



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

“Evaluación del coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martín de Porres, Lima - 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

AUTORA

AVILA RAMIREZ, GABRIELA ESTEFANI

ASESOR

MG. ING. MARQUINA CALLACNA, RODOLFO RICARDO

LINEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA – PERÚ

2018

**PÁGINA DEL JURADO**

**Tesis:**

**“Evaluación del coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martín de Porres, lima - 2018”**

---

**Gabriela Estefani Avila Ramirez**

AUTORA

Presentada a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo para optar el Título de **Ingeniera Civil**.

**APROBADO POR:**

---

**Mg. Ing. Rubén Esaú Mogrovejo Gutiérrez**

PRESIDENTE

---

**Mg. Ing. Enrique Eduardo Huaroto Casquillas**

SECRETARIO

---

**Mg. Ing. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna**

VOCAL

**LIMA - 2018**

### **DEDICATORIA**

A mi abuelita Leticia, mi padre Jesús, mi madre María, mis hermanos Luiggi y Alonso.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme mucha voluntad para concluir este proyecto, pese a todas las dificultades presentadas en el camino y a todas las personas que me apoyaron durante el desarrollo de mi carrera profesional.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Gabriela Estefani Avila Ramírez, con DNI N° 70812073, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 07 de Julio de 2018

---

**Gabriela Estefani, Avila Ramirez**

DNI N° 70812073

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento a las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, para optar el grado de Ingeniero Civil, pongo a vuestra consideración la tesis titulada: “Evaluación del coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martín De Porres, Lima - 2018”

Los capítulos y contenidos que se desarrollan son los siguientes:

- I. Introducción
- II. Método
- III. Resultados
- IV. Discusión
- V. Conclusiones
- VI. Recomendaciones
- VII. Referencias bibliográficas
- VIII. Anexos

Espero señores miembros del jurado que la presente investigación cumpla con los requisitos establecidos por la Universidad Cesar Vallejo y merezca su aprobación.

**Gabriela Estefani Avila Ramirez**

**Autor**

## **INDICE**

PÁGINA DEL JURADO	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	5
PRESENTACIÓN	6
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Trabajos previos	17
1.2.1. Antecedentes internacionales	17
1.2.2. Antecedentes nacionales	19
1.3. Teorías relacionadas al tema	23
1.3.1. Análisis estructural	23
1.3.2. Sistema estructural	23
1.3.3. Estructura	24
1.3.4. Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	28
1.3.5. Metodología de análisis sísmico	31
1.3.6. Metodología de análisis por desempeño	37
1.4. Formulación del problema	41
1.4.1. Problema general	41
1.4.2. Problemas específicos	41
1.5. Justificación del estudio	41
1.5.1. Justificación teórica	41
1.5.2. Justificación practica	41
1.5.3. Justificación económica	41

1.6.	Hipótesis	42
1.6.1.	Hipótesis general	42
1.6.2.	Hipótesis específicas	42
1.7.	Objetivos	42
1.7.1.	Objetivo general	42
1.7.2.	Objetivos específicos	42
II.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	43
2.1.	Diseño	43
2.1.1.	Nivel	43
2.1.2.	Tipo	43
2.1.3.	Diseño	43
2.1.4.	Variables, operacionalización	44
2.2.	Población y muestra	45
2.2.1.	Unidad de estudio	45
2.2.2.	Población	45
2.2.3.	Muestra	45
2.2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	45
2.2.5.	Métodos de análisis de datos	46
2.3.	Aspectos éticos	46
III.	RESULTADOS	47
3.1.	Descripción proyecto	47
3.1.1.	Ubicación	47
3.1.2.	Dimensiones	47
3.1.3.	Parámetros geotécnicos para el tipo de la edificación	48
3.2.	Configuración estructural	49
3.3.	Dimensiones de elementos estructurales	53
3.4.	Análisis sísmico	55

3.4.1.	Propiedades del material	57
3.4.2.	Propiedades de elementos estructurales	58
3.4.3.	Asignación de patrones de cargas	61
3.4.4.	Asignación de rotulas plásticas	63
3.4.5.	Ingreso de patrones de cargas para el AENL	66
3.4.6.	Ubicación de rotulas plásticas de vigas y columnas	69
3.5.	Verificación del coeficiente (R) con el AENL	71
3.5.1.	Coeficiente de reducción (R) en el eje x	71
3.5.2.	Coeficiente de reducción (R) en el eje y	72
3.6.	Análisis de resultados	73
IV.	DISCUSIÓN	74
V.	CONCLUSIONES	77
VI.	RECOMENDACIONES	80
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	81
VIII.	ANEXOS	84
8.1.	Derivas de entrepisos	84
8.2.	Índice de periodo y frecuencia modal	85
8.3.	Índice de participación modal de masa	86
8.4.	Desplazamientos máximos en el eje X	87
8.5.	Desplazamientos máximos en el eje Y	88
8.6.	Plano de arquitectura del proyecto	89
8.7.	Matriz de consistencia	90
8.8.	Procedimientos para determinar la capacidad	91
8.9.	Turnitin	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I - 01: Sismos en el Perú .....	15
Figura I - 02: Objetivo del análisis estructural.....	23
Figura I - 03: Irregularidades en planta .....	25
Figura I - 04: Irregularidades en elevación .....	25
Figura I - 05: Losa nervada .....	26
Figura I - 06: Losa maciza .....	27
Figura I - 07: Losa aligerada.....	27
Figura I - 08: Mapa de Zonas Sísmicas .....	32
Figura I - 09: Grafico Cortante Vs Desplazamiento .....	36
Figura I - 10: Patrón de cargas del AENL.....	38
Figura III - 01: Ubicación de proyecto.....	47
Figura III - 02: Planta típica de distribución de elementos.....	48
Figura III - 03: Vista en planta del proyecto.....	50
Figura III - 04: Elevación del Proyecto.....	51
Figura III - 05: Elevación de Alturas Acumuladas de Entrepisos .....	53
Figura III - 06: Planta de Elementos Estructurales .....	54
Figura III - 07: Espectro de respuesta .....	56
Figura III - 09: Propiedades No Lineales del Concreto.....	57
Figura III - 10: Dimensiones de Losa Aligerada de la Edificación.....	58
Figura III - 11: Asignación de Barras de acero .....	58
Figura III - 12: Propiedades de la sección Columna - C1 .....	59
Figura III - 13: Propiedades de la sección Viga - V1 .....	60
Figura III - 14: Propiedades de la sección Viga - V2 .....	60
Figura III - 15: Propiedades no lineal de Vigas.....	61
Figura III - 16: Asignación de porcentaje masa .....	61
Figura III - 17: Combinaciones de cargas del proyecto .....	62
Figura III - 18: Modos de vibración .....	63
Figura III - 19: Definición de propiedades de rotulas plásticas en Viga, Columna	64
Figura III - 20: Propiedades de rotulas en corte en vigas .....	64
Figura III - 21: Propiedades de rotulas en corte en columnas .....	65

Figura III - 22: Propiedades de rotulas en flexión en vigas.....	65
Figura III - 23: Propiedades de rotulas Flexo-Compresión Biaxial.....	66
Figura III - 24: Ingreso de Fuerzas Horizontales para el AENL en el eje X .....	68
Figura III - 25: Ingreso de Fuerzas Horizontales para el AENL en el eje Y .....	68
Figura III - 26: Vista en 3D de ubicación de rótulas plásticas .....	69
Figura III - 27: Elevación del proyecto con Rótulas plásticas en elevación .....	70
Figura III - 28: Aparición de rótulas plásticas en la estructura .....	70
Figura III - 29: Grafico Fuerza cortantes Vs Desplazamiento en el Eje X.....	71
Figura III - 30: Grafico Fuerza cortantes Vs Desplazamiento en el Eje Y.....	72
Figura VIII - 01: Desplazamientos máximos en el eje X .....	87
Figura VIII - 02: Desplazamientos máximos en el eje Y .....	88

### **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico V - 01: Coeficientes de reducción en eje X .....	77
Gráfico V - 02: Coeficientes de reducción en eje Y .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I - 01: Coeficiente Básico de Reducción.....	29
Tabla I - 02: Factores de Irregularidad Estructural .....	30
Tabla I - 03: Factor de Suelo.....	33
Tabla I - 04: Periodos .....	33
Tabla I - 05: Categoría de Edificaciones .....	34
Tabla I - 06: Límites de Desempeño.....	40
Tabla II - 01: Matriz de operacionalización de variables.....	44
Tabla III - 01: Altura de entrepisos .....	51
Tabla III - 02: Alturas Acumuladas del Proyecto.....	52
Tabla III - 03: Dimensiones de Elementos Estructurales del proyecto .....	53
Tabla III - 04: Parámetros Sísmicos del Proyecto .....	55
Tabla III - 05: Cargas Vivas y Cargas Muertas de la Edificación.....	56
Tabla III - 06: Características de Acero Corrugado .....	59
Tabla III - 07: Fuerzas horizontales para el AENL.....	67
Tabla III - 08: Análisis de resultados del coeficiente de reducción R.....	73
Tabla IV - 01 Discusión de Resultados por: Gálvez, A. y Avila, G.....	74
Tabla IV - 02 Discusión de Resultados por: Padilla, G. y Avila, G.....	75
Tabla VIII - 01: Derivas de entrepisos .....	84
Tabla VIII - 02: Periodos y frecuencias modales .....	85
Tabla VIII - 03: Índice de participación modal de masa.....	86
Tabla VIII - 04: Desplazamientos máximos en el eje X .....	87
Tabla VIII - 05: Desplazamientos máximos en el eje Y .....	88

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar el coeficiente de reducción de fuerza sísmica de una edificación con sistema estructural aporticado con el Análisis Estático No Lineal (AENL), también llamado Pushover. Dicho análisis es una metodología de diseño por desempeño que estudia a la estructura en su etapa no lineal con ayuda de un patrón de cargas aplicada a dicha edificación generando rotulas plásticas, estas hacen que la estructura pase a la etapa no lineal ocasionado por las fuerzas aplicadas a la edificación de estudio.

Según los resultados obtenidos de la presente investigación, obtuvimos los coeficientes de reducción de fuerza sísmica de la estructura aporticada en ambas direcciones de análisis; y pues se llegó a la conclusión que con el AENL podemos obtener resultados más exactos como es el caso del Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica (R) ya que evaluando la edificación con la norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” el coeficiente R en la etapa lineal es menor al obtenido con el AENL.

Palabras Claves: Estructura, Análisis Estático No Lineal – Pushover, Coeficiente De Reducción De Fuerza Sísmica, Rotulas Plásticas.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research is to evaluate the coefficient of seismic force reduction of a building with a structural system contributed with the Nonlinear Static Analysis (NLSA), also called Pushover. This analysis is a performance design methodology that studies the structure in its non-linear stage with the help of a load pattern applied to said building generating plastic hinges, these make the structure move to the non-linear stage caused by the applied forces to the study building.

According to the results obtained from the present investigation, we obtained the coefficients of seismic force reduction of the structure contributed in both directions of analysis; and then the conclusion was reached that with the NLSA we can obtain more exact results such as the Seismic Force Reduction Coefficient (R), since evaluating the building with the E.030 technical standard the coefficient R in the linear stage is lower obtained with the NLSA.

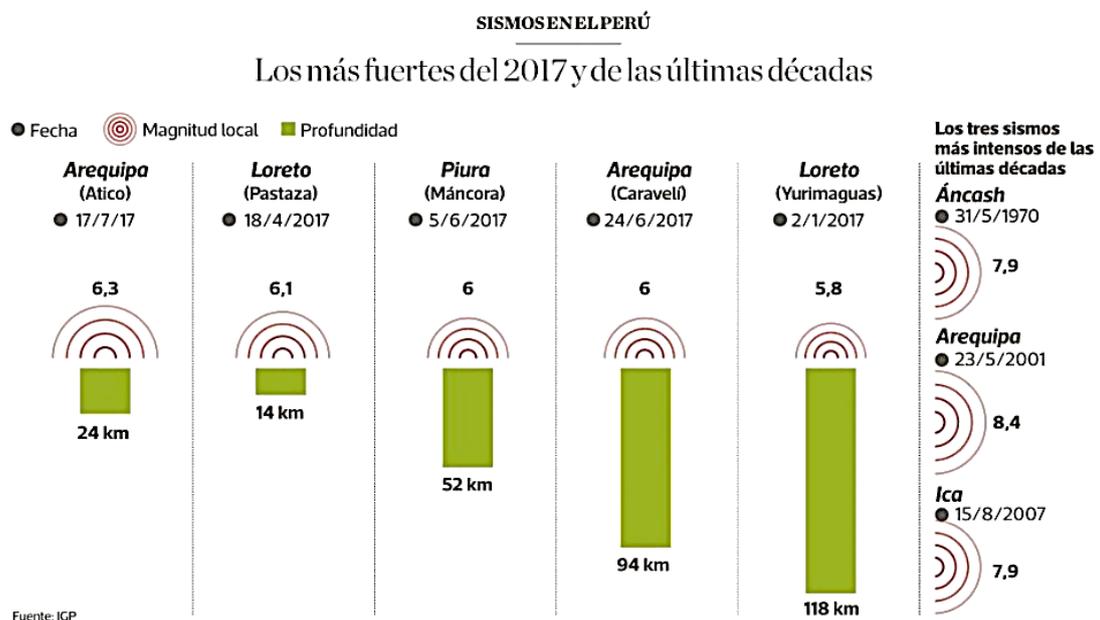
Key Words: Structure, Nonlinear Static Analysis - Pushover, Coefficient of Seismic Force Reduction, Plastic hinges.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

Si bien es cierto en los últimos años están ocurriendo desastres naturales en diferentes partes del mundo como son los terremotos y Perú se mantiene en el llamado “Silencio Sísmico”. Pues no ocurren terremotos de gran escala hace muchos años. Esto conlleva a estar alertas y prepararnos para los posibles sismos de gran escala.

Figura I - 01: Sismos en el Perú



Fuente: Diario El Comercio 2017

En otros países ya se aplican otros métodos para realizar la verificación del desempeño estructural. Como es el caso de Ecuador con su Norma Ecuatoriana de la Construcción aprobada en el 2015.

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se encarga de reducir la fuerzas sísmicas para diseñar la estructura con una menor demanda sísmica, entonces cuando venga un sismo con la demanda real que es mayor haga que falle la estructura, pero que no llegue a colapsar, el cual es uno de los principios de la norma E.030 y así salvaguardar la vida de las personas es por ello que al obtener el coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R) haciendo un análisis estático no

lineal se obtiene el valor (R) el cual evaluaremos de acuerdo a la estructura de sistema estructural aporticada.

Actualmente el análisis sísmico de las estructuras en el país, se realizan con los parámetros que nos brinda la norma de diseño sismorresistente E.030 modificada en el año 2016. Lo que nos indica la norma E.030 es analizar la estructura con la teoría lineal estático y dinámico, donde se desarrolla el rango elástico. Sin embargo, el análisis estático no lineal - Pushover va más allá del rango elástico, es un análisis por desempeño de la estructura que evalúa el comportamiento de la estructura ante un sismo de manera más real.

Para esta investigación tomaremos como muestra una estructura aporticada para proceder a evaluarla. Por lo que se tendrían que hacer más análisis de este tipo para poder obtener resultados donde nos ayudara a profundizar aún más este tipo de investigación.

Como sabemos Lima, es la ciudad que más población tiene de nuestro país, pues el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) dio a conocer por medio de una nota de prensa el 18 de enero del presente año que de acuerdo con las estimaciones y proyecciones de población que la provincia de Lima tendría 9 millones 320 mil habitantes, y además que el distrito de San Martín de Porres tiene una densidad poblacional de 20 mil hab/km<sup>2</sup>.

Con lo mencionado en el párrafo anterior, pues debido a la gran cantidad de habitantes en Lima esto conlleva a realizar construcciones de edificaciones con un buen análisis de diseño sísmico, reforzamiento de las existentes y reparación de las estructuras que sufren algún daño ante un evento sísmico tal y como lo dice la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E. 030 del año 2016.

## 1.2. Trabajos previos

### 1.2.1. Antecedentes internacionales

Guevara, Osorio y Vargas (2006) *“Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitectura, utilizando análisis estático no lineal (Pushover)”*. Trabajo de investigación para obtener al grado de ingeniero civil.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad estructural del edificio de la Biblioteca de las Ingenierías y Arquitectura utilizando AENL Pushover, apoyándose en programas estructurales SAP2000 y SeismoStruct. Los autores señalaron que existen otras maneras de estimar la capacidad sísmica de la estructura, dentro de ellos el análisis dinámico no lineal debido a que la demanda de fuerzas y distorsiones internas se obtienen con más precisión. No obstante, este método es más complicado desde la obtención de datos ya que requiere de cierto grupo de registros sísmicos, por lo que esta investigación usa el Análisis Estático No Lineal (AENL) con el método Pushover.

