		
		AZÁNGARO		
		CACRA		
		CARANIA		
		CATAHUASI		
		CHOCOS		
		COCHAS		
		COLONIA		
		HONGOS		
		HUAMPARA		
		HUANCAYA		
		HUANGÁSCAR		
		HUANTÁN		
		HUAÑEC		
		LARAOS		
		LINCHA		
		MADEAN		
MIRAFLORES				
QUINCHES				
SAN JOAQUÍN				

		SAN LORENZO DE PUTINZA	4	TRES DISTRITOS
		SAN PEDRO DE PILAS TANTA		
		TOMAS		
		TUPE		
		VIÑAC		
		VITIS		
		YAUYOS		
		OMAS		
		QUINOCAY		
		TAURIPAMPA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
LIMA	HUARACHIRÍ	CALLAHUANCA	3	VEINTICINCO DISTRITOS			
		CARAMPOMA					
		CHICLA					
		HUACHUPAMPA					
		HUANZA					
		HUARACHIRÍ					
		LAHUAYTAMBO					
		LANGA					
		LARAOS					
		MATUCANA					
		SAN ANDRÉS DE TUPICOCHA					
		SAN BARTOLOMÉ					
		SAN DAMIÁN					
		S. JERÓNIMO DE SURCO					
		SAN JUAN DE IRIS					
		SAN JUAN DE TANTARANCHE					
		SAN LORENZO DE QUINTI					
		SAN MATEO					
		SAN MATEO DE OTAO					
		SAN PEDRO DE CASTA					
		SAN PEDRO DE HUANCAYRE					
		SANGALLAYA					
		SANTA CRUZ DE COCACHACRA					
		SANTIAGO DE ANCHUCAYA					
		SANTIAGO DE TUNA					
		ANTIOQUÍA			4	SIETE DISTRITOS	
		CUENCA					
		MARIATANA					
		RICARDO PALMA					
		SAN ANTONIO DE CHACLLA					
		SANTA EULALIA					
		SANTO DOMINGO DE OLLEROS					
		CANTA			CANTA	3	CUATRO DISTRITOS
					HUAROS		
					LACHAQUI		
	SAN BUENAVENTURA						
	ARAHUAY						
	HUARAL	HUAMANTANGA	4	TRES DISTRITOS			
		SANTA ROSA DE QUIVES					
		ATAVILLOS ALTO	3	NUEVE DISTRITOS			
		ATAVILLOS BAJO					

		IHUARI		
		LAMPIAN		
		PACARAOS		
		SAN MIGUEL DE ACOS		
		SANTA CRUZ DE ANDAMARCA		
		SUMBILCA		
		VEINTISIETE DE NOVIEMBRE		
		AUCALLAMA	4	TRES DISTRITOS
		CHANCAY		
		HUARAL		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	HUAURA	CHECRAS	3	CUATRO DISTRITOS
		LEONCIO PRADO		
		PACCHO		
		SANTA LEONOR		
		ÁMBAR	4	OCHO DISTRITOS
		CALETA DE CARQUIN		
		HUACHO		
		HUALMAY		
		HUAURA		
		SANTA MARÍA		
	SAYÁN			
	VEGUETA			
	CAÑETE	ZUÑIGA	3	UN DISTRITO
		ASIA	4	QUINCE DISTRITOS
		CALANGO		
		CERRO AZUL		
		CHILCA		
		COAYLLO		
		IMPERIAL		
		LUNAHUANÁ		
		MALA		
		NUEVO IMPERIAL		
		PACARÁN		
		QUILMANÁ		
		SAN ANTONIO		
		SAN LUIS		
		SAN VICENTE DE CAÑETE		
SANTA CRUZ DE FLORES				
BARRANCA		BARRANCA		
	PARAMONGA			
	PATIVILCA			
	SUPE			
	SUPE PUERTO			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	LIMA	ANCÓN	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ATE		
		BARRANCO		
		BREÑA		
		CARABAYLLO		
		CHACLACAYO		
		CHORRILLOS		
		CIENEGUILLA		
		COMAS		
		EL AGUSTINO		
		INDEPENDENCIA		
		JESUS MARÍA		
		LA MOLINA		
		LA VICTORIA		

