

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Estado de arte del análisis no lineal estático y
dinámico para determinar el comportamiento inelástico en estructuras de
concreto armado**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Gloria Adriana Bances Puerta

ASESOR

Hector Augusto Gamarra Uceda

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

Chiclayo, 2022

TESINA GLORIA BANCES

INFORME DE ORIGINALIDAD

30%

INDICE DE SIMILITUD

29%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

16%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	1library.co Fuente de Internet	2%
4	idoc.pub Fuente de Internet	2%
5	edoc.pub Fuente de Internet	2%
6	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
9	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Introducción	5
Referencias	22
Anexos.....	24

Resumen

En el presente proyecto de investigación; tiene como principal objetivo estudiar acerca del estado de arte actual no lineal en estructuras; con la finalidad de incorporar en mi tesis que lleva por título “Diseño y Análisis No Lineal Estático y Dinámico No Lineal de La Sede Institucional de la DRSA Amazonas” las debidas metodologías del análisis no lineal estático y dinámico con los procedimientos y normas actuales en las que se basa.

En el transcurso de las últimas décadas la ingeniería sísmica y estructural con el avance de la tecnología se han ido innovando; debido a que los sismos, presentados en sus diferentes magnitudes han originado muchas pérdidas humanas, económicas y estructurales; lo que ha conllevado a que además del análisis lineal que se aplica en la mayoría de las edificaciones; se incorpore una nueva metodología como el análisis no lineal para contribuir al óptimo diseño estructural ante sismos.

De la misma manera para poder afianzar esta metodología al diseño propuesto se tendrá que realizar la revisión y análisis de documentos de investigación para que de esta manera se pueda realizar de manera óptima.

Palabras clave: Análisis no lineal estático, análisis no lineal dinámico, estructural.

Abstract

In this research project, Its main objective is to study about the current nonlinear state of art in structures; in order to incorporate in my thesis entitled "Static and Nonlinear Nonlinear Design and Analysis of the Institutional Headquarters of the DRSA Amazonas" the proper methodologies of static and dynamic nonlinear analysis with the current procedures and standards on which it is based.

In the course of the last decades the seismic and structural engineering with the advance of technology have been innovating; because the earthquakes, presented in their different magnitudes have caused many human, economic and structural losses; which has led to that in addition to the linear analysis that is applied in the most buildings ; A new methodology such as nonlinear analysis is incorporated to contribute to the optimal structural design in the event of earthquakes.

In the same way, in order to strengthen this methodology to the proposed design, the review and analysis of research documents will have to be carried out so that in this way it can be carried out optimally.

Keywords: Static nonlinear analysis, dynamic nonlinear analysis, structural.

Introducción

En el transcurso de las últimas décadas la ingeniería sísmica y estructural con el avance de la tecnología se han ido innovando; debido a que los sismos, presentados en sus diferentes magnitudes han originado muchas pérdidas humanas, económicas y estructurales. Es decir que unos de los factores principales que ha ocasionado dichas pérdidas se ve influenciada en su mayoría del diseño estructural en edificaciones. El Perú de la misma forma se caracteriza por ser un país altamente sísmico, debido a que geográficamente se comprende en el cinturón de fue del Pacífico; donde la placa de Nazca subduce bajo la placa Oceánica; provocando gran liberación de energía; lo que ocasiona que nuestro país se encuentre en un estado de peligrosidad sísmica.

La región de Amazonas no es ajena a esta problemática que se presente; según la “Historia de sismos más Notables ocurridos en el Perú” describe eventos sísmicos de gran magnitud e intensidad que tuvieron lugar en la región de Amazonas y provincias, lo que ha sacado a flote la vulnerabilidad de edificaciones ante eventos sísmicos [1].

En consecuencia, han surgido diversas investigaciones para poder aplicar un diseño por desempeño sísmico; puesto que debido a la información que originaron los terremotos de Kobe y Northridge en 1994, donde las estructuras de concreto armado que colapsaron o presentaron daños estructurales, marcaron un antes y después en la ingeniería, puesto que permitieron la introducción del rango inelástico; para de esta manera garantizar un desempeño óptimo estructural ante sismos.

En la actualidad con el avance de la tecnología y el progreso de la computación; la ingeniería ha logrado la implementación de diversos métodos con el fin de conocer de manera más real el comportamiento estructural de edificaciones cuando éstas son sometidas a sismos. Dentro de ello la ingeniería incorpora además del análisis lineal; un diseño por desempeño; en donde se estudia el estado no lineal de las estructuras; con la finalidad de brindar seguridad y evitar pérdidas. De la misma manera dentro del análisis no lineal, estudiaremos el análisis estático y dinámico no lineal.

Se considera que el análisis estático lineal está dentro del intervalo entre un análisis lineal y no lineal, ya que este permite obtener una coherencia entre el desempeño y la teoría que se utiliza para el mismo.