Los autores se centraron en saber el estado de la resistencia de dicho edificio y el motivo es que la estructura ha soportado varios eventos sísmicos de magnitudes elevadas en el año 2005, pues sabemos que el comportamiento de los elementos estructurales de una estructura puede variar después de soportar acciones sísmicas. En esta investigación los autores obtuvieron variedad de resultados para cada uno de los límites de desempeño en donde llegan a las conclusiones que el Edificio que estudiaron en la dirección de cargas laterales paralelas a los ejes de referencia posee un aceptable comportamiento hasta llegar al colapso; la estructura se comporta de manera aceptable para el estado límite de daño severo, para el estado limitado la estructura tiene comportamiento elástico. Donde cumple con el objetivo de funcionalidad en este nivel de desempeño. En conclusión, el edificio tiene capacidad para soportar grandes desplazamientos laterales.

Llano (2015) *“Diseño estructural de una edificación de seis pisos mediante un análisis lineal controlado por derivas inelásticas y una comprobación con un análisis estático no lineal, aplicando la técnica de Pushover”*. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero civil mención estructuras.

Esta tesis señala que en el año 2014 el país de Ecuador aprobó el cuerpo normativo denominado Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y en la parte de rehabilitación sísmica de estructuras manifiesta que en el caso de edificaciones esenciales o de ocupación especial se debe de ejecutar un análisis de verificación de desempeño sísmico. Por lo que el objetivo de esta investigación fue realizar un diseño estructural de un edificio esencial y que este tenga un nivel de desempeño estructural que cumpla con las disposiciones del NEC.

Del mismo modo se pone en cuestión la eficiencia y utilidad de la filosofía de diseño por última resistencia, puesto que es una filosofía de análisis lineal donde en sus procesos muestra el factor de reducción de resistencia sísmica que está en función de la ductilidad de la estructura, como se sabe la ductilidad es propia de cada estructura. El autor señala que los códigos y cuerpos normativos sugieren un procedimiento que no va, ya que sería un procedimiento inexacto para hallar el valor del factor R de resistencia sísmica con lo cual plantea un diseño basado en desempeño Pushover. El autor justificó su investigación mediante una entrevista realizada al Ing. Santiago Vásquez donde dice que casi el 95% de los cálculos estructurales que se realizan en Quito – Ecuador son solamente de la forma lineal controlado por derivas inelásticas y prueba de esto es que ante los desastres ocurridos por sismos a lo largo del tiempo este análisis no es idóneo para que las estructuras no colapsen.

El autor en una de sus conclusiones menciona que según los resultados de su investigación el desplazamiento inelástico del análisis lineal es de 0.20m y en el valor promedio de desplazamiento en el nivel de prevención de colapso (CP) en el análisis estático no lineal es de 0.38m, con estos resultados afirma que el análisis lineal presenta un diseño estructural seguro respecto al análisis estático no lineal, sin embargo hace hincapié que esta afirmación no es al 100% ya que dentro del análisis lineal no se puede conocer el nivel de daño de la estructura cuando ha alcanzado su desplazamiento de control, por lo tanto no puede realizar una validación entre ambos análisis.

Oliva (2017) *“Curvas de capacidad y fragilidad estructural de tipologías comúnmente usadas en El Salvador”*. Tesis para obtener el grado de maestro en ingeniería estructural. El objetivo principal de esta tesis fue hallar los parámetros

para obtener curvas de capacidad y fragilidad en tipologías estructurales más usadas del lugar, con la información obtenida en la ciudad de Santa Tecla. El autor realizó de forma general los estados de daño con el procedimiento de análisis estático no lineal de la metodología Pushover. Para esto el autor utilizó el programa computacional Seismostruct.

El autor justificó su investigación dado que menciona que el propósito para realizar una evaluación de riesgo sísmico en una determinada zona es hallar los niveles de daño y/o las pérdidas en distintas áreas de la zona de estudio antes de que ocurra un sismo, para que las autoridades realicen las prevenciones correspondientes. Por lo tanto, para obtener un resultado confiable es necesario evaluar la amenaza de manera puntual y esto no aplica para El Salvador, ya que menciona que hay escasa información al respecto, lo cual evidencia la importante necesidad de iniciar un programa para calcular de forma confiable y rápida definiendo sus capacidades y fragilidades.

Dentro de sus conclusiones el autor mencionó que es primordial que en la evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico, cualquier metodología utilizada lo importante es mantener un enfoque que incluya el comportamiento no lineal estructural, la variedad de las propiedades mecánicas de los materiales y la gran incertidumbre relacionada a la acción sísmica. Concluyó que las edificaciones de un nivel presentan un comportamiento aceptable a la vulnerabilidad, no obstante, en las edificaciones de dos niveles se verifica una alta vulnerabilidad en los edificios de concreto armado debido al comportamiento de las curvas, ya que sería ocasionado por la tipología estructural inadecuada, el diseño sismorresistente de los edificios no fueron realizados con los requisitos de la normativa respectiva y que muchos edificios presentan defectos graves de configuración estructural.

### **1.2.2. Antecedentes nacionales**

Delgadillo (2005) *“Análisis no lineal estático de estructuras y la norma E.030”*. Tesis para optar el grado de maestro en ingeniería estructural. El objetivo principal de la investigación fue verificar el uso del Análisis No Lineal Estático que presentan ATC – 40 y FEMA – 356 utilizado con la demanda sísmica, suministrada por la

Norma E 030; también obtener y evaluar el nivel de daño producido en los elementos por medio de las deformaciones en el nivel de desempeño de la estructura, para posteriormente proceder a la verificación de los límites locales de aceptación brindados por FEMA 356 y ATC – 40.

Para realizar los análisis, el autor tiene como muestra un edificio de cinco pisos con irregularidad en planta, uso para departamentos. El diseño de dicha estructura y las posibles deficiencias son específicamente del autor.

Dentro de las conclusiones de esta investigación menciona que el Análisis No Lineal Estático Pushover es útil para ver la magnitud de daño por medio de la deformación de desempeño de los elementos y así lograr calificarlos como daños aceptables o no con los límites de aceptación. También menciona la ventaja de los métodos propuestos por el ATC – 040 y FEMA – 356 y es que utilizan un factor de reducción de la demanda sísmica propia de cada estructura. Por otro lado, menciona que el procedimiento de modelación del comportamiento de una sección para un elemento y su posterior desempeño viendo su deformación es muy trabajoso como para hacerlo con todas las estructuras que se diseñan.

Gálvez (2008) *“Propuesta del factor de reducción de fuerza sísmica para sistemas estructurales en concreto armado con muros reforzados por barras dúctiles y mallas electrosoldadas”*. Informe de investigación. Esta investigación tuvo por objetivo determinar el valor del Factor para ciertas estructuras que cumplan lo siguiente: continuidad de muros portantes, densidad de muros adecuados, entre otros. Para esto el autor mencionó que su investigación evalúa la demanda de la distorsión global de las estructuras como función del valor R, las capacidades de los muros de SMDL se sustentan en ensayos cuasi estáticos con ciclos alternos de desplazamiento.

Simulaciones de respuesta no lineales se han realizado con comportamientos históricos de carga – desplazamiento, la demanda sísmica se obtuvo por medio de registros sísmicos para tipos de suelos muy buenos, los mismos que se obtienen de la norma vigente Al autor concluye que, de acuerdo con los procedimientos detallados en su tesis, el valor propuesto es de 4.0 este valor es aplicado siempre y cuando las estructuras cumplan con las limitaciones mencionadas. También que los valores de R son dependientes del periodo de

estructural. De manera general que los niveles de peligro sísmico tomados en cuenta para las estructuras arquetípicas se han obtenido de un conjunto de registros de su medio.

Padilla (2010) *“Propuesta para considerar la irregularidad estructural en la resistencia lateral de las estructuras en el Perú”*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. El objetivo de esta investigación fue estudiar el factor de reducción de fuerza sísmica R con sistemas estructurales con algún tipo de irregularidad en planta, en altura o ambas y la manera como algunos códigos presentan una nueva metodología simple para fines de diseño práctico. El autor pretende considerar la influencia de los diferentes tipos de irregularidades para dar iniciativa a nuevos métodos de diseño en los cuales se consideren más variables que permitan considerar mejor la estructura.

Ramírez y Sánchez (2015) *“Comportamiento estructural de edificaciones medianas irregulares de sistema dual, aplicando la norma E.030 del 2006 y el proyecto de norma 2014 en Lima Metropolitana”*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. El fin de esta investigación es analizar el comportamiento de manera estructural de las edificaciones medianas irregulares duales de Lima entre la norma E030 del año 2006 y el proyecto de norma 2014. Esta investigación utilizó investigación cuantitativa, descriptiva y diseño de investigación no experimental.

Para el desarrollo los autores realizaron su investigación a tres casos: un edificio, un centro comercial y una comisaría. Los autores se apoyaron de los programas AutoCAD 2015 y para el modelamiento de las estructuras ETABS 2013.

En las conclusiones los autores mencionan que se aceptó la hipótesis de investigación según los indicadores, zonificación y categoría de edificación en todos los casos investigados, no obstante, de manera independiente para el indicador del coeficiente de amplificación sísmica se rechazó del mismo modo para el coeficiente de reducción sísmica.

Paredes (2016) *“Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal Pushover”*. Tesis para obtener el título de ingeniero civil. EL objetivo de la

investigación fue realizar el diseño por desempeño de una edificación destinada a vivienda en Lima para poder concluir si cumple o no con lo indicado en la Norma E030 en base a su objetivo del no colapso si el punto de desempeño obtenido se encuentra dentro del rango establecido según la normativa de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA).

Para el desarrollo de su investigación aplicó la norma Fema en el diseño por desempeño, variando el espectro de demanda donde utiliza los parámetros de diseño sísmico según la Norma E030, pues de esta manera el autor justifica su investigación.

Como sabemos al realizar un análisis estático no lineal se requiere saber de cada elemento estructural su comportamiento inelástico, pues el autor no tuvo ningún inconveniente en los elementos estructurales tales como columnas y vigas; sin embargo, para los muros de corte o placas trabajó con algunas limitaciones ya que los programas de estructuras no tienen ciertas funciones como asignar rotulas plásticas en elementos áreas.

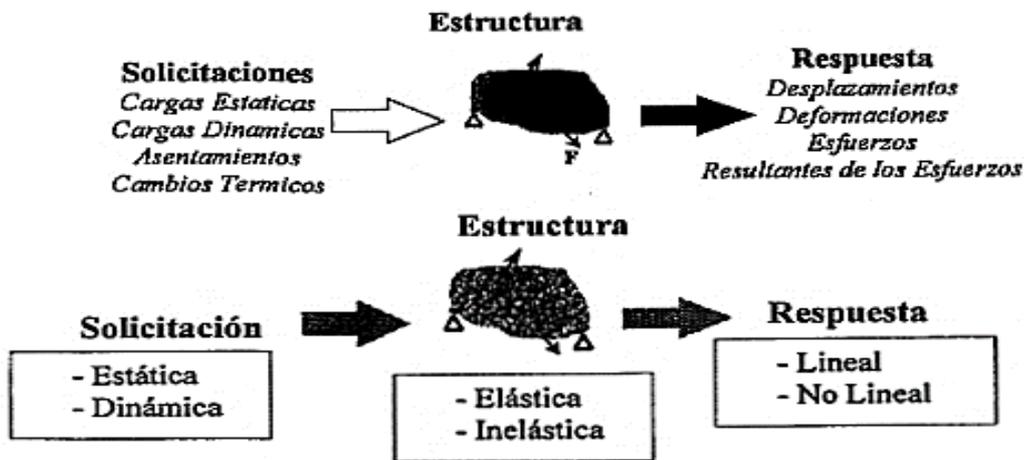
La investigación concluye que el desempeño sismo resistente de un edificio dual destinado a vivienda sometida a sismos severos cubre con lo indicado en la norma E 030 con respecto al no colapso ya que obtuvo el nivel de desempeño de seguridad de vida y prevención del colapso. Esto quiere decir que protege la seguridad de vidas humanas, pero existirán pérdidas económicas. Además, obtiene una respuesta elástica con un nivel de desempeño Operacional para un sismo frecuente, en caso de un sismo ocasional obtuvo un nivel de desempeño de ocupación inmediata, esto hace que cumpla con los objetivos de la norma E 030 donde resalta que la estructura tendría que soportar sismo moderados, ocasionando solo algún daño estructural.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Análisis estructural

(Otazzi, 2014, p. 18) El objetivo de estudio del análisis estructural es el comportamiento de la estructura frente a determinadas sollicitaciones o acciones externas.

Figura I - 02: Objetivo del análisis estructural



Fuente: Apuntes del curso Análisis Estructural I. (Otazzi, 2014, p. 18)

#### 1.3.2. Sistema estructural

Se entiende por sistema estructural al material predominante de la estructura. El sistema estructural se diferencia de acuerdo en lo siguiente:

- Estructuras de acero
- Estructuras de Concreto armado
  - Pórticos
  - Dual
  - Muros estructurales
  - Muros de ductilidad limitada
  - Albañilería
  - Madera
  - Tierra

### 1.3.3. Estructura

Es un sistema compuesto por miembros finitos unidos entre sí, capaz de resistir y transmitir los esfuerzos generados debido a cargas resultantes de su uso y peso propio.

Una estructura debe ser:

- Estable, quiere decir que la estructura debe estar en equilibrio
- Rígida, quiere decir que sus deformaciones deben ser despreciables (desplazamientos; giros)
- Dúctil, quiere decir que la estructura debe fallar por falla dúctil
- Resistente, quiere decir que la estructura debe ser resistente a cargas que producen esfuerzos y esta deformación

- **Estructura regular**

De acuerdo con (Andreas, 2016, p. 11). Las estructuras regulares no tienen discontinuidad física significativa en su configuración vertical, en planta o en el sistema resistente a fuerzas laterales.

(Moscoso, 2017) La configuración estructural en planta debe ser simple, no alargada, simétrica y de gran rigidez torsional; y la configuración estructural en altura o elevación debe tener continuidad y proporción en dimensiones.

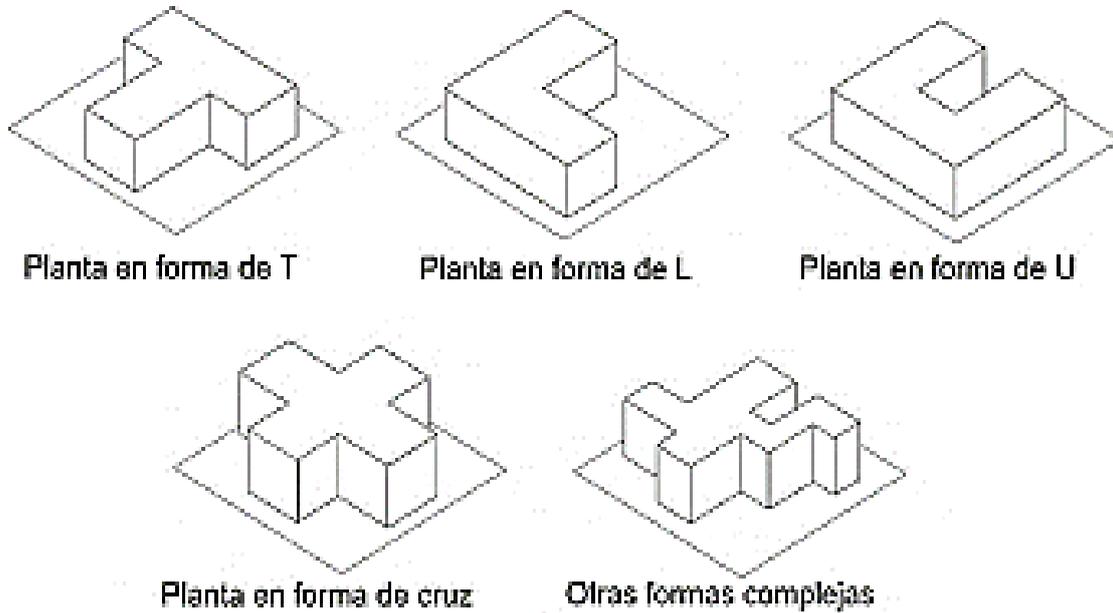
- **Estructura irregular**

De acuerdo con (Andreas, 2016, p. 11). Las estructuras irregulares son aquellas que cumplen con los siguientes casos:

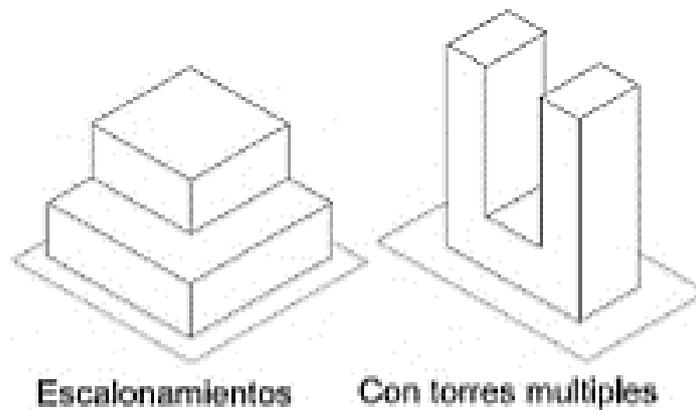
- No está formada por marcos planos
- No están los muros paralelos entre si
- No forman sistemas de marcos perpendiculares entre sí. Los sistemas de piso no tienen rigidez o resistencia suficiente para distribuir fuerzas laterales de manera uniforme.
- Cuando zonas importantes de los entresijos están huecas
- Cuando la geometría de los marcos difiere sustancialmente de unos a otros
- Cuando algún entresijo tiene columnas de distinta altura

- Una estructura puede ser regular en una dirección e irregular en otra dirección.

