

FORO: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN ANTE RIESGO SISMICO Y TSUNAMI

EVOLUCIÓN DE LAS NORMAS SÍSMICAS PERUANAS Y EL DISEÑO SISMO RESISTENTE

Ing. Daniel Torrealva Dávila

OBJETIVO DE LOS CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN.

Los códigos de diseño y construcción tienen por objeto proteger la inversión de la sociedad en infraestructura y vivienda. Para ello los códigos deben combinar seguridad y economía teniendo como parámetros de referencia en primer lugar los peligros naturales a que estamos expuestos, y sucesivamente la economía del país, el conocimiento tecnológico disponible y los materiales de construcción propios de la región.

Las Normas Técnicas de Edificaciones NTE son en el Perú, los documentos legales mediante los cuales se asegura un mínimo nivel de confianza en que las estructuras así diseñadas y construidas sean durables y tengan la resistencia suficiente para soportar los embates de la naturaleza.

Las NTE se encuentran agrupadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones cuya última versión data del año 2006 y es de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional. A continuación un listado de las NTE contenidas en el RNE.

E.010 MADERA

E.020 CARGAS

E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

E.040 VIDRIO

E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES

E.060 CONCRETO ARMADO

E.070 ALBAÑILERÍA

E.080 ADOBE

E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

EVOLUCIÓN DE LOS CÓDIGOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PERÚ

En el Perú, los códigos de diseño y construcción son relativamente jóvenes. Hasta la primera mitad del siglo XX, los diseños de las obras de infraestructura y vivienda se realizaban empíricamente o aplicando reglamentos y recomendaciones de Europa y Estados Unidos. El primer código peruano de diseño sísmico data de 1967 y la última versión corresponde al año 2003.

La elaboración de códigos de diseño sismo resistente se basa en la sismicidad de la zona, el avance tecnológico disponible y la economía del país. La costa peruana está ubicada en una zona altamente sísmica por lo que necesariamente todas las edificaciones deben diseñarse y construirse con criterios de resistencia sísmica. Los códigos de diseño deben además establecer un delicado equilibrio entre la seguridad y economía ya que no es económicamente factible elevar los niveles de seguridad ilimitadamente.

CRONOLOGÍA DE SISMOS IMPORTANTES OCURRIDOS EN EL PERÚ.

El registro histórico de los sismos peruanos comienza con la llegada de los españoles al Perú y de allí tenemos lo siguiente:

Sismos en el siglo XVII

1606 (Primer sismo del que se tiene noticias), 1609, 1612, 1631, 1634, 1655, 1687,

1699 Sismo particularmente importante pues dio lugar a lo que se llama el primer código sísmico de América.

El Virrey Don Melchor Portocarrero Laso de la Vega, Conde de la Monclova después del terremoto de 1699 que destruyó Lima formuló un bando por el cual ordena remplazar los segundos pisos de las casas de adobe o ladrillo por “quincha”

“ Porque las frecuencias de los temblores grandes que se experimentan en esta ciudad con mucha ruina de sus edificios no permiten sean de adobe o ladrillo las viviendas altas de las casas y del desorden que en esto se ha tenido, no proporcionándose a las medidas que permite la sección se ocasionan muchas muertes y se anda por las calles con notables cuidados de la vivienda lo cual ha dado motivo para que se halla mandado demoler todo lo que puede causar estos daños, como se va ejecutando mi orden y conviene poner término a tan perjudicial hecho por tanto ordeno y mando que de aquí en adelante no se fabriquen viviendas altas de los materiales referidos: de adobe o ladrillo, y que las que se hiciesen

sean de delante de madera y sin soleras, que solo se puedan cubrir de caña embarrada o tablas, asegurándolas de suerte que puedan tener firmeza y resistencia a los temblores que sobrevinieran.. ”

.. y si el dueño de la casa la mandare hacer de otra forma se le impondrá la pena que pareciera conveniente, los maestros de obra que se opusieran y ordenaran lo contrario serán llevados por cuatros años a Chile y los peones, mulatos o negros que trabajaren en dichas obras serán llevados a la saca de piedra de la isla del Callao por los cuatro años, lo cual se ejecutará precisa y puntualmente y para que lleguen noticias de todos y ninguno alegue ignorancia de esta orden mando se publique por bando en esta ciudad y puestos del Callao. ”

Lima, 20 de Julio de 1699 (Cabildos de Lima. Tomo 33)

Extraído del artículo El Primer Reglamento de Construcciones Asísmicas.