Se considera que el análisis estático lineal está dentro del intervalo entre un análisis lineal y no

lineal, ya que este permite obtener una coherencia entre el desempeño y la teoría que se utiliza para el mismo. De la misma forma, en análisis estático no lineal, se utiliza la técnica de Pushover, con la finalidad de obtener la curva de capacidad de la estructura, así como también el desempeño que genera, dentro de esta técnica ya mencionada se tiene en cuenta algunos parámetros que van a determinar la capacidad de la estructura, como por ejemplo el desplazamiento máximo lateral y la cortante basal [2]. Así mismo dentro del análisis no lineal encontramos también al análisis no lineal dinámico la cual representa una forma más exacta del comportamiento de una estructura ante sismos pues actúa de manera dinámica, lo que permite conocer la variabilidad de cualquier de la edificación a través del tiempo.

En este sentido analizando los conceptos mencionados; teniendo en cuenta la importancia de la evaluación sísmica en edificaciones, se pretende investigar acerca del estado de arte actual del análisis estático y dinámico lineal para conocer los métodos más actualizados de los mismos, además de la normativa y procedimientos que se deben tener en cuenta para incorporar esta metodología en el diseño estructural de la Sede Institucional de la Dirección Regional de Salud Amazonas.

Marco teórico

Antecedentes del problema

Tesis de Pregrado: Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma e-030 en puno;2017.

Esta investigación trata acerca a cerca de la evaluación del desempeño sísmico de una edificación ubicada en Puno, el cual tiene un uso de edificación común, en donde él mismo se encuentra en un estado de proyecto y por lo tanto el mismo abarca desde el diseño, en donde la estructura es diseñada con la norma E030 y luego es sometida a cargas laterales con el estado no lineal estático y así mismo se procede a evaluar la misma estructura a través del análisis no lineal dinámico el cual se lleva a cabo con aceleraciones, el cual permitió conocer de manera más exacta el comportamiento estructural del edificio obteniendo como resultado en el diseño la reducción de las dimensiones en un estado estático no lineal [3].

Tesis de Postgrado: Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal-2017

Esta investigación se basa en medir el desempeño sísmico ante un terremoto en una edificación de 11 pisos, ubicado en la ciudad de Tacna; la cual tuvo como finalidad conocer cómo se comportaría esta edificación ante un sismo. Se obtuvo como conclusiones que después de haber sometido al edificio ante diversas sollicitaciones de cargas laterales, en donde aplicando ambas metodologías se pudo analizar a más profundidad las rótulas plásticas que se presentaban, las cuales indicarían el lugar o zona en donde el edificio llegaría a fallar ante un sismo. Así mismo para dicha investigación se obtuvieron como resultados finales, la curva de capacidad y punto de desempeño de la edificación [4].

Tesis de Pregrado: Análisis no lineal estático y dinámico de un edificio de concreto armado con disipadores de energía slb en la ciudad de Chiclayo

Esta investigación se basó en el análisis no lineal y dinámico de una edificación en la ciudad de Chiclayo, en donde se utilizaron disipadores de energía SBD el cual se analizó con los métodos ya mencionados del análisis no lineal, en donde después de haber realizado dicha metodología se obtiene como resultado el inadecuado comportamiento de la estructura en la dirección de Y ; pues no logra alcanzar un desempeño considerable o mínimo para el sismo con el que se diseña, finalmente se concluye que resultó más conservador usar la metodología no lineal estática que el análisis no lineal dinámico [5].

Tesis de pregrado: Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de lima aplicando el análisis estático no lineal pushover ;2016.

Esta investigación trata sobre el “Diseño por Desempeño” de una edificación, el cual cuenta con 6 pisos; en donde su arquitectura nos hace referencia a que el edificio está constituido por dos bloques, el primero presenta un solo departamento y el otro está conformado por 6 departamentos por cada piso, se realizó dicho estudio con la técnica de desempeño con la finalidad de pronosticar

el comportamiento estructural de los edificios ante un riesgo sísmico. De la misma manera también para el diseño de estas edificaciones de concreto se siguieron los parámetros de la norma E030 Y E060 para predecir el comportamiento de los edificios ante diversas solicitaciones sísmicas, en donde se realizó el diseño sísmico siguiendo los parámetros de la Norma E-030; en donde después de este diseño se realizó el análisis no lineal “Pushover” haciendo uso del código FEMA [6].

Tesis de pregrado: Análisis estático no lineal para estimar el desempeño sísmico de una estructura aporticada de 5 pisos en la ciudad de Talara; 2019.

Esta investigación se basó en estimar el desempeño sísmico de la una edificación ubicada en la ciudad de Lima. En este desempeño sísmico para el proceso tomó en cuenta 3 partes; la primera se basó en la evaluación de la zona; la segunda en evaluar el espectro de capacidad de la estructura mediante el método de Pushover aplicando las cargas laterales a la estructura, para esta investigación se tomó en cuenta los procedimientos de la ATC 40, de la misma manera se usó la normativa FEM0-440 para evaluar el punto de desempeño de la edificación. En conclusión, se dio a conocer que, en cuanto al nivel de desempeño de dicha estructura, según el comité de VISION, ésta se encontraba en una zona de seguridad de vida, el cual se encuentra en un rango aceptable de acuerdo con el uso que esta estructura presenta “Residencial” [7]

Tesis de máster: Análisis estático no lineal (pushover) de estructura aporticada de hormigón armado con diferentes grados de ductilidad. aplicando la norma sismorresistente colombiana 2010 (nsr10). valencia, 2018.