LIMA	LIMA	LIMA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LINCE		
		LOS OLIVOS		
		LURIGANCHO-CHOSICA		
		LURIN		
		MAGDALENA DEL MAR		
		MIRAFLORES		
		PACHACAMAC		
		PUCUSANA		
		PUEBLO LIBRE		
		PUENTE PIEDRA		
		PUNTA HERMOSA		
		PUNTA NEGRA		
		RIMAC		
		SAN BARTOLO		
		SAN BORJA		
		SAN ISIDRO		
		SAN JUAN DE LURIGANCHO		
		SAN JUAN DE MIRAFLORES		
		SAN LUIS		
		SAN MARTIN DE PORRES		
		SAN MIGUEL		
		SANTA ANITA		
		SANTA MARÍA DEL MAR		
		SANTA ROSA		
		SANTIAGO DE SURCO		
		SURQUILLO		
VILLA EL SALVADOR				
VILLA MARIA DEL TRIUNFO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
CALLAO	CALLAO	BELLAVISTA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CALLAO		
		CARMEN DE LA LEGUA-REYNOSO		
		LA PERLA		
		LA PUNTA		
		VENTANILLA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
ICA	CHINCHA	SAN PEDRO DE HUACARPANA	3	UN DISTRITO
		ALTO LARÁN	4	DIEZ DISTRITOS
		CHAVIN		
		CHINCHA ALTA		
		CHINCHA BAJA		
		EL CARMEN		
		GROCIO PRADO		
		PUEBLO NUEVO		
		SAN JUAN DE YANAC		
		SUNAMPE		
	TAMBO DE MORA			
	PALPA	LLIPATA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PALPA		
		RÍO GRANDE		
		SANTA CRUZ		
		TIBILLO		

ICA	ICA	ICA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA TINGUIÑA		
		LOS AQUIJES		
		OCUCAJE		
		PACHACÚTEC		
		PARCONA		
		PUEBLO NUEVO		
		SALAS		
		SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS		
		SAN JUAN BAUTISTA		
		SANTIAGO		
		SUBTANJALLA		
		TATE		
		YAUCA DEL ROSARIO		
		NAZCA		
EL INGENIO				
MARCONA				
NAZCA				
PISCO	PISCO	HUANCANO	4	TODOS LOS DISTRITOS
		HUMAY		
		INDEPENDENCIA		
		PARACAS		
		PISCO		
		SAN ANDRÉS		
		SAN CLEMENTE		
		TÚPAC AMARU INCA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO				
AREQUIPA	LA UNIÓN	ALCA	3	TODOS LOS DISTRITOS				
		CHARCANA						
		COTAHUASI						
		HUAYNACOTAS						
		PAMPAMARCA						
		PUYCA						
		QUECHUALLA						
		SAYLA						
		TAURIA						
		TOMEPA						
		TORO						
		CAYLLOMA			CAYLLOMA	ACHOMA	3	DIECINUEVE DISTRITOS
						CABANA CONDE		
	CALLALI							
	CAYLLOMA							
	CHIVAY							
	COPORAQUE							
	HUAMBO							
	HUANCA							
	ICHUPAMPA							
	LARI							
	LLUTA							
	MACA							
	MADRIGAL							
	SAN ANTONIO DE CHUCA							
			SIBAYO	4	UN DISTRITO			
			TAPAY					
TISCO								
TUTI								
YANQUE								
MAJES								

CASTILLA		ANDAGUA	3	ONCE DISTRITOS				
		AYO						
		CHACHAS						
		CHILCAYMARCA						
		CHOCO						
		MACHAGUAY						
		ORCOPAMPA						
		PAMPACOLCA						
		TIPÁN						
		UÑÓN						
		VIRACO						
						APLAO	4	TRES DISTRITOS
						HUANCARQUI		
URACA								

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO					
AREQUIPA	AREQUIPA	ALTO SELVA ALEGRE	3	VEINTIUN DISTRITOS					
		AREQUIPA							
		CAYMA							
		CERRO COLORADO							
		CHARACATO							
		CHIGUATA							
		JACOBO HUNTER							
		JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO							
		MARIANO MELGAR							
		MIRAFLORES							
		MOLLEBAYA							
		PAUCARPATA							
		POCSI							
		QUEQUEÑA							
		SABANDIA							
		SACHACA							
		SAN JUAN DE TARUCANI							
		SOCABAYA							
		TIABAYA							
		YANAHUARA							
			YURA	4	OCHO DISTRITOS				
			LA JOYA						
			POLOBAYA						
			SAN JUAN DE SIGUAS						
			SANTA ISABEL DE SIGUAS						
			SANTA RITA DE SIGUAS						
			UCHUMAYO						
			VÍTOR						
			YARABAMBA						
			CONDESUYOS			CONDESUYOS	CAYARANI	3	TRES DISTRITOS
							CHICHAS		
							SALAMANCA		
							ANDARAY		
CHUQUIBAMBA									
		IRAY	4	CINCO DISTRITOS					
		RÍO GRANDE							
		YANAQUIHUA							
		COCACHACRA							
		DEAN VALDIVIA							
ISLAY	ISLAY	ISLAY	4	TODOS LOS DISTRITOS					
		MEJÍA							
		MOLLENDO							
		PUNTA DE BOMBÓN							