*Figura I - 03: Irregularidades en planta*



*Figura I - 04: Irregularidades en elevación*



*Fuente: Estructuración, análisis y diseño estructural de edificio de concreto armado (Moscoso, 2017)*

### **1.3.3.1. Estructura aporcionada**

(Delgado, 2011, p. 39) Para el diseño de estructuras aporcionadas intervienen los principales elementos estructurales: losas, vigas, columnas y zapatas.

La losa transmite cargas a las vigas y estas a las columnas y luego a las zapatas. Por ende, las zapatas transmiten las cargas al suelo.

- **Losas**

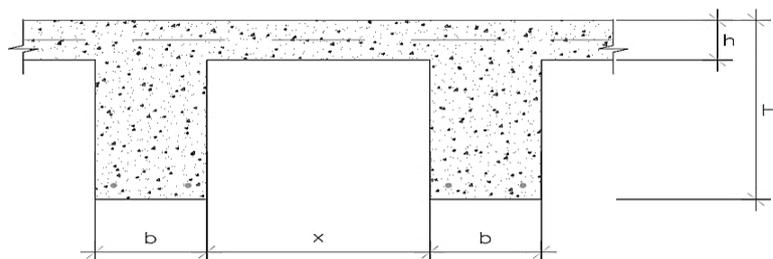
(Blanco, 1994, p10) Sin las losas no sería real la existencia de los pisos y techos de una edificación. Esta tiene como primera función principal transmitir las cargas de gravedad a las vigas y como segunda función está sujeta a las cargas de sismo que es la obtención de la unidad de la estructura, de manera que esta tenga un comportamiento uniforme en cada nivel.

Tipos de losas:

- Losas Nervadas:

(Blanco, 1994, p12) Las losas nervadas tienen un cambio de nervios o viguetas cada cierta distancia unida por una losa maciza superior más delgada. Se requiere de un encofrado especial donde encaje las nervaduras.

*Figura I - 05: Losa nervada*

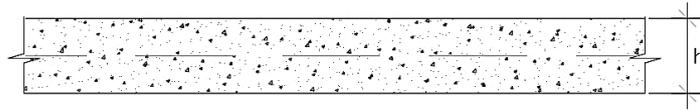


*Fuente: (Blanco, 1994, p.12)*

- Losas Macizas:

(Blanco, 1994, p12) Las losas macizas son únicamente de concreto armado, con un determinado espesor.

*Figura I - 06: Losa maciza*

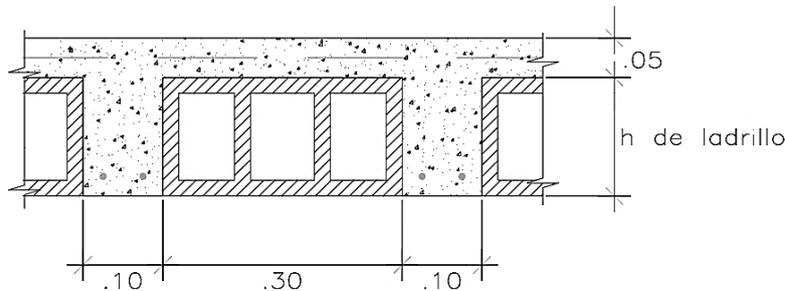


*Fuente: (Blanco, 1994, p.12)*

- Losas Aligeradas:

(Blanco, 1994, p12) Las losas aligeradas son en su esencia losas nervadas, con la diferencia que en los espacios entre las nervaduras este relleno por un ladrillo aligerado con espacios vacíos tubulares.

*Figura I - 07: Losa aligerada*



*Fuente: (Blanco, 1994, p.12)*

- **Vigas**

(Blanco, 1994, p15) Son los elementos que sirven de apoyo de las losas el cual reciben la carga de estas transmitiéndolas hacia las columnas o muros y también hacia otras losas si existiesen.

La función sísmica de las vigas, junto con las columnas y muros es de proporcionar rigidez lateral ante los diferentes esfuerzos producidos por las fuerzas horizontales de sismo.

- **Columnas**

(Blanco, 1994, p18) Son elementos verticales que permiten que la edificación tenga varios niveles y reciben cargas de las losas y de las vigas con el fin de transmitirlos hacia la cimentación.

Por la parte sísmica son muy importantes ya que las columnas junto con las vigas forman parte de los pórticos que constituyen el esqueleto estructural sismo\*resistente junto con los muros si es que se da el caso.

#### **1.3.4. Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas**

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica, es el factor de reducción de respuesta, que depende de la capacidad de ductilidad que tenga la estructura; el cual se puede ver modificado si existiese alguna irregularidad estructural. (Bondarenko, 2018).

##### **1.3.4.1. Según norma técnica de diseño sismorresistente E.030**

Según la norma de Diseño Sismorresistente E.030 el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmica se halla de la siguiente forma:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p \quad \text{Ecuación: (I – 01)}$$

Donde:

$R_0$ = Coeficiente básico de reducción

$I_a$ = Irregularidad en altura

$I_p$ = Irregularidad en planta

Acontinuacion se muestran las siguientes tablas que corresponden según la ecuación I - 01:

*Tabla I - 01: Coeficiente Básico de Reducción*

<b>SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	<b>Coeficiente Básico de Reducción <math>R_0</math></b>
<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>Albañilería Armada o Confinada</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

*Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente (RNE, 2016)*

Tabla I - 02: Factores de Irregularidad Estructural

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_a</math></b>
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando Irregularidad de Resistencia - Piso Débil	0,75
Irregularidad Extrema de Rigidez Irregularidad Extrema de Resistencia	0,50
Irregularidad de Masa o Peso	0,90
Irregularidad Geometría Vertical	0,90
Discontinuidad de los Sistemas Resistentes	0,80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0,60
<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_p</math></b>
Irregularidad Torsional	0,75
Irregularidad Torsional Extrema	0,60
Esquinas Entrantes	0,90
Discontinuidad del Diafragma	0,85
Sistemas no Paralelos	0,90

Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente (RNE, 2016)

#### 1.3.4.2. Coeficiente de reducción con el AENL

(Aguar, 2003, p. 298). El coeficiente de reducción de fuerza sísmica por comportamiento inelástico se toma detalla por la sobrerresistencia y ductilidad estructural obtenida de la curva de capacidad.

$$R = \Omega \times \mu \quad \text{Ecuación: (I - 02)}$$

$$\Omega = V_F / V_C \quad \text{Ecuación: (I - 02.1)}$$

$$\mu = D_F / D_C \quad \text{Ecuación: (I - 02.2)}$$

Donde:

$R$  = Coeficiente de reducción de fuerza sísmica

$\Omega$  = Sobrerresistencia

$V_{(F;C)}$  = Cortante de fluencia; cedencia

$\mu$  = Ductilidad

$D_{(F;c)}$  = Desplazamiento de fluencia; cedencia

### **1.3.5. Metodología de análisis sísmico**

Según Norma E.030 las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de parámetros de sitio y de la edificación. (RNE, 2016)

#### **Parámetros:**

- Factor de zona
- Uso de la edificación
- Perfil de suelo
- Sistema sismorresistente
- Características dinámicas de la edificación
- Peso de la edificación

### Procedimiento:

**Etapas 1 - Peligro sísmico:** En esta etapa únicamente depende del lugar y las características del terreno de fundación del proyecto. Mas no de las características de la edificación.

❖ **Factor de zona (Z):**

Determinar la zona sísmica donde se encuentra el proyecto a partir del mapa de zonificación sísmica de la Norma E0.30. El mapa tiene distribuido cuatro zonas con su factor de zona a nivel nacional, como se muestra en la siguiente figura.

*Figura I - 08: Mapa de Zonas Sísmicas*



*Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente (RNE, 2016)*

❖ **Perfil de suelo:**

De acuerdo con los resultados del Estudio De Mecánica De Suelos, se determina el tipo de perfil de suelo donde se tienen cinco perfiles de suelo:

- Perfil Tipo (So): Roca dura
- Perfil Tipo (S1): Roca o suelos muy rígidos
- Perfil Tipo (S2): Suelos intermedios
- Perfil Tipo (S3): Suelos blandos
- Perfil Tipo (S4): Condiciones excepcionales

❖ **Parámetros de sitio:**

El factor de amplificación del suelo (S) depende de la zona y el tipo de perfil de suelo.

*Tabla I - 03: Factor de Suelo*

<b>FACTOR DEL SUELO</b>				
	<b>So</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>Z4</b>	0.80	1	1.05	1.1
<b>Z3</b>	0.80	1	1.15	1.2
<b>Z2</b>	0.80	1	1.2	1.4
<b>Z1</b>	0.80	1	1.6	2

*Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente (RNE, 2016)*

Los periodos  $T_p$  y  $T_L$  dependen del tipo de perfil de suelo.

*Tabla I - 04: Periodos*

<b>PERIODOS <math>T_p</math> y <math>T_L</math></b>				
	<b>So</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b><math>T_p</math></b>	0.30	0.4	0.6	1
<b><math>T_L</math></b>	3.00	2.5	2	1.6

*Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente (RNE, 2016)*

❖ **Factor de amplificación sísmica (C):**

Depende de los parámetros de sitio  $T_p$  y  $T_L$ ; se definen tres tramos, periodos cortos, intermedios y largos.

Condiciones (C):

$$\text{Si, } T < T_p; \text{ entonces } C = 2.5 \quad \text{Ecuación: (I - 03)}$$

$$\text{Si, } T_p < T < T_L; \text{ entonces } C = 2.5 \times \left(\frac{T_p}{T}\right) \quad \text{Ecuación: (I - 04)}$$

$$\text{Si, } T > T_L; \text{ entonces } C = 2.5 \times \left(\frac{T_p \times T_L}{T^2}\right) \quad \text{Ecuación: (I - 05)}$$

**Etapas 2 – Caracterización del edificio:** esta etapa depende de las características de la edificación.

❖ **Categoría y el factor de uso**

Las edificaciones están clasificadas en cuatro categorías con los respectivos factores de uso de cada edificación.

*Tabla I - 05: Categoría de Edificaciones*

CATEGORIA DE EDIFICACIONES		FACTOR U
<b>A</b>	Edificaciones Esenciales	1.50
<b>B</b>	Edificaciones Importantes	1.30
<b>C</b>	Edificaciones Comunes	1.00

*Fuente: Norma E.030 Diseño Sismorresistente (RNE, 2016)*

❖ **Sistema estructural**

Definición del sistema estructural de la edificación de acuerdo con el material predominante de la edificación.

❖ **Coficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas  $R_o$**

Este coeficiente depende del sistema estructural

❖ **Factor de irregularidad  $I_a, I_p$**

Los factores de Irregularidad en Planta ( $I_p$ ), en altura ( $I_a$ ) o ambos son obtenidos siempre y cuando la estructura cumpla con las restricciones que nombra la Norma E.030, Tabla I – 02.

❖ **Restricciones de irregularidad**

En caso no se cumpla con las restricciones de irregularidad, se modifica la estructuración.

❖ **Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)**

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica se obtendrá una vez ya determinado los pasos 7 y 8. Ecuación I -01.

De acuerdo con la norma técnica de Diseño Sismorresistente en estructuras regulares los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por  $0.75R$  los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares es otro caso, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $R$  los resultados del análisis lineal elástico.

**Etapa 3 – Análisis Estructural:** etapa donde se desarrolla el análisis estructural

❖ **Modelo de análisis**

Se toma en cuenta solo la propiedad de las secciones brutas para estructuras de concreto armado.

❖ **Estimación de peso**

Se determina el (peso), para el cálculo de la fuerza sísmica adicionando a la carga viva que depende del uso y la categoría a la que corresponde la edificación.

❖ **Procedimiento de análisis sísmico**

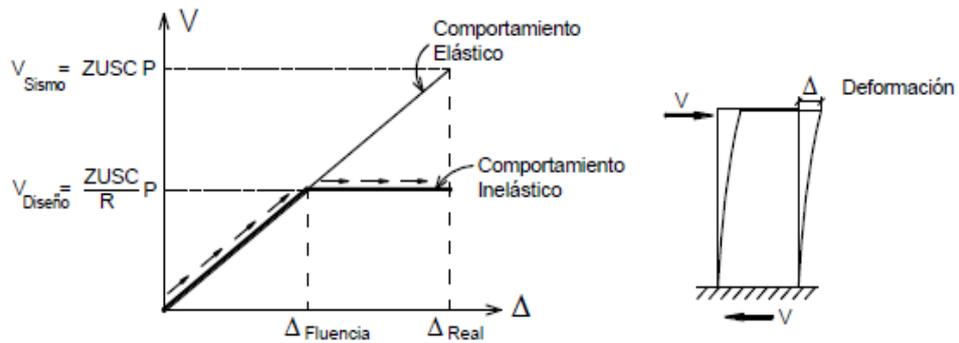
Se definen los procedimientos de análisis considerados, de esta norma

**A- Análisis Estático**

- Calcular la fuerza cortante en la base para cada dirección de análisis

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P \quad \text{Ecuación: (I – 06)}$$

Figura I - 09: Grafico Cortante Vs Desplazamiento



Fuente: Piqué Del Pozo

- Determinar el valor de C, estimando el periodo fundamental de vibración de la estructura (T) en cada dirección.
- Determinar la distribución en la altura de la fuerza sísmica de cada dirección.
- Aplicar las fuerzas obtenidas en el centro de masas de cada piso, considerando el momento torsor accidental.
- Considerar fuerzas sísmicas verticales, para elementos que sean necesarios.

### B- Análisis Dinámico

- Determinar los modos de vibración y sus correspondientes periodos naturales y masas participantes mediante el análisis dinámico del modelo matemático.
- Calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones, para cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g \quad \text{Ecuación: (I - 07)}$$

- Considerar excentricidad accidental
- Determinar la respuesta máxima esperada correspondiente al efecto conjunto de los modos de vibración considerados.
- Escalar los resultados obtenidos para fuerzas considerando un cortante mínimo en el primer entrepiso que será un porcentaje del cortante calculado para el método estático.

- Considerar fuerzas sísmicas verticales usando un espectro con valores iguales a 2/3 del espectro más crítico para las direcciones horizontales, para los elementos que sea necesario.

### **1.3.6. Metodología de análisis por desempeño**

#### **Antecedentes:**

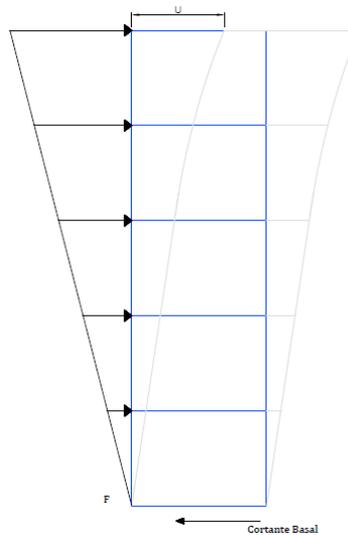
Existen diferentes comités o asociaciones que detallan las diferentes metodologías para desarrollar un análisis por desempeño, que se muestran a continuación

- 1995 - *SEAOC (Asociación de Ingenieros Estructurales de California)*  
Comité Visión 2000 – Año 1992 “Ingeniería sísmica basada en el desempeño de edificaciones”
- 1996 - *ATC (Consejo de Tecnología Aplicada)*  
ATC-40 “Evaluación y reforzamiento sísmico de edificaciones de concreto” 1996
- *FEMA (Agencia Federal de Gestión de Emergencia)*  
FEMA – 273 “Pautas para la rehabilitación sísmica de edificaciones” 1997  
FEMA – 350 “Criterios recomendables de diseño sísmico para edificaciones aperticadas de acero” 1997  
FEMA – 356 “Pautas y comentarios para la rehabilitación sísmica de edificaciones” 2000  
FEMA – 450 “Disposiciones recomendadas para regulaciones para nuevos edificios y otras estructuras”
- *ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles)*  
ASCE 41 – 13 “Evaluación y reforzamiento sísmico de edificaciones existentes” 2013.