Autor: Alfredo Linder Breslauer - Revista Ingeniería Civil Año 6 N° 27 -2002

Siglo XVII

1746 – El mayor sismo del que se tenga registro histórico que causó la destrucción del callao por el movimiento y el tsunami posterior.

A partir de inicios del siglo XX los registro sísmicos ya fueron instrumentales dando lugar a la definición de las escalas de Magnitud e Intensidad, y de esta nueva forma de registro se tienen los siguientes sismos:

1940 (El de mayor Magnitud de los registrados hasta ahora), 1966, 1970, 1974, 1978, 1997 y 2007.

EVOLUCIÓN DEL DISEÑO SISMICO

Naturaleza y probabilidad

Aunque los movimientos sísmicos aún no se pueden predecir con exactitud, en la práctica, la ciencia y la ingeniería proporcionan herramientas que se pueden utilizar para reducir sus efectos. En primer lugar, la ciencia está en condiciones de identificar el lugar geográfico donde hay más probabilidades que ocurra el siguiente sismo importante, mediante lo que se denomina el silencio sísmico, que identifica las zonas de la costa peruana donde no se han registrado sismos importantes en muchos años, actualmente se tiene identificadas tres zonas de la costa con estas características, Tumbes-Piura, Lima y Moquegua-Tacna. Todavía no se puede precisar la magnitud del probable sismo pero

existe una relación directa entre el período de silencio sísmico y la magnitud del sismo, a mayor silencio sísmico mayor magnitud. Esto está también relacionado con la dificultad de predecir la fecha de ocurrencia aun cuando se están haciendo esfuerzos para monitorear instrumentalmente diversas variables que tendrían relación con la ocurrencia de los sismos.

Filosofía de Diseño Sísmico

La norma sísmica peruana considera la siguiente filosofía de diseño:

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

En concordancia con esta filosofía se establecen los siguientes principios para el diseño:

- La estructura no debe colapsar u ocasionar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que ocurran en el sitio.
- La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados que puedan ocurrir en el sitio durante la vida de servicio experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

Aspectos principales del diseño sísmico.

Selección de un sistema estructural adecuado: que debe ser capaz de absorber y disipar energía introducida por el sismo.

El Análisis Sísmico: Los reglamentos definen las acciones sísmicas para calcular la respuesta de la estructura, y proporcionan métodos de análisis.

El dimensionamiento de las secciones para un diseño por capacidad.

Detallado de la estructura: Para el comportamiento dúctil de los miembros de la estructura y sus conexiones para proporcionarles capacidad de deformación antes del colapso.

Objetivos del Diseño Sísmico

Evitar que se exceda el Estado límite de servicio para sismos de intensidad moderada que pueden presentarse varias veces en la vida de la estructura.

Que no se exceda el Estado límite de integridad estructural para sismos severos que tienen una posibilidad significativa de presentarse en la vida de la estructura.

No debe excederse el Estado límite de supervivencia ni para sismos extraordinarios que tengan una muy pequeña probabilidad de ocurrencia.

LOS NIVELES DE DESEMPEÑO

Los niveles de desempeño se definen en cuanto a la severidad del sismo y del comportamiento del edificio, según ello, el SEAOC (Asociación de Ingenieros Estructurales de California) que es la referencia para este tipo de análisis, establece 4 niveles de severidad según se muestra en la siguiente tabla.

Sismo de Diseño	Probabilidad de excedencia en 50 años de exposición (%)	Período de Retorno (años)
Sismos frecuentes	69	43
Sismos ocasionales	50	72
Sismos raros	10	475
Sismos muy raros	5	970

Asimismo propone cinco niveles de desempeño, que se encuentran en función al comportamiento de la estructura, instalaciones y elementos no estructurales en general. Como resume la siguiente tabla.