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
AREQUIPA	CAMANÁ	CAMANÁ	4	TODOS LOS DISTRITOS
		JOSÉ MARÍA QUIMPER		
		MARIANO NICOLÁS VALCÁRCEL		
		MARISCAL CÁCERES		
		NICOLÁS DE PIÉROLA		
		OCOÑA		
		QUILCA		
		SAMUEL PASTOR		
		CARAVELÍ		
	ÁTICO			
	ATIQUIPA			
	BELLA UNIÓN			
	CAHUACHO			
	CARAVELÍ			
	CHALA			
	CHAPARRA			
	HUANUHUANU			
	JAQUI			
	LOMAS			
QUICACHA				
YAUCA				

REGION (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
MOQUEGUA	GENERAL SÁNCHEZ CERRO	CHOJATA	3	DIEZ DISTRITOS
		COALAQUE		
		ICHUÑA		
		LLOQUE		
		MATALAQUE		
		OMATE		
		PUQUINA		
		QUINISTAQUILLAS		
		UBINAS		
		YUNGA		
	LA CAPILLA	4	UN DISTRITO	
	MARISCAL NIETO	CARUMAS	3	CINCO DISTRITOS
		CUCHUMBAYA		
		SAMEGUA		
		SAN CRISTÓBAL DE CALACOA		
		TORATA		
	MOQUEGUA	4	UN DISTRITO	
	ILO	EL AGARROBAL	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PACOCCHA		
ILO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
TACNA	TARATA	CHUCATAMANI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ESTIQUE		
		ESTIQUE-PAMPA		
		SITAJARA		
		SUSAPAYA		
		TARATA		
		TARUCACHI		
	TICACO			
	CANDARAVE	CAIRANI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CAMILACA		
		CANDARAVE		
		CURIBAYA		
		HUANUARA		
		QUILAHUANI		
QUILAHUANI				

JORGE BASADRE	ILABAYA	4	TODOS LOS DISTRITOS
	ITE		
	LOCUMBA		
TACNA	PALCA	3	UN DISTRITO
	ALTO DE LA ALIANZA	4	OCHO DISTRITOS
	CALANA		
	CIUDAD NUEVA		
	INCLÁN		
	PACHIA		
	POCOLLAY		
	SAMA		
TACNA			

**ANEXO N° 02**

**PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS**

Las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de la zona sísmica (Z), del perfil de suelo (S,  $T_p$ ,  $T_L$ ), del uso de la edificación (U), del sistema sismorresistente (R) y las características dinámicas de la edificación (T, C) y de su peso (P).

**ETAPA 1: PELIGRO SÍSMICO (Capítulo 2)**

Los pasos de esta etapa dependen solamente del lugar y las características del terreno de fundación del proyecto. No dependen de las características del edificio.

**Paso 1 Factor de Zona Z (Numeral 2.1)**

Determinar la zona sísmica donde se encuentra el proyecto en base al mapa de zonificación sísmica (Figura N° 1) o a la Tabla de provincias y distritos del Anexo N° 1. Determinar el factor de zona (Z) de acuerdo a la Tabla N° 1.

**Paso 2 Perfil de Suelo (Numeral 2.3)**

De acuerdo a los resultados del Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) se determina el tipo de perfil de suelo según el numeral 2.3.1 donde se definen 5 perfiles de suelo. La clasificación se debe hacer en base a los parámetros indicados en la Tabla N° 2 considerando promedios para los estratos de los primeros 30 m bajo el nivel de cimentación.

Cuando no se conozcan las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, el profesional responsable del EMS determinará el tipo de perfil de suelo sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

**Paso 3 Parámetros de Sitio S,  $T_p$  y  $T_L$  (Numeral 2.4)**

El factor de amplificación del suelo se obtiene de la Tabla N° 3 y depende de la zona sísmica y el tipo de perfil de suelo. Los periodos  $T_p$  y  $T_L$  se obtienen de la Tabla N° 4 y solo dependen del tipo de perfil de suelo.