#### **1.3.6.1. Análisis Estático No Lineal (AENL)**

El Análisis Estático No Lineal (AENL), también llamado Pushover. Es un método que consiste en aplicar a la estructura cargas laterales en un solo sentido. En donde uno de sus resultados es la curva de capacidad que se genera por rotulas plásticas. El objetivo principal del AENL es llevar a la estructura al colapso. (Paredes, 2016, p. 28).

Figura I - 10: Patrón de cargas del AENL



Fuente: Propia

Evalúa la capacidad resistente de la estructura. Este análisis es muy práctico para encontrar la respuesta sísmica de la estructura, y llega a reemplazar un análisis no lineal dinámico que al aplicarlo fuese más complicado.

La capacidad de la estructura toma en cuenta la fuerza y deformación cada elemento estructural. El Pushover logra una aproximación sobre un diagrama fuerza – desplazamiento. El modelo matemático de la estructura se cambia para tomar en cuenta la resistencia reducida inducida por miembros en proceso de fallar. Después de vuelve a aplicar una fuerza incrementada hasta que fallen componentes adicionales, esto se repite hasta que la estructura colapse. (Gutiérrez, 2015, p. 1).

Los análisis inelásticos nos ayudan a comprender el comportamiento de las estructuras cuando estas están sujetas a una sollicitación que exceda su capacidad elástica. Donde lleva a resolver ciertas dudas relacionadas con normas de diseño y los procedimientos elásticos. (Purca, 2015 p. 2).

El desempeño estructural depende de la capacidad para resistir una sollicitación sísmica con los objetivos de diseño, por esto las instrucciones de análisis no lineales necesitan la determinación de tres elementos primarios: capacidad; demanda y desempeño. (Purca, 2015 p. 2).

#### ❖ **Capacidad de la estructura en un AENL**

La resistencia y la capacidad de deformación de los componentes estructurales definen la capacidad de la estructura, para eso se requiere el análisis más allá del rango elástico que es el “Pushover” donde se realizan análisis elásticos de manera secuencial y luego se superponen para aproximar un diagrama de fuerza - desplazamiento de toda la estructura. (Purca,2015, p. 2)

#### ❖ **Demanda de la estructura en un AENL**

En comparación de las metodologías de análisis lineal que utilizan fuerzas laterales para interpretar una condición de diseño, los análisis no lineales utilizan desplazamientos adyacentes con una condición de diseño puesto que son más directos y fáciles de usar.

Para una estructura con una sollicitación sísmica, el desplazamiento de demanda es una estimación a la respuesta máxima esperada ante un movimiento sísmico. (Purca,2015 p. 3).

#### ❖ **Desempeño de la estructura en un AENL**

De acuerdo con (Purca, 2015 p. 3) Después de que se determina la curva de capacidad, se determine el desplazamiento de demanda podemos evaluar el desempeño estructural.

Verificando el desempeño podemos asegurar que los elementos estructurales no estén dañados más allá de los límites aceptables del desempeño objetivo.

Tabla I - 06: Límites de Desempeño

Visión 2000	Descripción
<b>Completamente operacional</b>	La edificación permanece en condiciones de uso normal. Todos los sistemas de abastecimiento y líneas vitales deben de estar en funcionamiento.
<b>Ocupacional</b>	No hay daño significativo, el edificio puede ser usado después de pequeños arreglos.
<b>Seguridad de vida</b>	Hay daño significativo a los elementos estructurales. La edificación luego de ser reparada y reforzada puede entrar en funcionamiento.
<b>Cerca de colapso</b>	Daño significativo estructural y no estructural. Hay una gran degradación de resistencia y rigidez. Solo queda un pequeño margen para llegar al colapso.

Fuente: Visión 2000

### 1.3.6.2. Rótulas plásticas

Se generan cuando la sección del elemento no es capaz de absorber mayor momento a flexión y empieza solo a rotar. (Aguar,2003 p. 11). Por otra parte, en el seminario que dictó el Ing. Bondarenko, señaló que en una zona de cedencia cuya formación se inicia en una sección de un miembro estructural (viga, columna), cuando en esta se sobrepasa el momento de cedencia de la sección y por lo tanto se obtiene altos niveles de deformación, sin un incremento notable de la carga.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

¿Cuál es el coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el Análisis Estático no lineal, San Martín de Porres, Lima - 2018?

### **1.4.2. Problemas específicos**

¿Qué sobrerresistencia tiene la estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martín de Porres, Lima 2018?

¿Qué ductilidad tiene la estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martín de Porres, Lima 2018?

## **1.5. Justificación del estudio**

### **1.5.1. Justificación teórica**

Según Collado (2000, p.105) dice que es la razón, motivos y criterios por las cuales se comienza a realizar una investigación. De acuerdo con el autor la justificación teórica de la presente investigación es evaluar el coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada y este será evaluado por medio del método estático no lineal.

### **1.5.2. Justificación práctica**

Según F. Collado (2000, p.40) dice que es la razón donde la investigación es una propuesta importante que ayuda en la solución de problemas o también en la toma de arbitrajes. Por lo tanto, la justificación práctica de esta investigación es hacer el diseño estructural y aplicar el análisis estático no lineal en la estructura, de modo que podamos conocer el comportamiento de la estructura tanto de manera general como específica, para así llegar al objetivo general que es evaluar el coeficiente de reducción (R) de la fuerza sísmica.

### **1.5.3. Justificación económica**

Debido que en todo sismo de gran magnitud se presentan pérdidas humanas y económicas por las fallas que puedan llegar al colapso de las estructuras. Y en la gran mayoría de veces este colapso ocurre por no realizar un análisis detallado como es el análisis estático no lineal.

Pues esta investigación pretende realizar el análisis a una estructura aporticada en el rango inelástico y así poder evitar pérdidas económicas; ya sea por reparaciones que la estructura fuera sometida después de un sismo y/o hasta evitar el colapso.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

El coeficiente de reducción (R) obtenido con el Análisis Estático no lineal es igual o diferente al R de la norma E.030 en una estructura aporticada de San Martin de Porres, Lima – 2018

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

La sobrerresistencia obtenida con el Análisis Estático no lineal influye en de una estructura aporticada de San Martin de Porres, Lima – 2018.

La ductilidad obtenida con el Análisis Estático no lineal influye en de una estructura aporticada de San Martin de Porres, Lima – 2018.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Evaluar el coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el Análisis Estático no lineal, San Martin de Porres, Lima – 2018.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

Obtener la sobrerresistencia que tiene la estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martin de Porres, Lima – 2018.

Obtener la ductilidad que tiene la estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martin de Porres, Lima – 2018.

## **II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Diseño**

#### **2.1.1. Nivel**

El nivel explicativo, este nivel de investigación se enfoca en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relacionan dos o más variables. (Hernández y Otros,2014, p. 95).

El nivel de esta investigación es explicativo.

#### **2.1.2. Tipo**

El tipo de investigación es aplicada, se basa en el estudio de los ilustraciones teóricas y prácticos obtenidos de la investigación básica para la solución de una problemática. (Lozada, 2014, p. 34).

#### **2.1.3. Diseño**

El diseño es no experimental, toma como base la elaboración de información sin manipular los valores de las variables, considera a las variables tal y como se manifiestan en la realidad. (Borja,2012, p. 13).

## 2.1.4. Variables, operacionalización

Tabla II - 01: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable I: Estructura Aporticada</b>	(Delgado, 2011, p. 39) Para el diseño de estructuras aporticadas intervienen los principales elementos estructurales: losas, vigas, columnas y zapatas.	Son estructuras que presentan algún tipo de deformaciones en su diseño geométrico, el cual deben de ser estudiadas a fondo para asegurar el no colapso de la estructura ante fuerzas sísmicas.	Losa	Dimensiones
				Concreto
				Acero
			Vigas	Dimensiones
				Concreto
				Acero
			Columnas	Dimensiones
				Concreto
				Acero
<b>Variable D: COEFICIENTE DE REDUCCIÓN(R)</b>	En todos los códigos de diseño sísmicos (normas) el espectro de respuesta elástica de la aceleración se reduce por un factor que explica entre otras características, la disipación de la energía sísmica a través de deformaciones inelásticas en la estructura. (Bommner, 2014, p. 487).	Realizando el Análisis Estático No lineal obtendremos el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas en la estructura aporticada	Sobrerresistencia	Fuerzas
			Ductilidad	Desplazamientos

Fuente: Propia

## **2.2. Población y muestra**

### **2.2.1. Unidad de estudio**

Modelo estructural

### **2.2.2. Población**

Según Borja ,2012. Dice que la población es el conjunto o elementos que serán motivos de estudio. Es por eso por lo que el conjunto poblacional de esta investigación está delimitado por edificaciones.

### **2.2.3. Muestra**

De acuerdo con Cortes e Iglesias, 2004, p. 90. Define muestra como cualquier subconjunto de la población que se realiza para estudiar las características de la población.

Cortes e Iglesias, 2004, p. 98. Menciona que las muestras no probabilísticas se las denomina también muestras dirigidas, pues dependen del juicio personal del investigador, quien decide de manera arbitraria o consciente que elementos va a incluir en su muestra

La muestra estará compuesta de una edificación multifamiliar con sistema estructural aporticado.

### **2.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se recolecta datos sobre el tema de investigación mediante fuentes confiables para realizar el análisis estático no lineal y conseguir el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas de una estructura aporticada.

El instrumento de recolección de datos en este proyecto es el programa ETABS 2016, este es un software para realizar calculo estructural avanzado como es el caso del Análisis Estático No Lineal.

Computers & Structures Inc (CSI). ETABS Por sus siglas en ingles, (Extend Three-Dimensional Analysis of Building System). ETABS es un software innovador y revolucionario para el análisis estructural y dimensionamiento de edificaciones. Dicho software tiene gran capacidad de poder analítico lineal y no lineal, este último mencionado se usará para analizar las variables de esta investigación.

La validez y confiabilidad de la aplicación del Análisis Estático No lineal de una estructura aporticada para la obtención del coeficiente (R), serán evaluados y validados empleando de la manera correcta.

#### **2.2.5. Métodos de análisis de datos**

Primero se obtuvo las características estructurales de la edificación a estudiar.

Luego se realiza el modelo estructural con ayuda del software ETABS 2016.

Se introducen los parámetros de acuerdo con la Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente.

Se procede a realizar el Análisis Estático No Lineal.

Se obtiene la curva de capacidad, para proceder a calcular el coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R). Finalmente se realiza el análisis de los resultados.

#### **2.3. Aspectos éticos**

En la presente investigación se asume la responsabilidad de respetar los derechos de autorías de tesis, ensayos, revistas, artículos, entre otros mediante la referencia bibliográfica y los diversos textos que se han citado.

### III. RESULTADOS

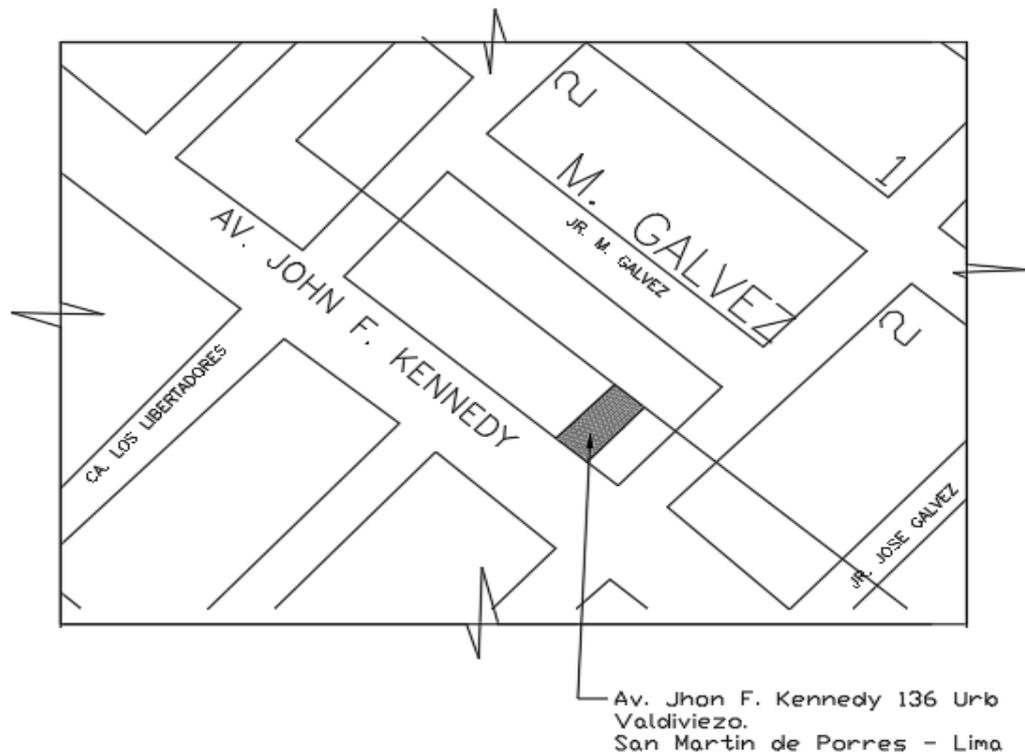
#### 3.1. Descripción proyecto

El siguiente proyecto es una vivienda multifamiliar de 4 pisos.

##### 3.1.1. Ubicación

El proyecto está ubicado en el distrito de San Martín de Porres, exactamente en la Urb. Valdiviezo. Av. Jhon F. Kennedy, Lima.

*Figura III - 01: Ubicación de proyecto*

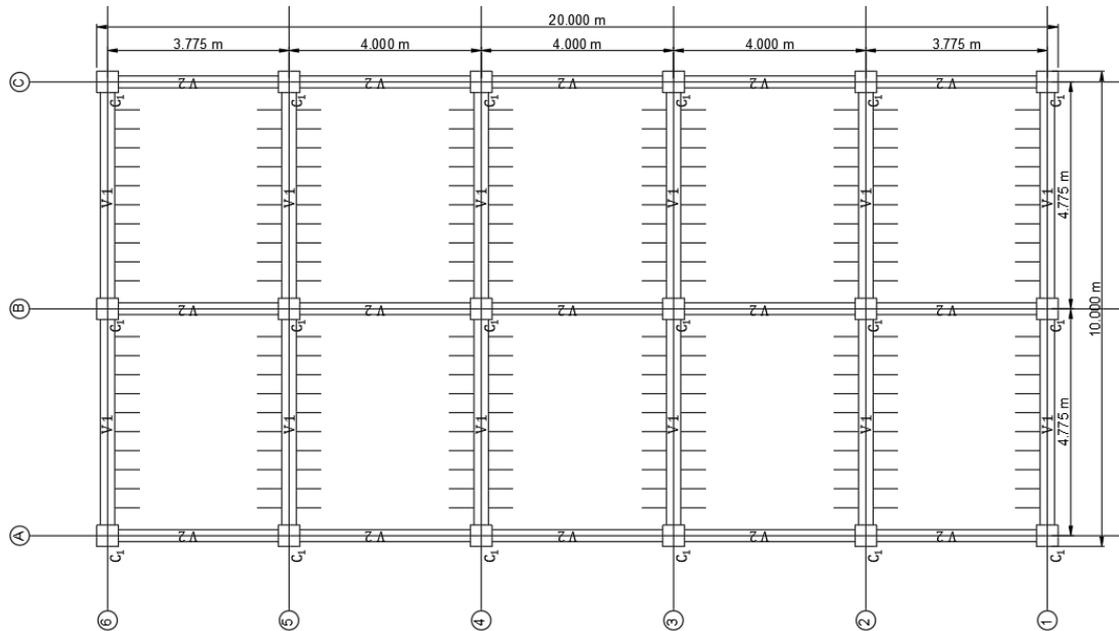


*Fuente: Propia*

##### 3.1.2. Dimensiones

La Vivienda Multifamiliar tiene de ancho 10 m y de largo 20 m. que de área consta de 200m<sup>2</sup>.