Nivel de Desempeño	Descripción
Completamente Operacional (CO)	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando servicio.
Funcional (F)	Agrietamiento en elementos estructurales, daño leve y moderado en elementos arquitectónicos. Los sistemas de evacuación y seguridad funcionan con normalidad.
Resguardo de la vida (RV)	Daño moderado en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
Cerca del Colapso (CC)	Daños severos en elementos estructurales. Fallo de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Puede llegar a ser necesario demoler el edificio.
Colpaso (C)	Pérdida parcial o total de soporte. Colapso parcial o total. No es posible la reparación.

Según el SEAOC el comportamiento que se espera de la edificación depende de la importancia que tenga para la sociedad, hay tres categorías, las comunes, las esenciales y las de seguridad crítica. Según ello se puede tener el comportamiento deseado para cada categoría según el sismo, como se muestra en la siguiente figura.

		Operacional	Funcional	Resguardo de la vida	Cerca del colapso
Nivel de Demanda	Sismo Frecuente (69% / 50 años)	Común			
	Sismo Ocasional (50% / 50 años)	Esencial	Común		
	Sismo Raro (10% / 50 años)	Crítico	Esencial	Común	
	Sismo Muy Raro (5% / 50 años)	Crítico	Crítico	Esencial	Común

En el Perú, siguiendo la propuesta del SEAOC, los objetivos de desempeño para edificaciones comunes se definirían según el siguiente cuadro.

Sismo de Diseño	Aceleración asociada, para la costa del Perú (g)	Comportamiento estructural
Sismos frecuentes	0.20	Perfectamente elástico
Sismos ocasionales	0.25	Prácticamente elástico
Sismos raros	0.40	Importantes incursiones inelásticas con pérdida de resistencia y rigidez. La estructura es reparable.
Sismos muy raros	0.50	Severas incursiones inelásticas, pérdida casi total de rigidez y resistencia. No resulta práctico reparar la estructura.

ESTADO DEL ARTE EN LA PREDICCIÓN DE SISMOS

De las tres variables requeridas para predecir un sismo: LUGAR, FECHA Y MAGNITUD, solo se puede tener una probabilidad razonable del LUGAR en ocurrirá el siguiente sismo importante. Con respecto a las otras dos variables la ciencia actualmente trabaja sobre dos vertientes, el estudio estadístico y el estudio instrumental. En ambos casos, para los sismos del Perú no se cuenta con suficiente información como para poder acercarnos a una predicción con mediana probabilidad de éxito.

REGLAMENTOS, CÓDIGOS Y NORMAS PARA EL DISEÑO SISMO – RESISTENTE

Los ingenieros estructurales con experiencia en diseño sísmico tienen suficiente comprensión de los efectos del terremoto que sacuden sobre edificios para crear los diseños que serán seguros para las varias intensidades de la sacudida. Los códigos técnicos de la edificación modernos incorporan toda esta información proporcionan diseños de ingeniería estructurales apropiados para cada región.

Los códigos de diseño son las herramientas que nos proporcionan las recomendaciones más adecuadas para realizar un diseño que se comporte adecuadamente ante la incidencia de un suceso sísmico. Son el Instrumento que nace de muchas de las experiencias pasadas y de pruebas de laboratorio de las cuales se obtiene una aproximación a la realidad del comportamiento de las estructuras ante los sismos.

CRONOLOGÍA DE LOS CÓDIGOS DE DISEÑO.

E.010 MADERA 1977 – 1989 - 1994

E.020 CARGAS 1979 - 1985 - 1996

E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE 1967 – 1977 - 2003

E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES 1979 - 2006

E.060 CONCRETO ARMADO 1977 – 1989 - 2009

E.070 ALBAÑILERÍA 1977 – 1982 - 2006

E.080 ADOBE 1977 – 1986 - 2000

E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS 1977 – 2006

Lima, 23 de mayo de 2012