Esta investigación está referida a la envergadura de hacer un análisis frente a la ductilidad en el diseño estructural de una edificación con un sistema estructural de pórticos en hormigón armado, en donde se tomó en consideración los procedimientos de la NSR-10. La finalidad de esta investigación es hacer una comparación entre los valores que se obtuvo de la NSR-10 y el análisis estático no lineal, en donde se obtuvo el espectro de capacidad y el estado de rango de ductilidad “real” [8].

Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis Tiempo-Historia. Ecuador

Dicha investigación indica que el análisis Tiempo-Historia de una edificación, en la cual se estima el comportamiento de la misma ante un sismo, para llevar a cabo dicha investigación se utilizaron Normas Ecuatorianas de la Construcción; FEMA 440 Y Comité VISION 2000. Así mismo para el modelamiento estructural y procesamiento se usó el programa ETABS 2016. De la misma forma calculó el espectro de diseño según NEC 2015 y luego realizó el diseño mediante el análisis modal espectral. Finalmente se verificó el desempeño estructural de la edificación mediante los métodos de “Pushover” y un análisis no lineal Tiempo-Historia y se obtuvo como resultados que ante un periodo de retorno de 2500 años la edificación presentará más daños estructurales, además que el análisis tiempo -historia generó más exactitud para ello [9].

Bases teóricas – Científicas

Bases legales

Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures FEMA 440.2005. Washington D. C.

Esta norma dispone una mejora de los parámetros para la evaluación sísmica de estructuras; así mismo nos informa acerca de los requerimientos y lineamientos para llevar a cabo el proceso adecuado por desempeño sísmico

Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings.ATC40.1996. State of California.

Esta norma hace referencia acerca de los procedimientos y lineamientos para el desempeño de los edificios.

Análisis estático no lineal “Pushover”

El análisis estático no lineal es un método pronosticar la fuerza sísmica y demanda de deformación de una edificación, en donde cuando la misma es sometida a cargas sísmicas o fuerzas inerciales, ocurre la redistribución de sus fuerzas inerciales y la edificación supera el límite elástico [10].

La finalidad del análisis estático no lineal “Pushover” es estimar a través de una secuencia de

análisis estáticos el comportamiento de un sistema estructural, en donde se obtiene su demanda de resistencia y deformación. Se considera a este análisis como un método que nos admite predecir la demanda de deformación y la fuerza sísmica de una edificación, en donde esta metodología considera la redistribución de las fuerzas internas que sucede cuando la estructura supera su límite plástico [11]. En la figura 1, podemos observar la curva de capacidad que genera el procedimiento de "Pushover", en donde se obtiene la relación de cortante basal vs desplazamiento; en donde la formación de las rótulas plásticas aparece debido a la aplicación de cargas laterales en un solo sentido de manera monotónica en la estructura y de esta manera se genera se va generando el desarrollo de la curva de capacidad.

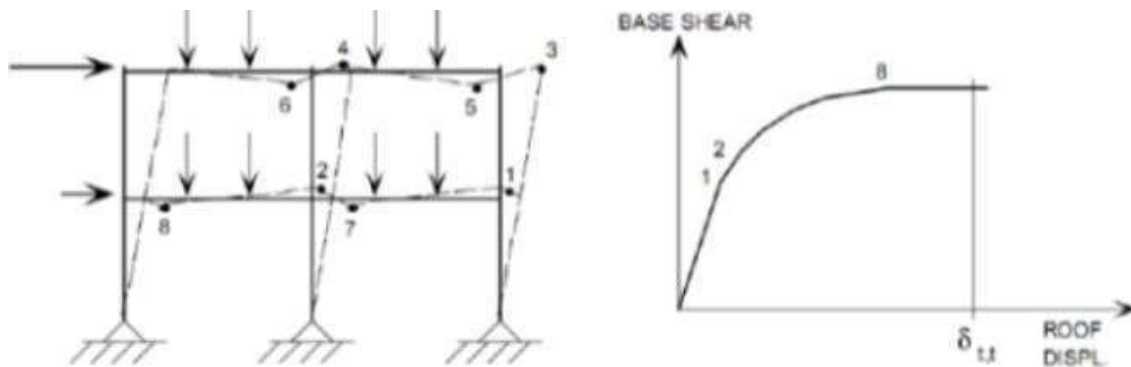


Fig. 1. Análisis No Lineal "Pushover". [10]

Procedimiento del Análisis No Lineal "Pushover"

El procedimiento de este método se basa en llevar al colapso a la estructura, endonde aplica un patrón de cargas laterales incrementales y bajo cargas gravitacionales constantes, las cuales son aplicadas a la estructura, la cual puede ser hasta que la estructura colapse o hasta el valor de carga que se requiera [1] .