Figura III - 02: Planta típica de distribución de elementos



Fuente: Propia

### 3.1.3. Parámetros geotécnicos para el tipo de la edificación

De acuerdo con los estudios realizados por el propietario del lote de 200 m<sup>2</sup> de terreno ubicado en el distrito de San Martín de Porres, se obtuvo la siguiente información:

- Los valores de capacidad portante es de 2.00kg/cm<sup>2</sup>.
- Dando valor a lo anterior, de acuerdo con INDECI en el año 2009, realizo una investigación donde justifica que el suelo de la zona en estudio pertenece a la zona central de Lima, con un conglomerado de canto rodado y grava en una matriz limo arenoso y con una napa freática muy profunda, es sísmicamente adecuado por su compacidad y resistencia, mostrando capacidades de carga promedio de 3 kg/ cm<sup>2</sup>.

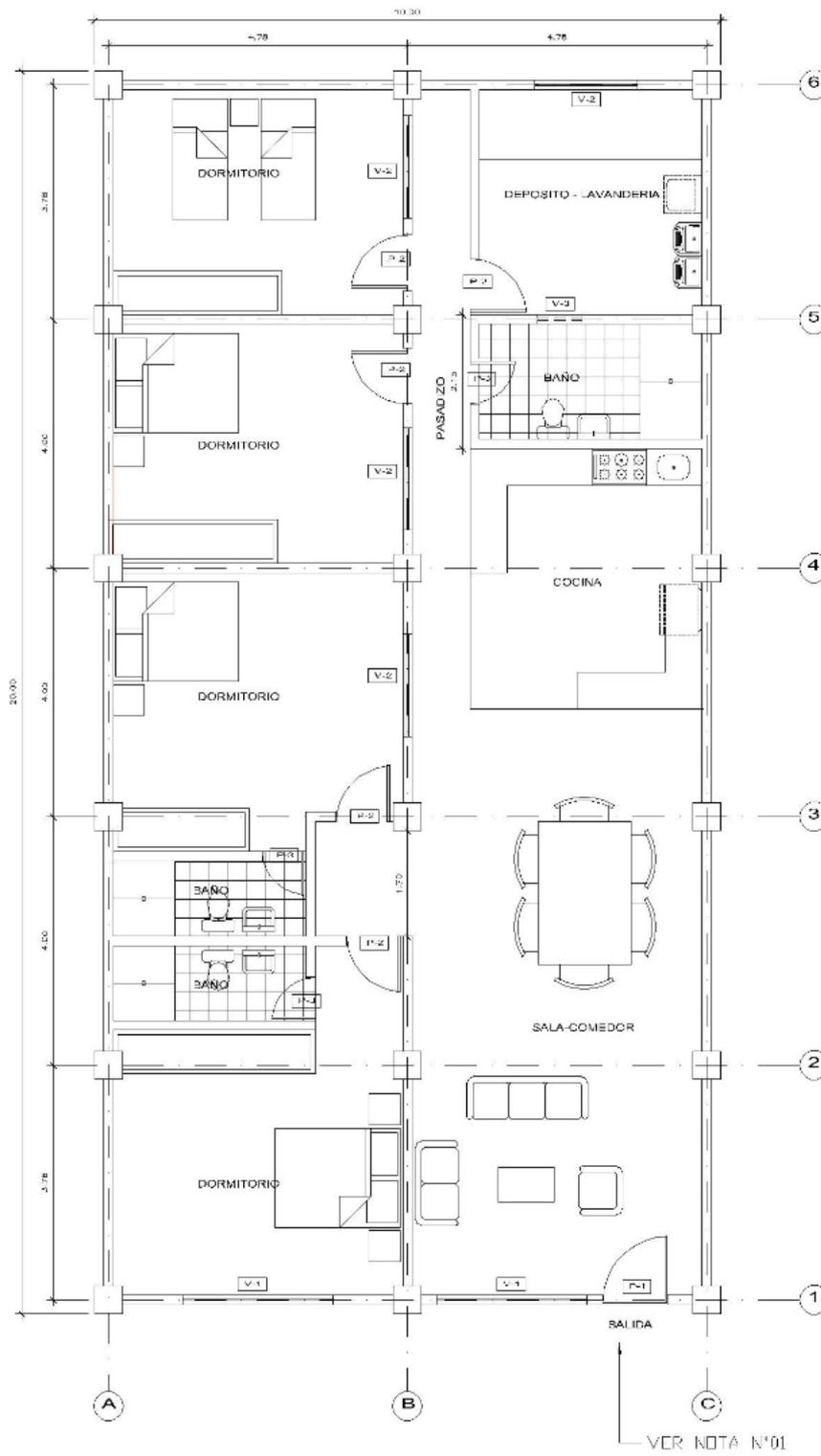
### **3.2. Configuración estructural**

#### **Número de ejes**

La configuración estructural consta de los siguientes ejes:

- Número de ejes en "X"
- 3 ejes A, B, C
- Número de ejes en "Y"
- 8 ejes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,

Figura III - 03: Vista en planta del proyecto



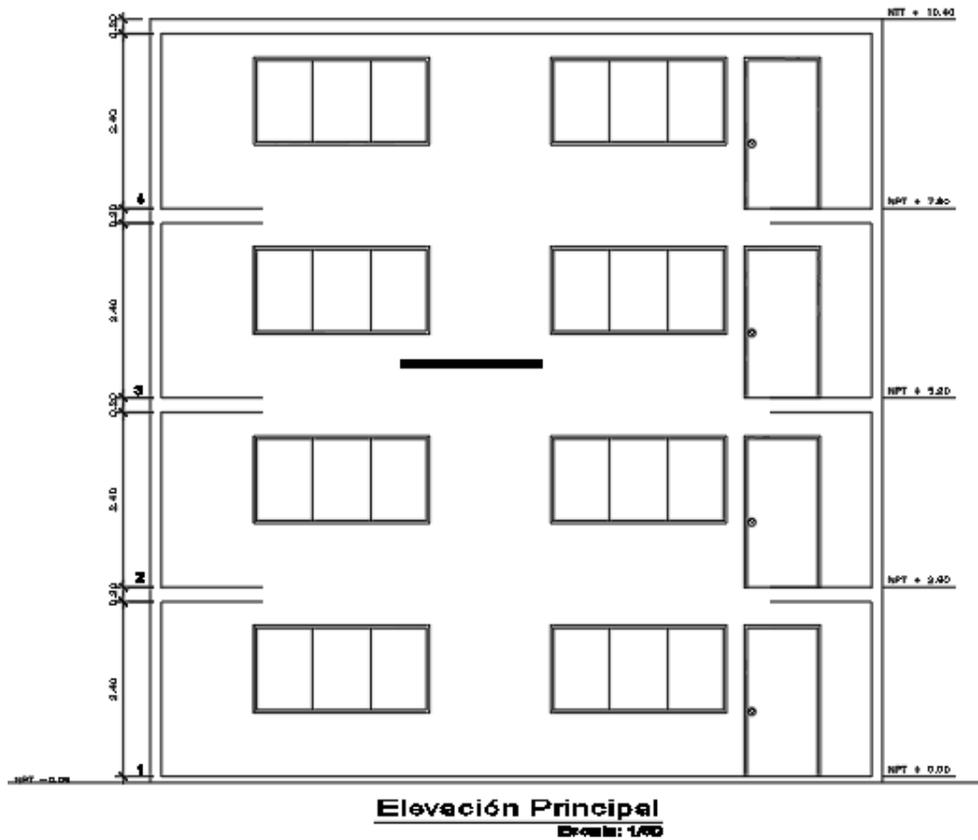
Planta Piso Tipico  
Escala: 1/50

Fuente: Propia

## Número de pisos

La edificación consta de 4 pisos, se modeló con el programa computacional ETABS de manera típica las plantas de la edificación, la escalera que da vista a la calle se tomó como independiente a la elevación de estudio.

Figura III - 04: Elevación del Proyecto



## Altura de entrepisos

La altura de entrepisos es la altura típica de 2.40 m.

Tabla III - 01: Altura de entrepisos

PISO #	Altura Entrepisos (m)
PISO 4	2.40
PISO 3	2.40
PISO 2	2.40
PISO 1	2.40

Para ingresar los datos al programa con el cual nos ayudara para nuestros objetivos.

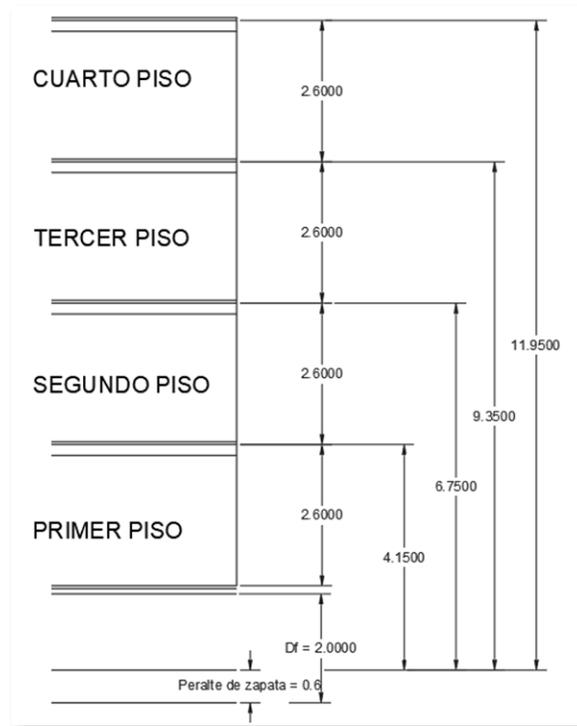
Se toma en cuenta el desplante que nos da el EMS el cual detalla que es de 2m lo cual nos ayuda a determinar las alturas de los pisos, pero de manera estructural. Entonces como se detalla en el siguiente cuadro el primer piso tiene una altura de 4.15m, por lo que la altura de entrepisos se suma el desplante menos la altura de la zapata más 0.20 el espesor de la losa menos 0.05 de acabados de la losa.

De la misma forma se hace el cálculo de la altura de los pisos típicos, pero sin contar el desplante, ya que el desplante solo nos sirve para la cimentación y sacar la altura del primer

*Tabla III - 02: Alturas Acumuladas del Proyecto*

<b>PISO</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Elevación <math>\Sigma</math> (m)</b>
PISO 4	2.60	11.95
PISO 3	2.60	9.35
PISO 2	2.60	6.75
PISO 1	4.15	4.15

Figura III - 05: Elevación de Alturas Acumuladas de Entrepisos



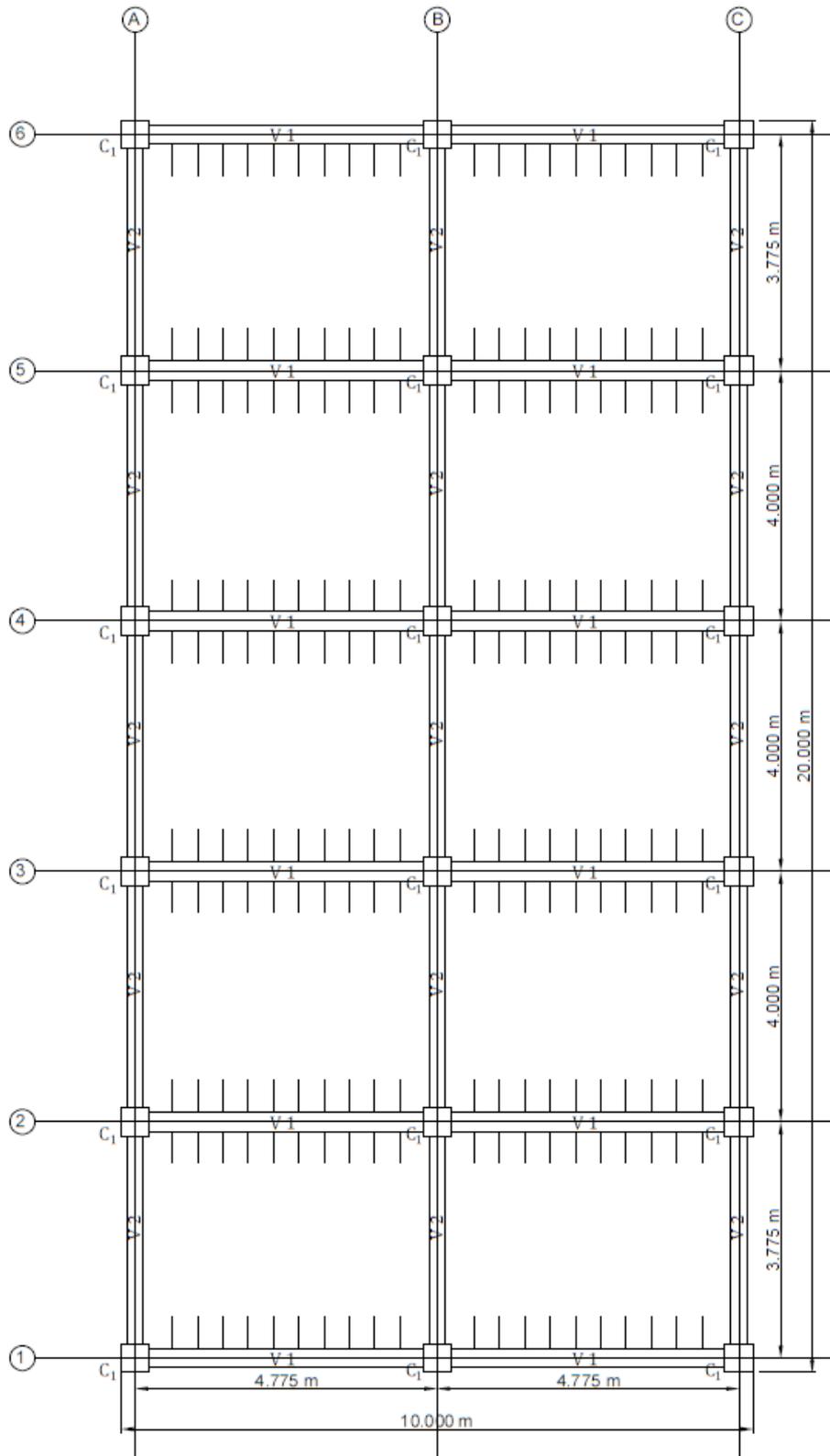
Fuente: Propia

### 3.3. Dimensiones de elementos estructurales

Tabla III - 03: Dimensiones de Elementos Estructurales del proyecto

ZAPATAS	COLUMNAS	VIGAS		LOSA
Z1	C1-45 X 45	V1-30 X 50	V2-25 X 50	L1-1D-20cm

Figura III - 06: Planta de Elementos Estructurales



Fuente: Propia

### 3.4. Análisis sísmico

Analizamos la estructura de acuerdo con el comportamiento de la estructura por medio de sus pesos equivalentes.

De acuerdo con la norma E.030 se obtiene el espectro de respuesta con los parámetros sísmicos que correspondan.

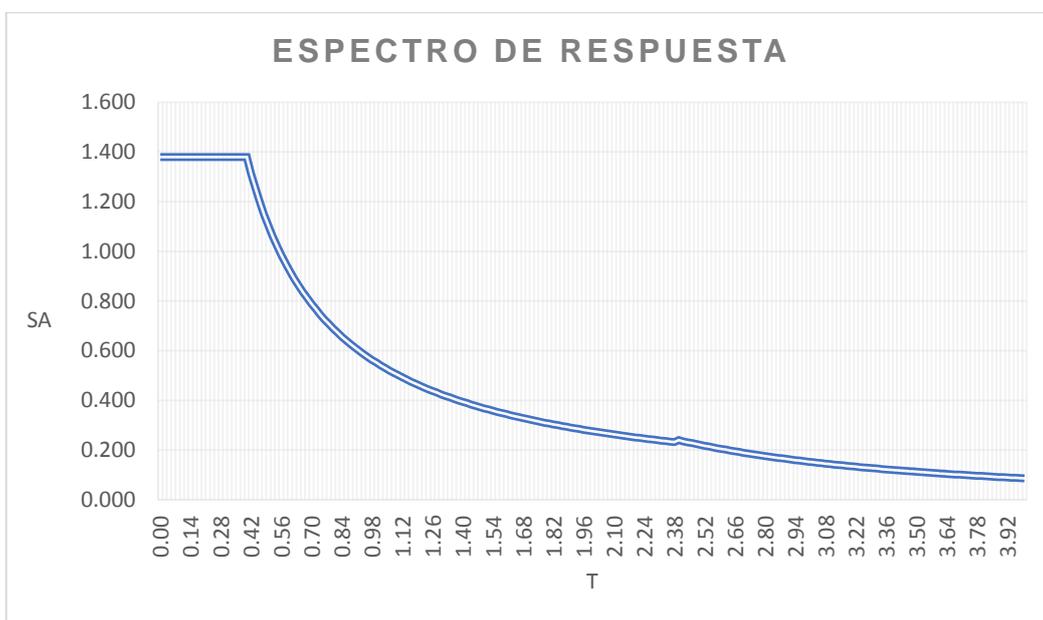
*Tabla III - 04: Parámetros Sísmicos del Proyecto*

Parámetros		Valores	
		Eje X	Eje y
<b>Z</b>	Zona 4	0.45	0.45
<b>U</b>	Tipo C	1	1
<b>C</b>	$C=2.5(Tp/T)$	2.5	2.5
<b>S</b>	Tipo S1	1	1
<b>R</b>	Pórtico	8	8

*Fuente: Propia*

De acuerdo, norma E.030 el factor Z es asignado en cada zona y se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en un periodo de 50 años.