**Paso 4 Construir la función Factor de Amplificación Sísmica C versus Período T (Numeral 2.5)**

Depende de los parámetros de sitio  $T_p$  y  $T_L$ . Se definen tres tramos, periodos cortos, intermedios y largos, y se aplica para cada tramo las expresiones de este numeral.

**ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO (Capítulo 3)**

Los pasos de esta etapa dependen de las características de la edificación, como son su categoría, sistema estructural y configuración regular o irregular.

**Paso 5 Categoría de la Edificación y el Factor de Uso U (Numeral 3.1)**

La categoría de la edificación y el factor de uso (U) se obtienen de la Tabla N° 5.

**Paso 6 Sistema Estructural (Numeral 3.2 y 3.3)**

Se determina el sistema estructural de acuerdo a las definiciones que aparecen en el numeral 3.2.

En la Tabla N° 6 (numeral 3.3) se definen los sistemas estructurales permitidos de acuerdo a la categoría de la edificación y a la zona sísmica en la que se encuentra.

#### **Paso 7 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, $R_0$ (Numeral 3.4)**

De la Tabla N° 7 se obtiene el valor del coeficiente  $R_0$ , que depende únicamente del sistema estructural.

#### **Paso 8 Factores de Irregularidad $I_a$ , $I_p$ (Numeral 3.6)**

El factor  $I_a$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades existentes en altura. El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades existentes en planta.

En la mayoría de los casos se puede determinar si una estructura es regular o irregular a partir de su configuración estructural, pero en los casos de Irregularidad de Rigidez e Irregularidad Torsional se debe comprobar con los resultados del análisis sísmico según se indica en la descripción de dichas irregularidades.

#### **Paso 9 Restricciones a la Irregularidad (Numeral 3.7)**

Verificar las restricciones a la irregularidad de acuerdo a la categoría y zona de la edificación en la Tabla N° 10. Modificar la estructuración en caso que no se cumplan las restricciones de esta Tabla.

#### **Paso 10 Coeficiente de Reducción de la Fuerza Sísmica $R$ (Numeral 3.8)**

Se determina  $R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$ .

### **ETAPA 3: ANÁLISIS ESTRUCTURAL (Capítulo 4)**

En esta etapa se desarrolla el análisis estructural. Se sugieren criterios para la elaboración del modelo matemático de la estructura, se indica cómo se debe calcular el peso de la edificación y se definen los procedimientos de análisis.

#### **Paso 11 Modelos de Análisis (Numeral 4.2)**

Desarrollar el modelo matemático de la estructura. Para estructuras de concreto armado y albañilería considerar las propiedades de las secciones brutas ignorando la fisuración y el refuerzo.

#### **Paso 12 Estimación del Peso $P$ (Numeral 4.3)**

Se determina el peso ( $P$ ) para el cálculo de la fuerza sísmica adicionando a la carga permanente total un porcentaje de la carga viva que depende del uso y la categoría de la edificación, definido de acuerdo a lo indicado en este numeral.

#### **Paso 13 Procedimientos de Análisis Sísmico (Numerales 4.4 a 4.7)**

Se definen los procedimientos de análisis considerados en esta Norma, que son análisis estático (numeral 4.5) y análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

#### **Paso 13 A Análisis Estático (Numeral 4.5)**

Este procedimiento solo es aplicable a las estructuras que cumplen lo indicado en el numeral 4.5.1.

El análisis estático tiene los siguientes pasos:

- Calcular la fuerza cortante en la base  $V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$  para cada dirección de análisis (numeral 4.5.2).
- Para determinar el valor de  $C$  (Paso 4 o numeral 2.5) se debe estimar el periodo fundamental de vibración de la estructura ( $T$ ) en cada dirección (numeral 4.5.4).
- Determinar la distribución en la altura de la fuerza sísmica de cada dirección (numeral 4.5.3).
- Aplicar las fuerzas obtenidas en el centro de masas

de cada piso. Además se deberá considerar el momento torsor accidental (numeral 4.5.5).

- Considerar fuerzas sísmicas verticales (numeral 4.5.6) para los elementos en los que sea necesario.

#### **Paso 13 B Análisis Dinámico (Numeral 4.6)**

Si se elige o es un requerimiento desarrollar un análisis dinámico modal espectral se debe:

- Determinar los modos de vibración y sus correspondientes periodos naturales y masas participantes mediante análisis dinámico del modelo matemático (numeral 4.6.1).

- Calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones  $S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$  para cada dirección de análisis (numeral 4.6.2).

- Considerar excentricidad accidental (numeral 4.6.5).