Se puede observar en la ilustración 2; la cortante basal, la cual es representada como la sumatoria de las fuerzas para cada piso, como está representado, en donde la estructura alcanza un desplazamiento máximo (d_s) y de esta manera dicho proceso se repite, pero haciendo un incremento de cargas hasta el colapso [7]. Las cargas iniciales consideradas en el proceso se consiguen de los códigos regionales, en donde las mismas que son incrementadas en el proceso, así mismo se considera que el patrón de cargas a usar debe ser aproximado deberá aproximarse a las fuerzas inerciales del sismo.

Según Paredes [7] menciona que en la técnica de “Pushover” existen dos grupos de distribución, los cuales son los más usados en esta metodología, dichos grupos son planteados por la Agencia Federal para el manejo de emergencias (FEMA), el primero trata acerca de un patrón de carga uniforme el cual será proporcional a la masa de cada nivel, el segundo se refiere a la colocación de fuerzas proporcionalmente al producto de la masa y la deformación modal afín con el primer modo de vibración del edificio

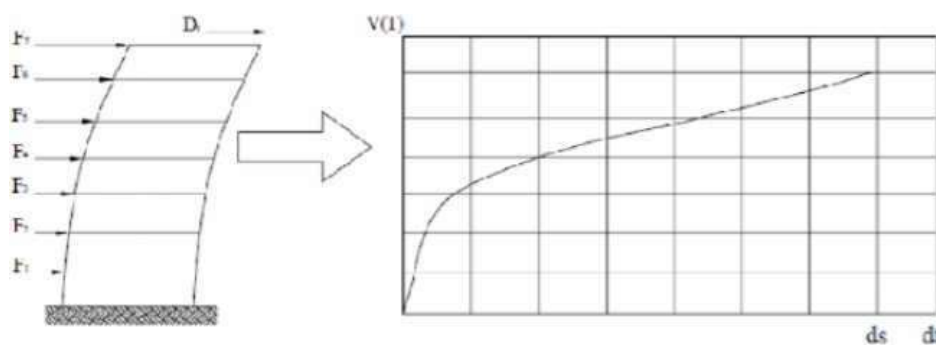


Ilustración 2 Esquema de Pushover

Curva de Capacidad

La curva de capacidad trata acerca de la relación entre la carga y el desplazamiento laterales de la edificación en el último piso, cuya finalidad radica en identificar la capacidad de fluencia y capacidad última de la edificación. En la filosofía de “Diseño por capacidad”, desde un rango inelástico, se busca obtener una estructura que sea capaz de resistir a un sismo severo, evitando el colapso de este [7].

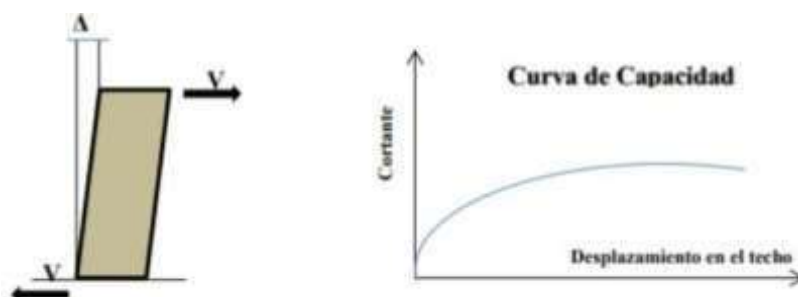


Fig. 3. Curva de Capacidad. [7]

Métodos para estimar el punto de desempeño

El punto de desempeño se estima como el desplazamiento máximo de un sismo de diseño calculado, en el último piso del techo de la estructura. En donde medir el estado de daño de la estructura será el resultado del punto de desempeño y de acuerdo con las deficiencias que presente el mismo se plantearán soluciones con las medidas necesarias, así mismo también se contrastará con el objetivo del desempeño esperado, según esta metodología “Pushover” presenta dos métodos en desempeño los cuales están representados por: El Método de Espectro de Capacidad y el Método de Coeficientes [12].

Método de Coeficientes

Es aquel método primario estático no lineal, el cual está representado en FEMA 440. Este enfoque va a modificar la respuesta elástica lineal del equivalente sistema de 1GDL multiplicándolo por una serie de coeficientes C0 a C3 para generar una estimación del desplazamiento global máximo, elástico y inelástico, que se denomina desplazamiento del objetivo [12].