Figura III - 07: Espectro de respuesta



Fuente: Propia

**Ingreso de cargas muertas y vivas:**

Tabla III - 05: Cargas Vivas y Cargas Muertas de la Edificación

<b>CM</b>	<b>335 kg/m<sup>2</sup></b>
<i>Tabiquería</i>	<i>150 kg/m<sup>2</sup></i>
<i>Acabados</i>	<i>120 kg/m<sup>2</sup></i>
<i>Lad. Techo</i>	<i>65 kg/m<sup>2</sup></i>
<b>CM Azotea</b>	<b>185 kg/m<sup>2</sup></b>
<i>Acabados</i>	<i>120 kg/m<sup>2</sup></i>
<i>Lad. Techo</i>	<i>65 kg/m<sup>2</sup></i>
<b>CV</b>	<b>250 kg/m<sup>2</sup></b>
<i>Tab.</i>	<i>200 kg/m<sup>2</sup></i>
<i>Tab. Móvil</i>	<i>50 kg/m<sup>2</sup></i>
<b>CV techo</b>	<b>150 kg/m<sup>2</sup></b>

Fuente: Norma E.020 (RNE)

### 3.4.1. Propiedades del material

- Módulo de elasticidad
- Del concreto, según Norma E.020

$$E_c = 15000 \sqrt{f'c} \quad \text{Ecuación: (III - 01)}$$

$$\text{Para } f'c = 210 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{Ecuación: (III - 02)}$$

$$E_c = 15000 \sqrt{210} \frac{kg}{cm^2} = 217370.65 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{Ecuación: (III - 03)}$$

- Del acero, según norma E.020

$$E_s = 2 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{Ecuación: (III - 04)}$$

- Propiedades no lineales
- Del concreto

Figura III - 08: Propiedades No Lineales del Concreto



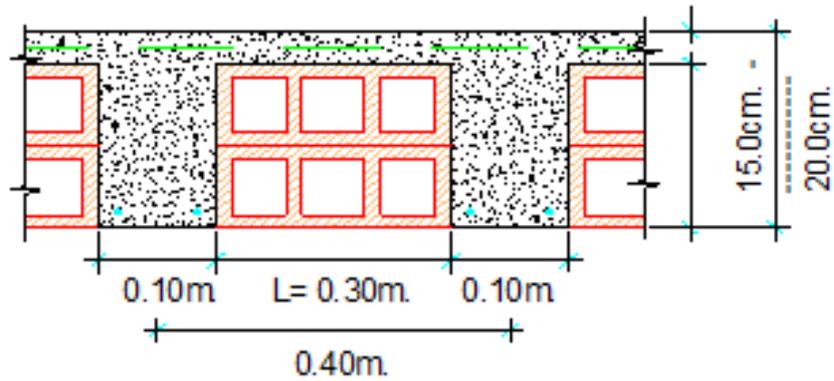
Fuente: Programa Computacional ETABS

### 3.4.2. Propiedades de elementos estructurales

#### Propiedades de losa

Detalle de losa aligerada de 20 cm de altura, se ingresan los datos al ETABS.

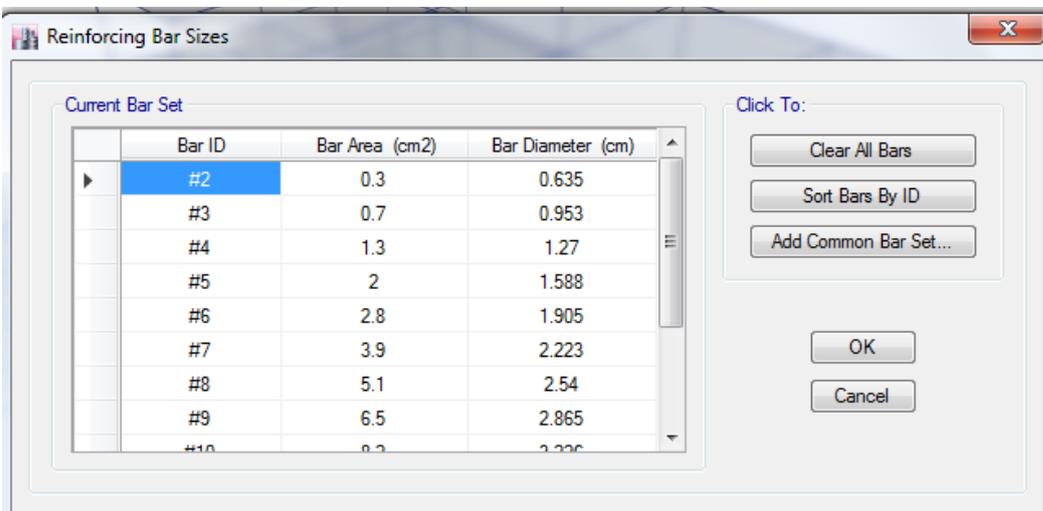
Figura III - 9: Dimensiones de Losa Aligerada de la Edificación



Fuente: Propia

#### Definición de características de barras de acero

Figura III - 10: Asignación de Barras de acero



Fuente: Programa Computacional ETABS

Tabla III - 06: Características de Acero Corrugado

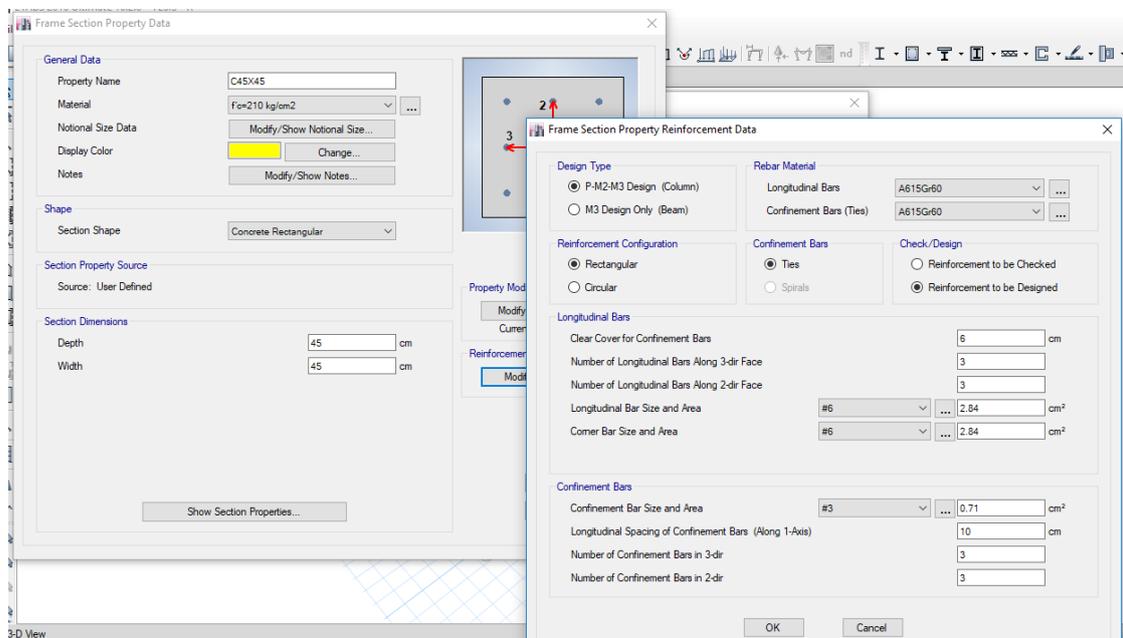
ACEROS AREQUIPA			
	A (cm <sup>2</sup> )	d (cm)	Peso (kg/m)
1/4"	0.32	0.64	0.994
3/8"	0.71	0.95	0.56
1/2"	1.29	1.27	0.994
5/8"	1.99	1.59	1.552
3/4"	2.84	1.91	2.235
1"	5.10	2.54	3.973
1 3/8"	10.06	3.49	7.907

Fuente: Manual de Aceros Arequipa

### Características de sección de elementos estructurales

- De columnas

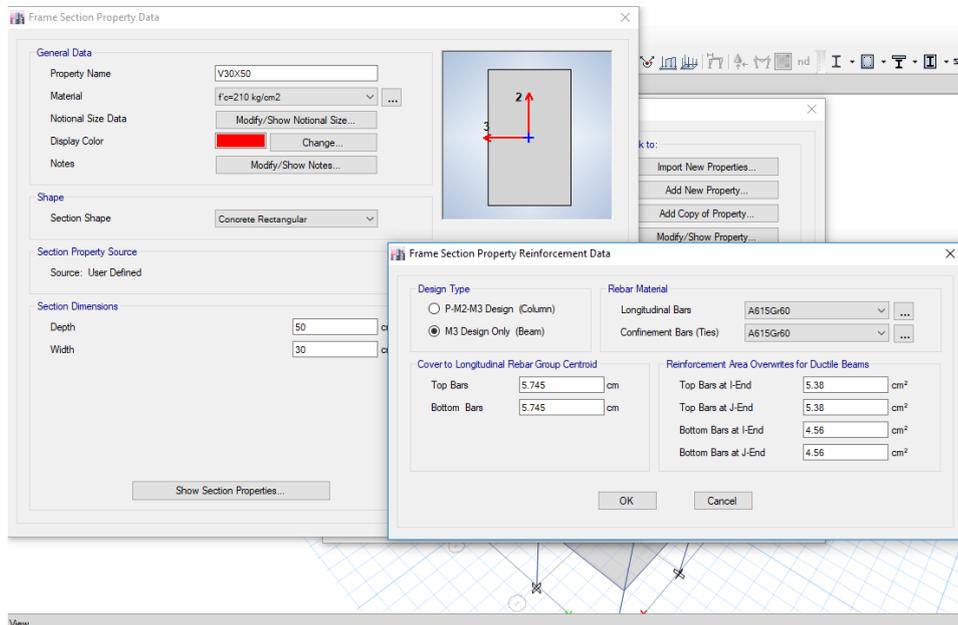
Figura III - 11: Propiedades de la sección Columna - C1



Fuente: Programa Computacional ETABS

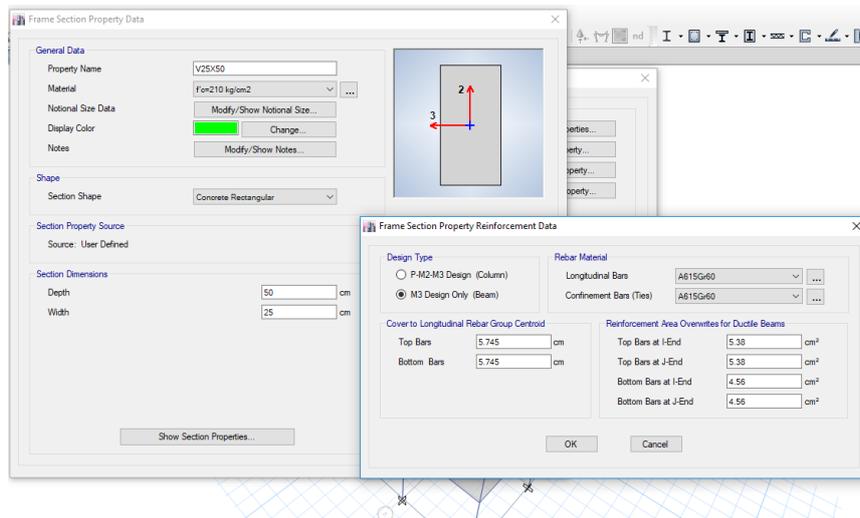
- De vigas

*Figura III - 12: Propiedades de la sección Viga - V1*



*Fuente: Programa Computacional ETABS*

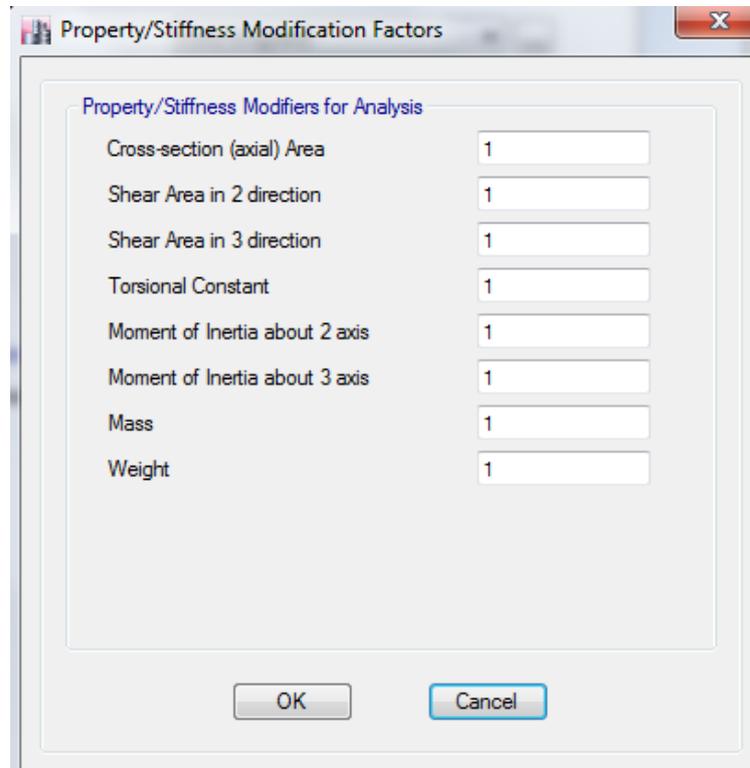
*Figura III - 13: Propiedades de la sección Viga - V2*



*Fuente: Programa Computacional ETABS*

## Propiedades no lineales de vigas

Figura III - 14: Propiedades no lineal de Vigas

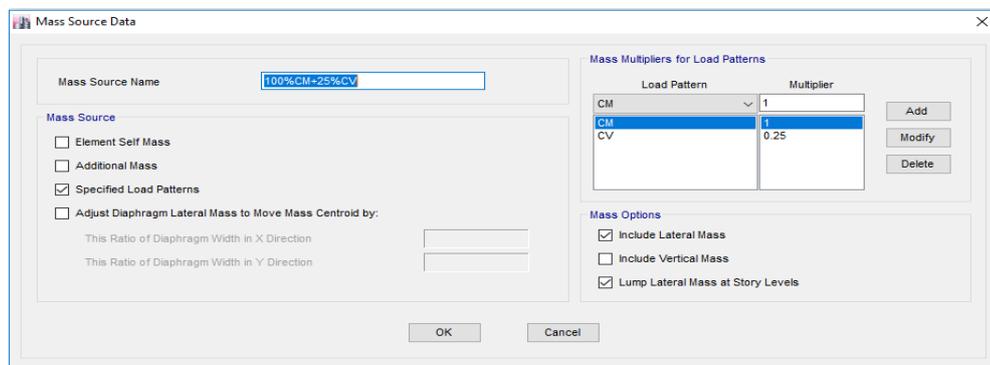


Programa Computacional ETABS

### 3.4.3. Asignación de patrones de cargas

#### Asignación de masas

Figura III - 15: Asignación de porcentaje masa

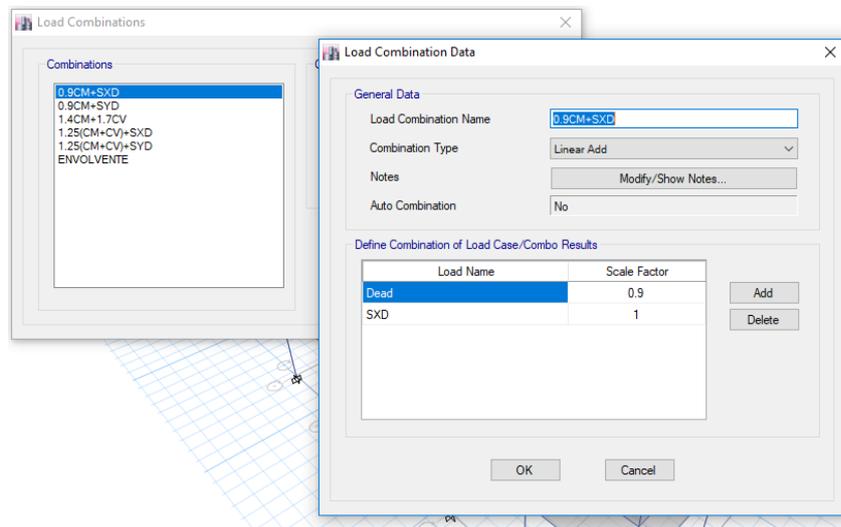


Fuente: Programa Computacional ETABS

## Asignación de combinaciones de carga

Resistencia requerida por cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV), según la norma E.060.