- Determinar todos los resultados de fuerzas y desplazamientos para cada modo de vibración.

- Determinar la respuesta máxima esperada correspondiente al efecto conjunto de los modos considerados (numeral 4.6.3).

- Se deben escalar todos los resultados obtenidos para fuerzas (numeral 4.6.4) considerando un cortante mínimo en el primer entrepiso que será un porcentaje del cortante calculado para el método estático (numeral 4.5.3). No se escalan los resultados para desplazamientos.

- Considerar fuerzas sísmicas verticales (numeral 4.6.2) usando un espectro con valores iguales a 2/3 del espectro más crítico para las direcciones horizontales, para los elementos que sea necesario.

### **ETAPA 4: VALIDACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

De acuerdo a los resultados del análisis se determinará si la estructura planteada es válida, para lo cual debe cumplir con los requisitos de regularidad y rigidez indicados en este capítulo.

#### **Paso 14 Revisión de las Hipótesis del Análisis**

Con los resultados de los análisis se revisarán los factores de irregularidad aplicados en el paso 8. En base a éstos se verificará si los valores de  $R$  se mantienen o deben ser modificados. En caso de haberse empleado el procedimiento de análisis estático deberá verificarse lo señalado en el numeral 4.5.1.

#### **Paso 15 Restricciones a la Irregularidad (Numeral 3.7)**

Verificar las restricciones a la irregularidad de acuerdo a la categoría y zona de la edificación en la Tabla N° 10. De existir irregularidades o irregularidades extremas en edificaciones en las que no están permitidas según esa Tabla, se debe modificar la estructuración y repetir el análisis hasta lograr un resultado satisfactorio.

#### **Paso 16 Determinación de Desplazamientos Laterales (Numeral 5.1)**

Se calculan los desplazamientos laterales de acuerdo a las indicaciones de este numeral.

#### **Paso 17 Distorsión Admisible (Numeral 5.2)**

Verificar que la distorsión máxima de entrepiso que se obtiene en la estructura con los desplazamientos calculados en el paso anterior sea menor que lo indicado en la Tabla N° 11. De no cumplir se debe revisar la estructuración y repetir el análisis hasta cumplir con el requerimiento.

#### **Paso 18 Separación entre Edificios (Numeral 5.3)**

Determinar la separación mínima a otras edificaciones o al límite de propiedad de acuerdo a las indicaciones de este numeral.



## **ANEXO 6: PLANOS DE ALIGERADOS, DETALLES DE VIGAS Y COLUMNAS**









**ACTA DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En Huánuco, siendo las 18:00 horas del día miércoles, 14 de Noviembre del 2018, bajo la presidencia del catedrático principal:

**Mg. Cori Trujillo, Armando Elías**

Se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL**, bajo la modalidad de Sistema de Tesis (Resolución 6873-2018-FIA-UAP), en el que Bachiller:

**PAREDES CHURA, CARLOS ARTURO**

Sustento la Tesis titulada:

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA “NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES” USANDO EL MÉTODO DEL ESPECTRO DE CAPACIDAD”.**

Ante el Jurado integrado por los señores catedráticos:

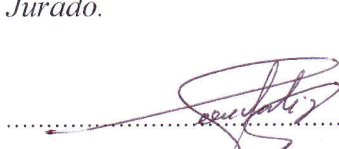
**Mg. Cori Trujillo, Armando Elías**  
**Ing. Martínez Morales, German Gastón**  
**Ing. Cajaleón Hervacio, Nilthon Jesús**

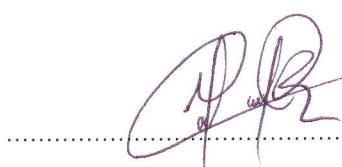
**Presidente**  
**Miembro/Secretario**  
**Miembro**

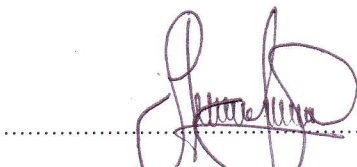
Sustentado el mismo, el graduando obtuvo el siguiente resultado:

APROBADO POR MAYORÍA.

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el Señor Presidente y los demás miembros del Jurado.

  
.....  
**Ing. Martínez Morales, German Gastón**  
**Miembro/Secretario**  
**CIP.56608**

  
.....  
**Ing. Cajaleón Hervacio, Nilthon Jesús**  
**Miembro**  
**CIP. 154333**

  
.....  
**Mg. Cori Trujillo, Armando Elías**  
**Presidente**  
**CIP. 104685**