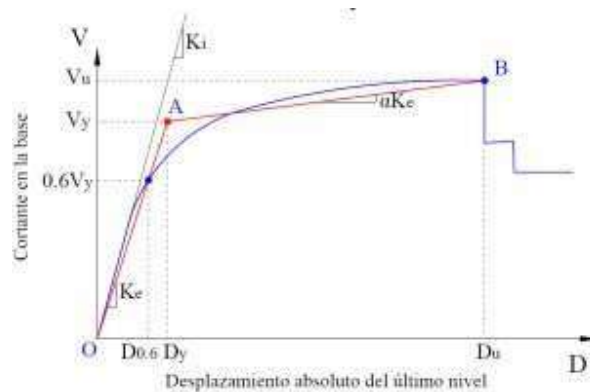


Fig.4. Representación de la curva bilineal de la curva de capacidad. [12]

Método de Espectro Capacidad

Este método espectro capacidad resulta similar al método de coeficientes propuesto por el FEMA 356, cuyo método inicia cuando se genera una relación de fuerza deformación para la estructura estudiada pero la diferencia radica en que los resultados son representados gráficamente en forma de aceleración de formato espectro respuesta de desplazamiento. Este formato es la transformación de la relación cortante vs techo, en donde se utilizan las propiedades dinámicas dadas en el sistema y el resultado es designado como curva de capacidad para la estructura.

Análisis No Lineal Dinámico

El análisis dinámico no lineal es la manera de llevar a la estructura a su comportamiento más exacto ante un sismo severo, en donde en el caso de este análisis es indispensable contar con un registro de aceleraciones, que puede ser del terreno; el cual debería ser real o solo simulado; para llevar a cabo este proceso se necesitan programas adecuados y la operación meticulosa de los datos [3].

El modelamiento para este tipo de análisis es parecido a la que se utiliza en el análisis estático no lineal, la diferencia radica en que en este método el movimiento sísmico se va a modelar con acelogramas reales o simulados, de la misma forma se considera que este procedimiento es el más exacto para predecir fuerzas y desplazamientos de cierta edificación la cual es sometida a un sismo.

Desempeño Sísmico

Diseño sísmico basado en el desempeño

El PBSD (Performance Based Seismic Design) propuesta por el Comité Visión 2000, provee criterios y una posibilidad de diseñar edificios, el cual tenga un comportamiento adecuado ante la presencia de un sismo o terremoto. El proceso se inicia con la selección de uno o más objetivos de desempeño, en la que cada uno es un riesgo aceptable de incurrir daño o pérdida por un sismo. En edificios existentes, la información básica del edificio ya está definida, pero se debe desarrollar medidas preliminares de modernización si es necesario. En la evaluación de desempeño, se realiza análisis estructurales para predecir las respuestas del edificio frente a sismos, se evalúa la cantidad probable de daño y se determina las consecuencias. Luego, se compara la capacidad de desempeño prevista con los objetivos de desempeño deseado. Si el desempeño evaluado es igual o mejor que los objetivos de desempeño establecidos, el diseño es adecuado. En caso contrario el diseño debe revisarse, en un proceso iterativo, hasta que el rendimiento evaluado y los objetivos deseados coincidan.

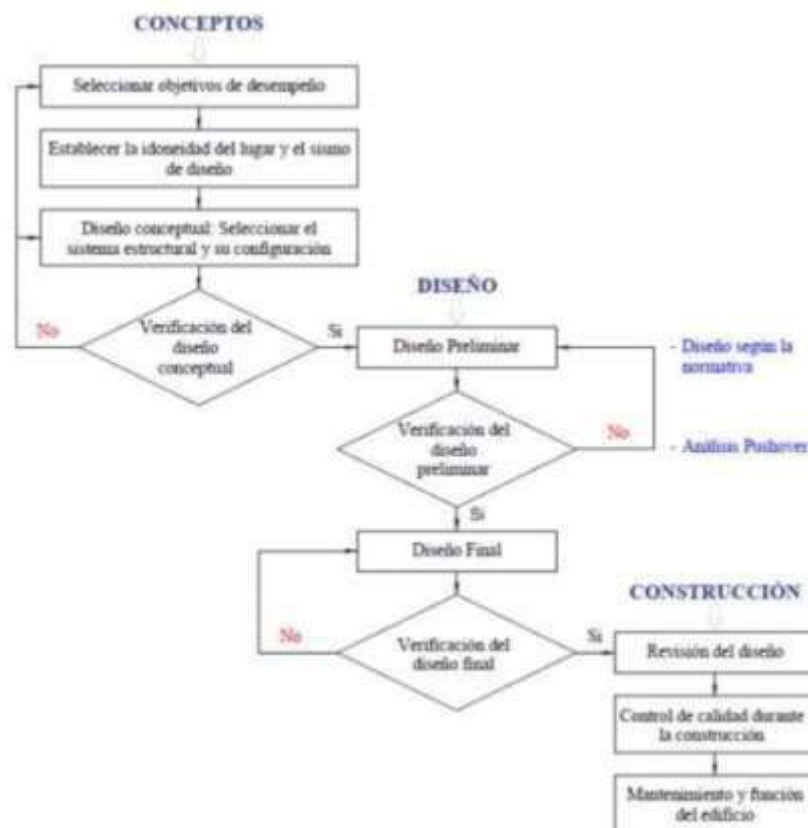


Fig. 5. Metodología para el diseño sísmico basado en el desempeño (SEAO VISION 2000 COMMITE, 1995. [3])

Propuesta Visión 2000

La propuesta del Comité Visión 2000 (SEAOC, 1995) plantea cuatro niveles: Totalmente Operacional, donde los daños no acontecen y la estructura persiste segura; de la misma forma otro nivel propuesto es Operacional ; en donde ocurren ligeros daños estructurales y moderados en cuanto a elementos no estructurales, es decir que la edificación se encuentra apta para llevar a cabo sus funciones , también el tercer nivel de Seguridad ; en donde se presentan daños moderados estructurales y no estructurales , por lo tanto va a requerir de reparaciones formidables; el Pre-Colapso en donde surge la pérdida de la rigidez lateral y la capacidad y por lo tanto ocasiona que la estructura se aproxime al colapso .

Tabla 1 Propuesta Vision 2000

Niveles de desempeño

Nivel de desempeño	Estado de daño	Descripción
Totalmente Operacional	Despreciable	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Operacional	Ligero	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Seguridad	Moderado	Daños moderados. La estructura sufre daños, pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
Pre-Colapso	Severo	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
Colapso	Completo	Colapso estructural. No es posible la reparación.

Nota: Se enumeran los 4 niveles de desempeño

Niveles de desempeño según el ASCE/SEI 41-13

Según el ASCE/SEI 41-13 el nivel de desempeño de un edificio consiste en la combinación de un nivel de desempeño estructural y un no estructural.

Niveles y Rangos de desempeño estructural

El ASCE/SEI 41-13 define seis niveles discretos: Ocupación inmediata, la estructura

posterior al sismo se mantiene segura, conserva su rigidez y resistencia; Control de daño; Seguridad de vida, daños estructurales, pero conserva un margen de seguridad contra el inicio del colapso; Seguridad limitada; Prevención de colapso, la estructura soporta cargas de gravedad, pero no cuenta con ningún margen de seguridad; No considerado, además cuenta con dos rangos de desempeño estructural intermedios: Rango de seguridad mejorado y Rango de seguridad reducido.

a) Niveles y Rangos de desempeño no estructural

Cuenta con 4 niveles: Operacional, siguen cumpliendo sus funciones; Retención de posición, se mantienen en su lugar para evitar el daño causado por la caída o volteo; Seguridad de vida, sufren daños, pero no representan una amenaza para la seguridad de la vida; Peligros reducidos.

b) Niveles de desempeño del edificio objetivo

Los estados de daño esperado posterior a un sismo son los siguientes: Operacional (1-A), muy pocos daños; Ocupación Inmediata (1-B), la estructura es segura y existen reparaciones leves; Seguridad de Vida (3-C), estabilidad en la estructura, el daño no estructural peligroso está controlado; Prevención de Colapso (5-D), el edificio se encuentra cerca al colapso.

Tabla 2

Niveles de desempeño según objetivo

	S-1 Ocupación inmediata	S-2 Control de Daño	S-3 Seguridad de Vida	S-4 Seguridad Limitada	S-5 Prevención de Colapso	S-6 No considerado
N-A Operacional	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
N-B Retención de Posición	1-B Inmediata Ocupación	2-B	3-B	NR	NR	NR
N-C Seguridad de Vida	1-C	2-C	3-C Seguridad de Vida	4-C	5-C	6-C
N-D No considerado	NR	NR	3-D	4-D	5-D Prevención de Colapso	No Evaluación No reformzamiento

Nota: Se enumera los niveles y el estado de la edificación

Objetivos de Desempeño

La selección de los objetivos basados en el desempeño estará hecha por el cliente, el cual será sugerido por un profesional de diseño, ello se basará en el peligro sísmico, ámbito económico y riesgo aceptable, en su mayoría van desde el mínimo, basado en la seguridad de vida para sismo raro, a operacional en sismo muy raro [10].

Propuesta del Comité Vision 2000 Visión 2000 menciona los siguientes objetivos:

- Objetivos mínimos: El objetivo básico es aceptable para edificios comunes nuevos, los objetivos que son esenciales y de seguridad crítica son para hospitales y plantas nucleares. Lo explicado anteriormente se puede observar en la ilustración 6.
- Objetivos mejorados: Estos objetivos proporcionan un desempeño más seguro y representan menos riesgo que los objetivos mínimos.

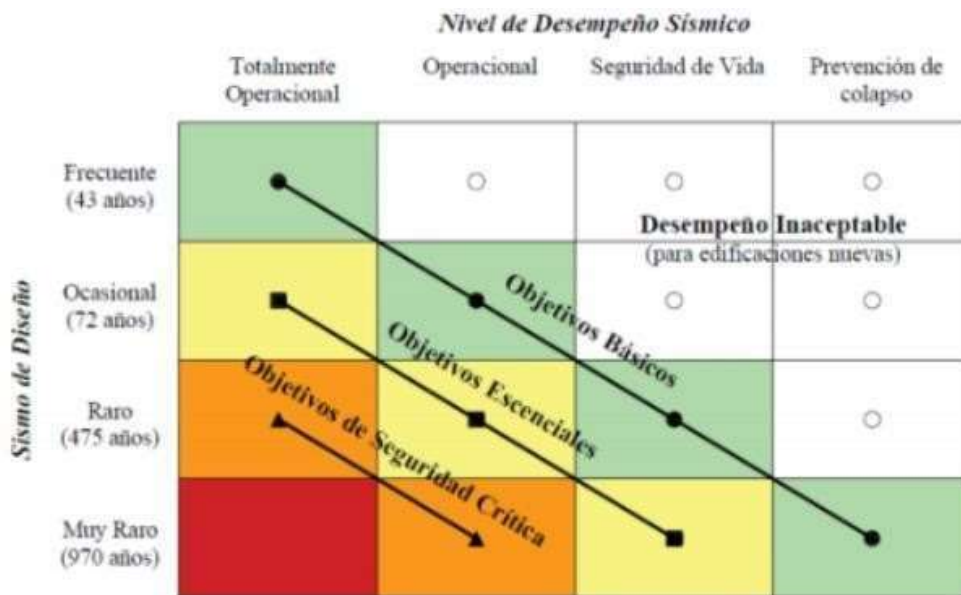


Fig.6. *Objetivos del desempeño sísmico (SEAOC).* [4]

Propuesta del ATC40

La propuesta del ATC40 nos dice que una extensa diversidad de niveles de desempeño para edificios se puede relacionar los niveles de sismo para obtener varios objetivos de desempeño.

- Sismo frecuente o de servicio (SE): Tiene el 50 % de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años, con un periodo de retorno de 75 años.
- Sismo de Diseño (DE): Tiene un 10 % de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años, con un periodo aproximado de 500 años.
- Sismo Máximo (ME): Tiene un 5 % de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años, con un periodo aproximado de 1000 años.

Definición de términos básicos

- Capacidad estructural: Es la capacidad de una estructura ante eventossísmicos,
- Rigidez: La rigidez estructural mide la mayor o menor capacidad paradeformarse de un miembro, conexión o estructura, y se mide como la relación entre fuerza y desplazamiento [2].
- Ductilidad: Es la capacidad de una estructura de disipar energía a causa de un sismo; sin

llegar al punto de fallo.

- Esfuerzo: Producto de ejercer una carga sobre un elemento estructural.
- Sismorresistente: Estructuras o componentes los cuales están preparados para soportar acciones sísmicas [11].
- Curva de capacidad: Es la relación entre desplazamiento y la fuerza de la cortante basal, que surge del incremento de cargas laterales [13].
- Desempeño sísmico: Es la condición límite que se determina en función probable daño físico en la edificación [14].

Hipótesis y variables

Formulación de la Hipótesis:

Mediante la investigación realizada se logrará determinar los métodos y normas y procedimientos actualizados para llevar a cabo un diseño por desempeño en estructuras de concreto armado.

VARIABLES

Variable independiente: Modelamiento Estructural

Variable dependiente: Comportamiento y desempeño estructural

Tabla 3

Variables

Variables	Indicador	Medición
Variable Independiente: Modelamiento estructural	Análisis Dinámico no lineal	-----
	Análisis estático no lineal	-----
Variable dependiente: Comportamiento y Desempeño Estructural	Niveles de daño estructural	Niveles y rangos de desempeño estructural, Niveles de desempeño objetivo, Niveles de peligro sísmico.
	Niveles de amenaza sísmica	Niveles de peligro sísmico según la norma a utilizar

Nota: Variables Independientes y dependientes según medición

Objetivo General

Estudiar el estado de arte actual del análisis estático y dinámico no lineal en estructuras de concreto armado.

Objetivos Específicos:

- Analizar los procedimientos actuales propuestos por la FEMA 440 Y VISION2000.
- Realizar un comparativo del análisis no lineal estático y un análisis no lineal dinámico.
- Estudiar acerca de los niveles y rangos de desempeño estructural, así como también acerca de los niveles de desempeño estructural.

DISEÑO METODOLÓGICO

-Tipo de Estudio y Diseño de Contrastación de Hipótesis

Es una investigación de tipo descriptiva, ya que se basará en la descripción de procedimientos y normas más actuales para llevar a cabo un diseño por desempeño.

Población, Muestra de Estudio y Muestreo Población

Debido a que esta investigación fue de tipo descriptiva, la población abarcó el conjunto de fuentes utilizadas, como tesis, artículos y normas.

-Muestra de estudio

Considerando la población mencionada anteriormente, las muestras que se utilizaron para este tipo de estudio fueron aquellas tesis, artículos, normas que describen conceptos importantes del análisis no lineal (estático y dinámico). Se han realizado aproximadamente 17. Se eligieron principalmente las más actualizadas.

-Muestreo

La información investigada en cada una de las fuentes ya existentes a cerca del análisis no lineal en diferentes zonas geográficas.

MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 4

Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Análisis de documentos	Artículos, tesis, normativas

Nota: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS

Se obtuvo información importante analizando las tesis, algunos artículos, y ciertos capítulos de las normas, los cuales nos permiten conocer los como determinar el desempeño estructural a partir de los análisis no lineales.

ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS:

1. Consulta y análisis de normativas (FEMA 440, ATC-40, ASCE 41-13)
2. Revisión de normas, artículos y tesis.
3. Comprender acerca del análisis estático y dinámico no lineal

Referencias

- [1] E. Silgado Ferro, Historia de los sismos mas notables ocurridos en el Perú (1513-1974), Lima: Instituto de Geología y Mina, 1978.
- [2] R. L. Bonett Díaz, «Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada,» ETS de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003.
- [3] A. E. Esteba Apaza, «Análisis Estático y Dinámico No Lineal en el Desempeño de un Edificio de Concreto Armado Diseñado Bajo la Norma E030 en Puno,» Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2017.
- [4] R. M. Calcina Peña, «Evaluación del Desempeño Sísmico de un Edificio de Once Pisos Utilizando Análisis Estático y Dinámico No-Lineal,» Universidad Privada de Tacna , Tacna, 2017.
- [5] D. E. Chuquicahua Zelada, «Análisis No Lineal Estático y Dinámico de un Edificio de Concreto Armado con Disipadores de Energía SLB en la Ciudad de Chiclayo,» USAT, Chiclayo, 2020.
- [6] M. Á. Paredes Azaña, «Evaluación del Desempeño Sismorresistente de un Edificip Destinado a Vivienda en la Ciudad de Lima Aplicando el Análisis Estático Lineal Pushover,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2016.
- [7] E. P. A. Chavesta Ruelas, «Análisis Estático No Lineal Para Estimar el Desempeño Sismico de una Estructura Aporticada de 5 Pisos en la Ciudad de Lima,» Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, 2019.
- [8] C. A. Gonzáles Torres, «Análisis Estático no Lineal (Pushover) de Estructura Aporticada de Hormigón Armado con Diferentes Grados de Ductilidad. Aplicando la Norma Sismorresiste Colombia 2010 (NSR-10),» Universodad Politecnica de Valencia, Colombia, 2018.

- [9] A. B. Núñez Palacios , «Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia Ecuador,» Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2017.
- [10] S. J. F. Choque, «Análisis Estático No Lineal y Evaluación del Desempeño Sísmico de un Edificio de 8 niveles Diseñado con la Normal E030,» UNSA, Arequipa, 2019.
- [11] N. E. Guevara Morales , S. A. Osorio Rodríguez y E. Arturo Vargas, «Evaluación de la Capacidad Estructural del Edificio de la Biblioteca de las Ingenierías y Arquitectura ,Utilizando Análisis Estático No Lineal,» Universidad de El Salvador, San Salvador, 2006.
- [12] N. F. Fuentes Rivera Siñva, «Desempeño Sismico de un Edificio de Cinco Niveles de Concreto Armado Mediante el Análisis Estático no Lineal Pushover,» Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, 2018.
- [13] IGP, «Diseño Sismorrecistente del Reglamento Nacional de Edificaciones ;Aprobada por Decreto Supremo N°011-2006-Vivienda,» El Peruano, Lima, 2016.
- [14] N. F. Fuentes Rivera Silva, «Desempeño Sísmico de un Edificio de Cinco Niveles de Concreto Armado Mediante el Análisis Estático No Lineal "Pushover",» Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", Huaráz, 2018.

Anexo 03

Tabla 7 Financiamiento propio

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
Materiales de Escritorio y para Procesamiento de Datos					S/ 552.00
Memoria USB 32 GB	Und	1	S/ 64.00	S/ 64.00	
Útiles de Escritorio	Glb	1	S/ 200.00	S/ 200.00	
Tintas de Impresión (Negro y Color)	Glb	8	S/ 36.00	S/ 288.00	
Alquiler de Equipo y/o Adquisición de Equios Menos					S/ 4,600.00
Laptop Portatil	Und	1	S/ 4,000.00	S/ 4,000.00	
Impresora Multifuncional	Und	1	S/ 600.00	S/ 600.00	
Servicios de Terceros					S/ 1,305.00
Servicios de Internet	Mes	9	S/ 70.00	S/ 630.00	
Servicios de Celular	Mes	9	S/ 40.00	S/ 360.00	
Energía Electrica	Glb	9	S/ 35.00	S/ 315.00	
Presupuesto Final					S/ 6,457.00

Nota: Financiamiento detallado.

Anexo 04

Tabla 8 Autofinanciamiento

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
Materiales de Escritorio y para Procesamiento de Datos					S/ 192.00
Papel Bond A4-80g	Millar	3	S/ 64.00	S/ 192.00	
Servicios de Terceros					S/ 580.00
Fotocopias	Hojas	300	S/ 0.10	S/ 30.00	
Ploteo de Planos	Und	100	S/ 2.50	S/ 250.00	
Empastado y Anillado	Glb	6	S/ 50.00	S/ 300.00	
Presupuesto Final					S/ 772.00

Nota: Autofinanciamiento detallado.