Figura III - 16: Combinaciones de cargas del proyecto



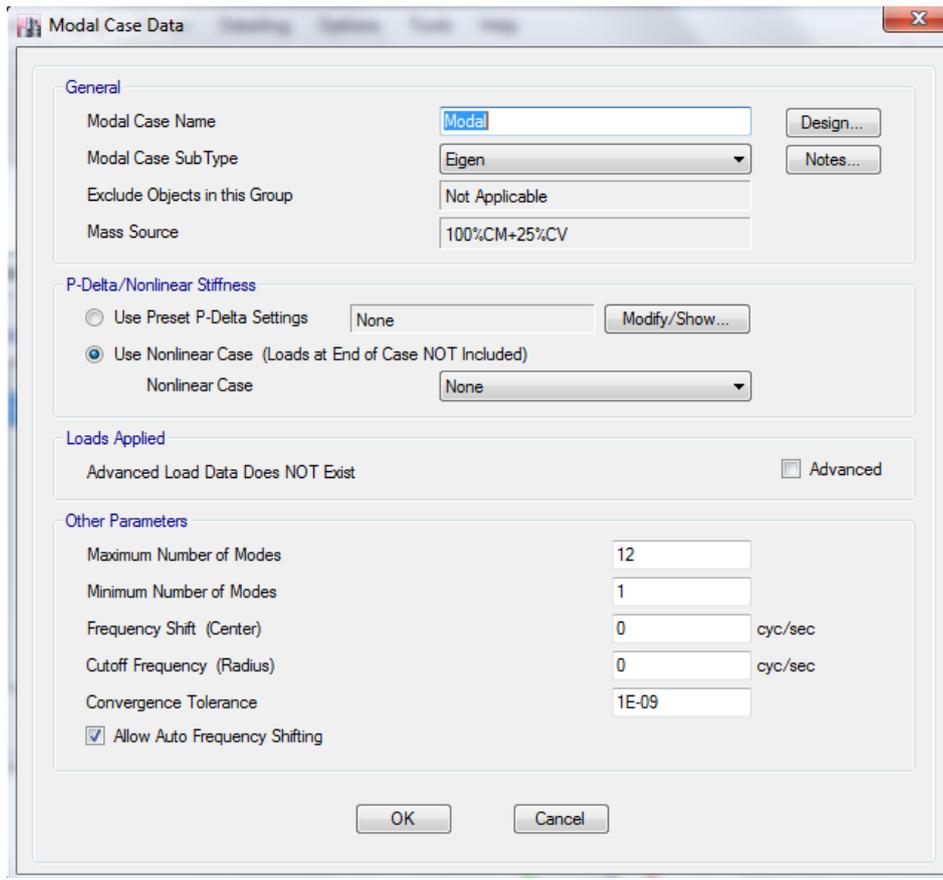
Fuente: Programa Computacional ETABS

## Análisis modal de la norma E.030

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.

Se toma 3 modos por cada piso.

Figura III - 17: Modos de vibración



Fuente: Programa Computacional ETABS

#### 3.4.4. Asignación de rotulas plásticas

Definiendo características de las rotulas plásticas como su clasificación y que tipo de comportamiento según el análisis que deseamos emplear.

Figura III - 18: Definición de propiedades de rotulas plásticas en Viga, Columna

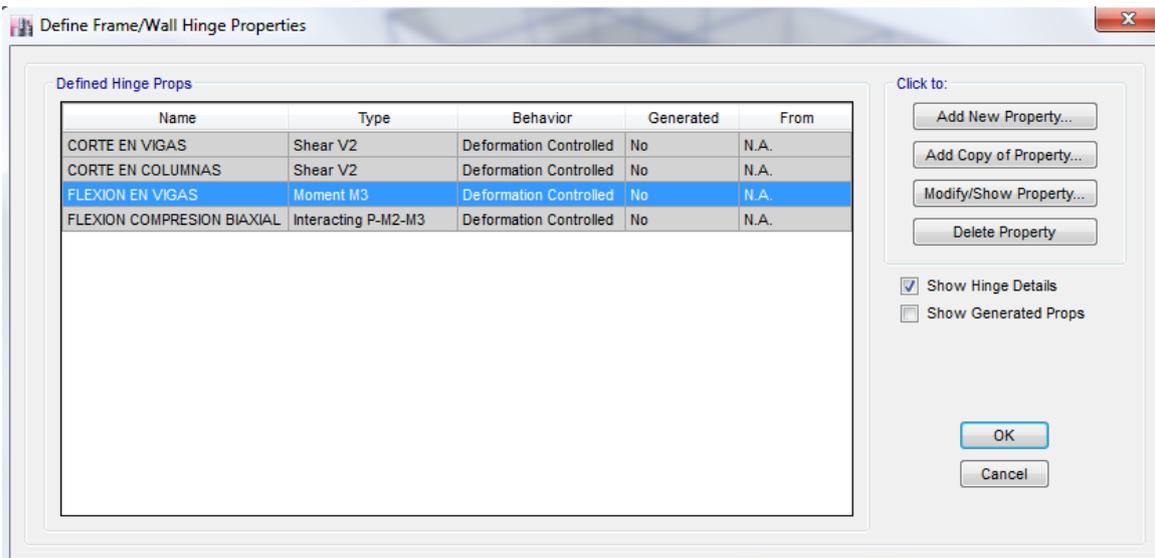
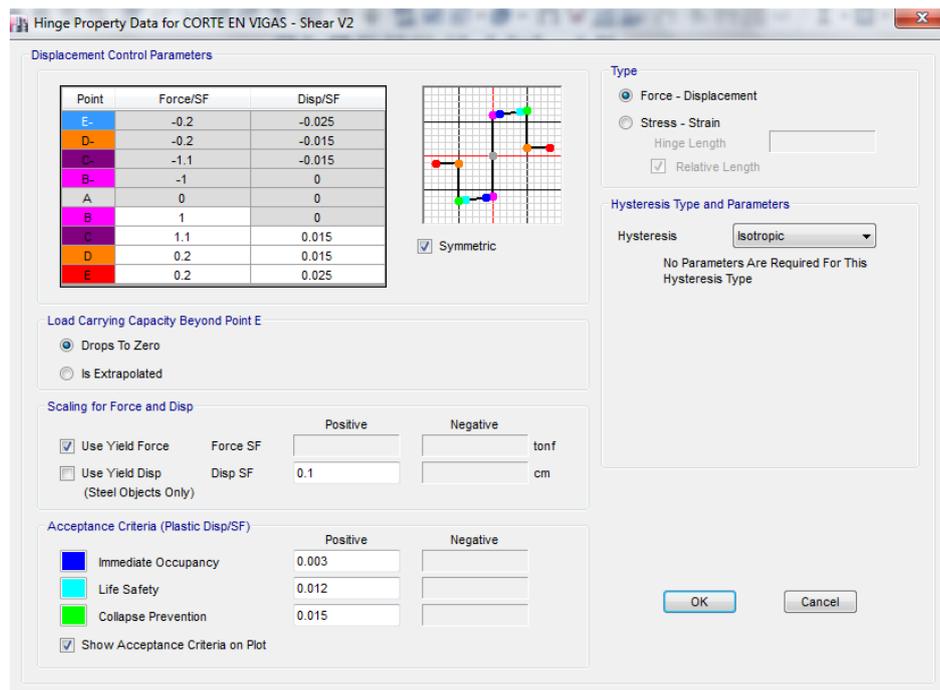


Figura III - 19: Propiedades de rotulas en corte en vigas



Fuente: Programa Computacional ETABS

Figura III - 20: Propiedades de rotulas en corte en columnas

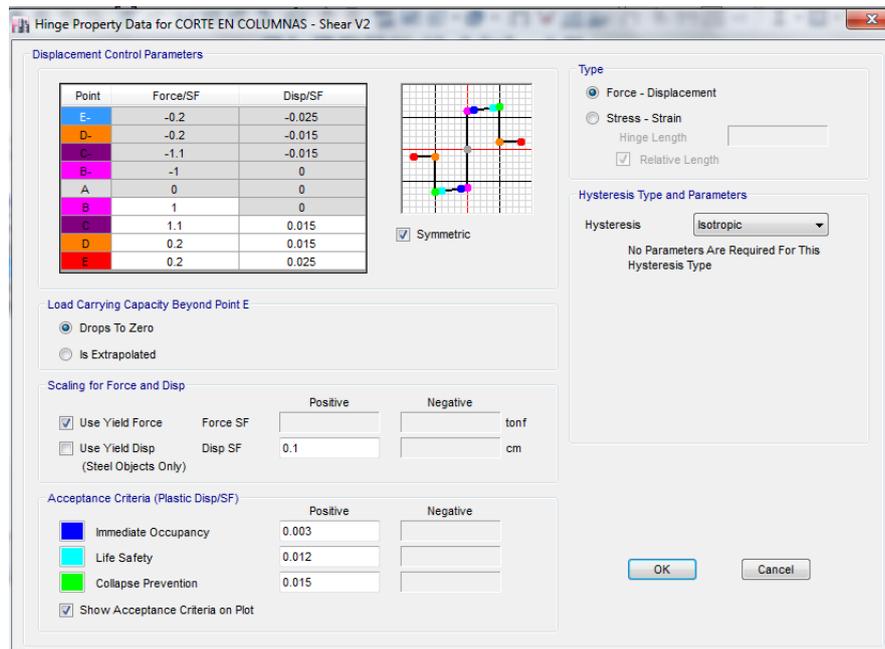
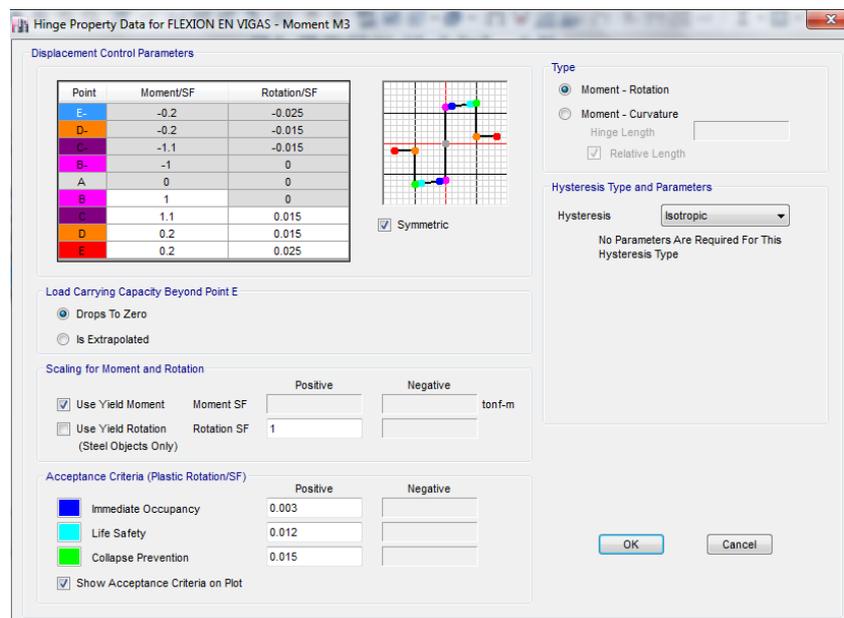
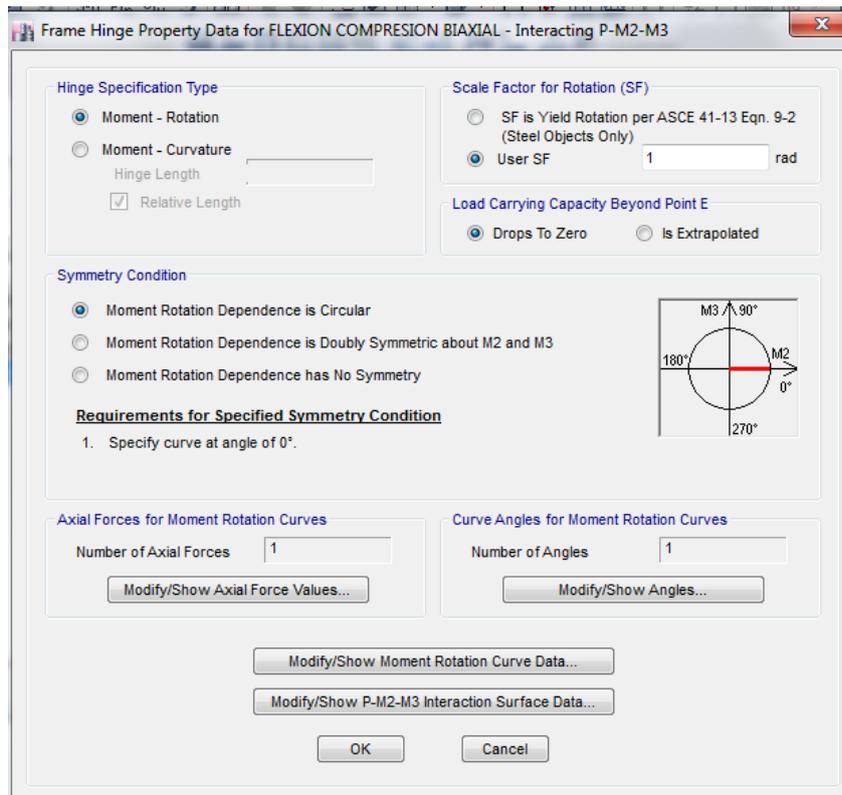


Figura III - 21: Propiedades de rotulas en flexión en vigas



Fuente: Programa Computacional ETABS

Figura III - 22: Propiedades de rotulas Flexo-Compresión Biaxial



Fuente: Programa Computacional ETABS

### 3.4.5. Ingreso de patrones de cargas para el AENL

Fema P- 58 Rendimiento sísmico para la evaluación de edificios (Pag. 115, 2012); La determinación de fuerzas laterales se define:

$F_x$ = Fuerza a nivel de piso x

$C_{vx}$ = Factor de distribución vertical

$$F_x = C_{vx} \times V \quad \text{Ecuación: (III - 05)}$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=2}^{N+1} w_i h_i^k} \quad \text{Ecuación: (III - 06)}$$

Donde:

$W_x$  = Peso agrupado a nivel de piso x

$H_x$  = Altura por encima de la base efectiva a nivel de piso x

K= 2, para un periodo de modo mayor a 2.5s

K= 1, para un periodo de modo menor o igual a 0.5s

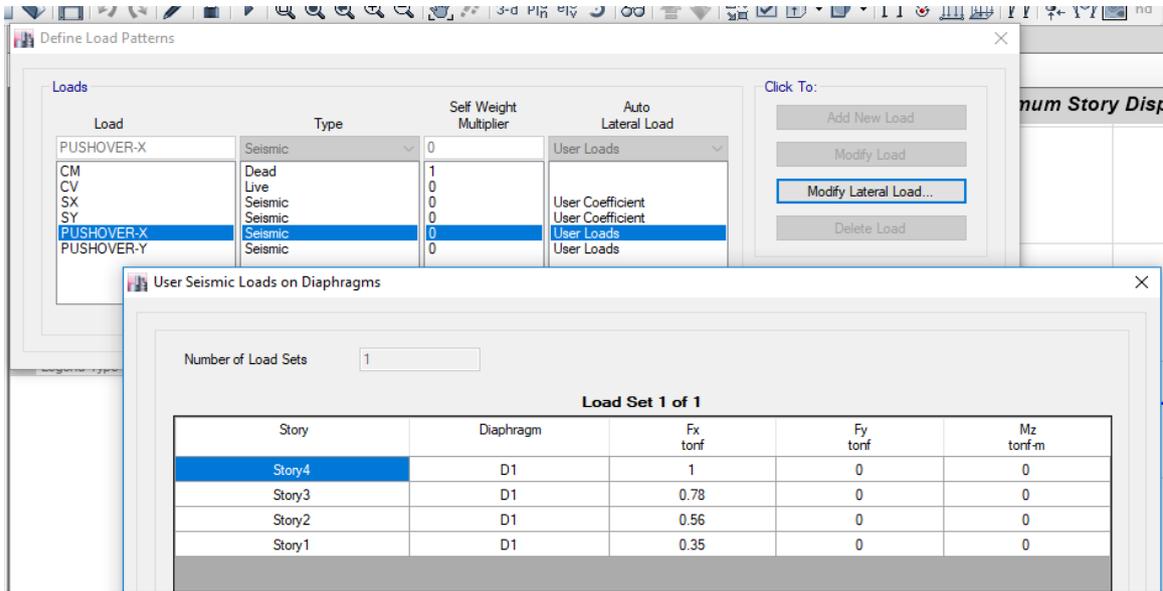
Las fuerzas horizontales tienen relación con la altura de la edificación:

Tabla III - 07: Fuerzas horizontales para el AENL

	<b>H</b> <b>Entrepisos</b>	<b>H</b> <b>Acumulada</b>	<b>F</b>
<b>Piso 4</b>	2.6	11.95	1.00
<b>Piso 3</b>	2.6	9.35	0.78
<b>Piso 2</b>	2.6	6.75	0.56
<b>Piso 1</b>	4.15	4.15	0.35

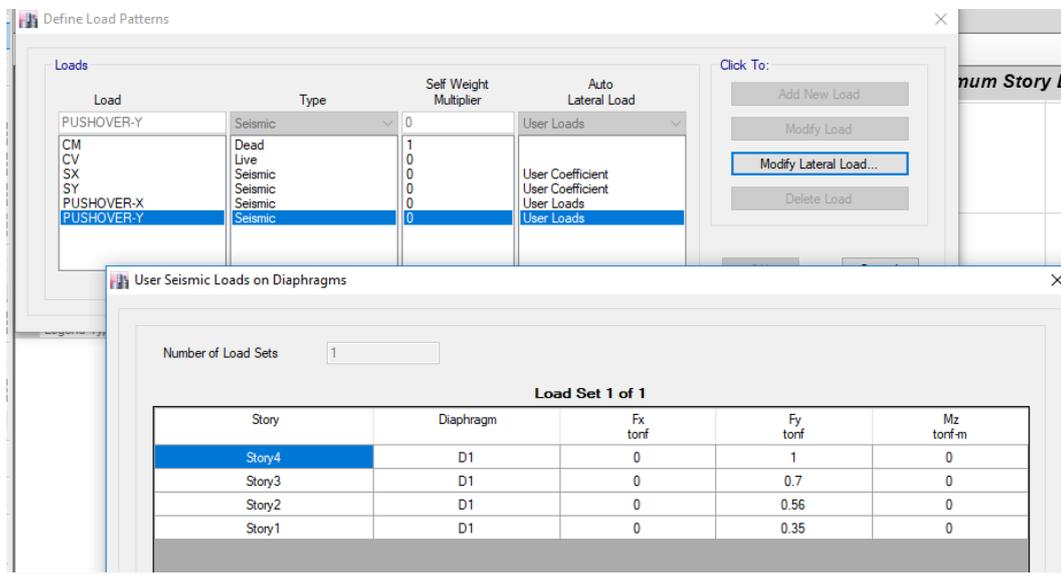
*Fuente: Propia*

Figura III - 23: Ingreso de Fuerzas Horizontales para el AENL en el eje X



Fuente: Programa Computacional ETABS

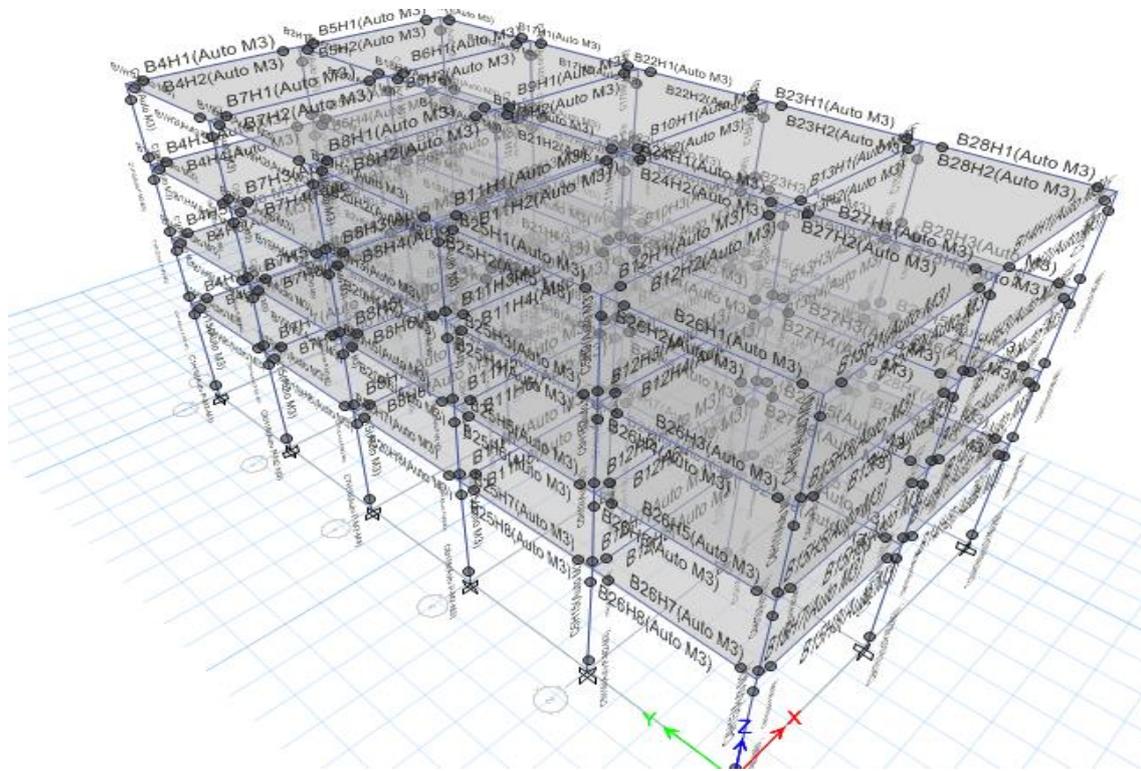
Figura III - 24: Ingreso de Fuerzas Horizontales para el AENL en el eje Y



Fuente: Programa Computacional ETABS

### 3.4.6. Ubicación de rotulas plásticas de vigas y columnas

Figura III - 25: Vista en 3D de ubicación de rótulas plásticas



Fuente: Programa Computacional ETABS

Figura III - 26: Elevación del proyecto con Rótulas plásticas en elevación

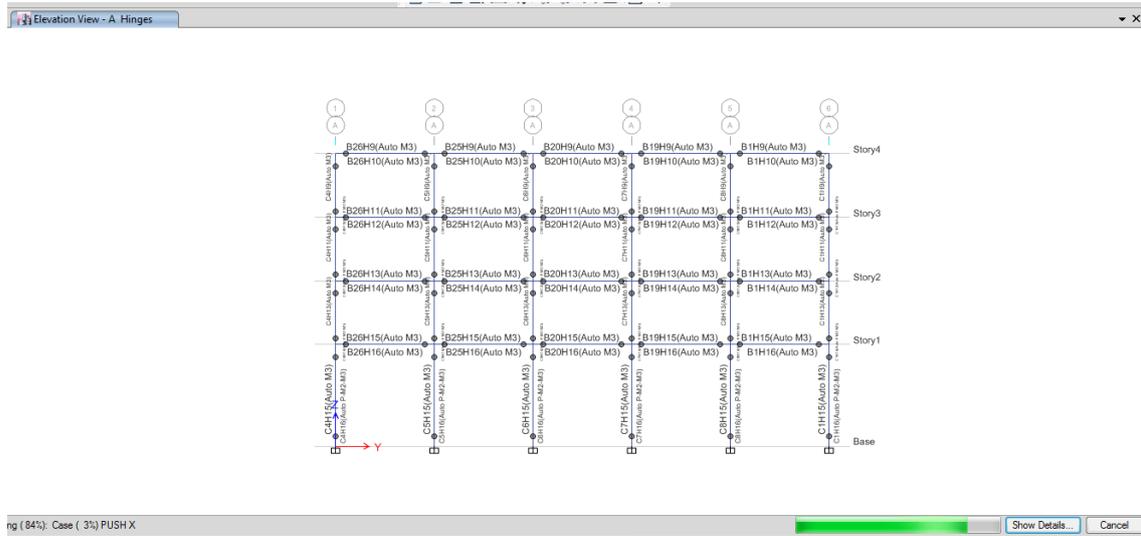
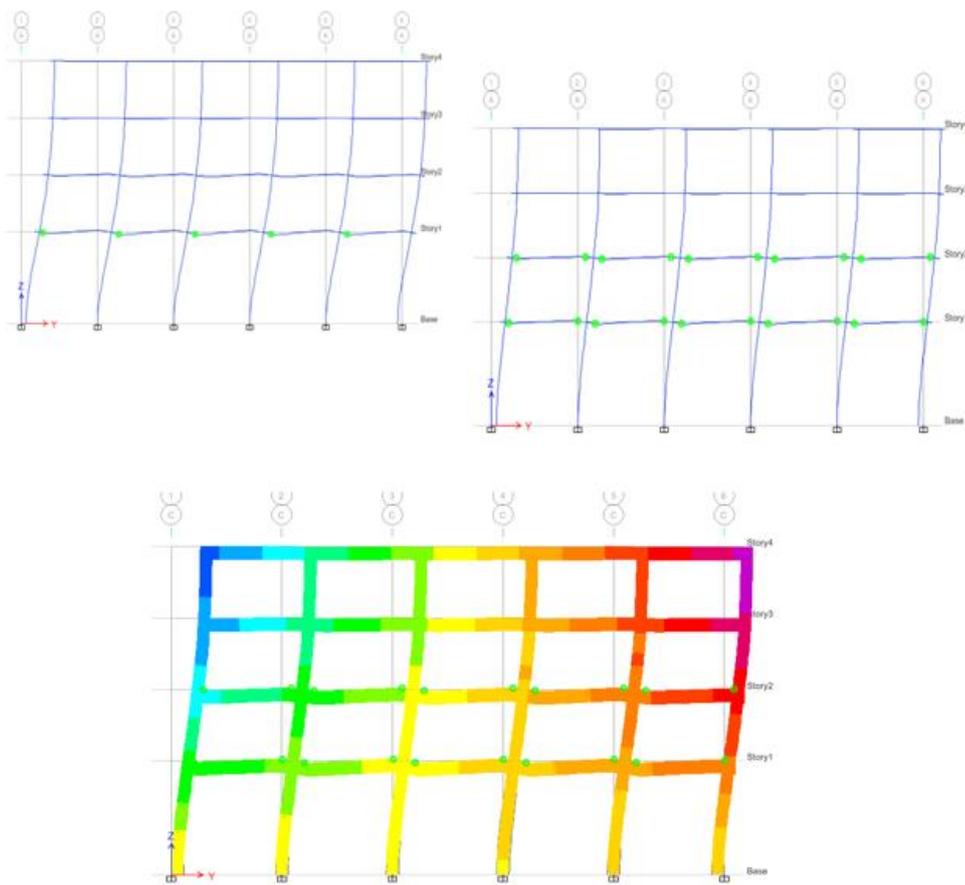


Figura III - 27: Aparición de rótulas plásticas en la estructura

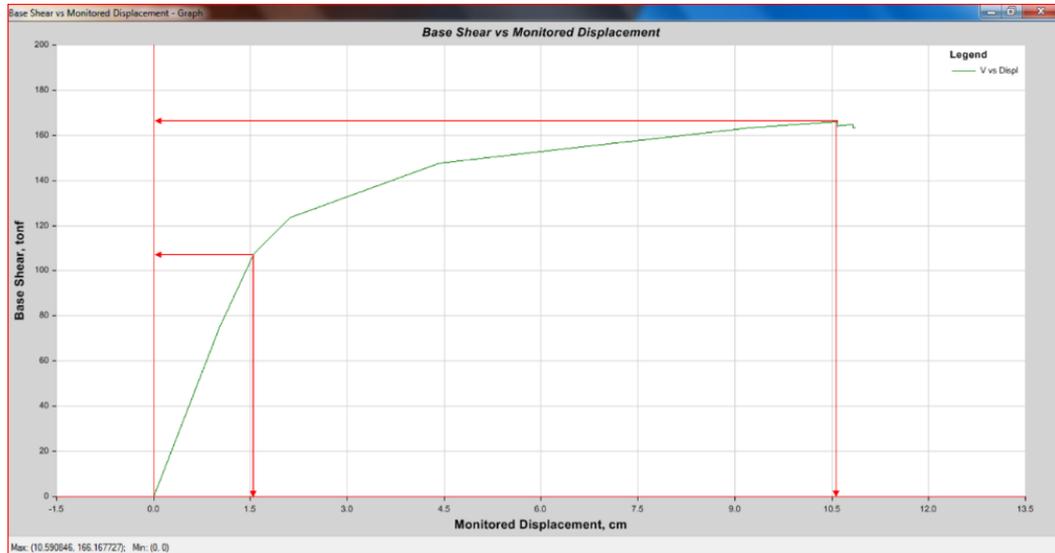


Fuente: Programa Computacional ETABS

### 3.5. Verificación del coeficiente (R) con el AENL

#### 3.5.1. Coeficiente de reducción (R) en el eje x

Figura III - 28: Grafico Fuerza cortantes Vs Desplazamiento en el Eje X



Fuente: Programa Computacional ETABS

De acuerdo con la ecuación Ecuación: (I – 02):

	Cortantes	
V Fluencia	166.17 ton	$V_F / V_C$
V Cedencia	107.6 ton	
<b>SOBRERESISTENCIA = <math>\Omega</math></b>		1.5443

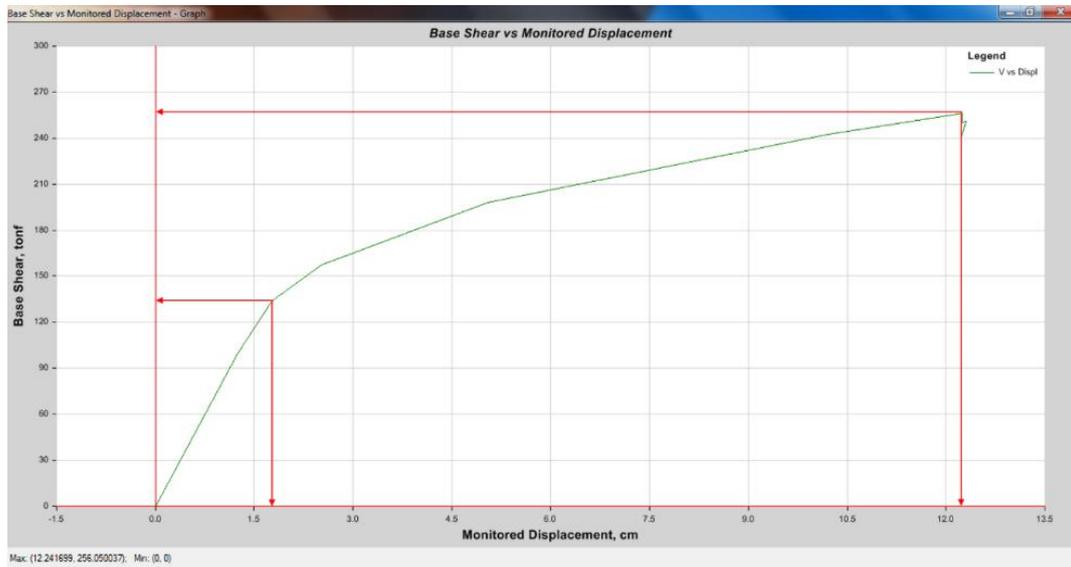
	Desplazamiento	
D Fluencia	10.59 cm	$D_F / D_C$
D Cedencia	1.55 cm	
<b>DUCTILIDAD = <math>\mu</math></b>		6.8323

$R_x =$	$\Omega \times \mu$
	10.551

$R_x$  = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas en el rango inelástico en el eje x.

### 3.5.2. Coeficiente de reducción (R) en el eje y

Figura III - 29: Grafico Fuerza cortantes Vs Desplazamiento en el Eje Y



Fuente: Programa Computacional ETABS

De acuerdo con la ecuación Ecuación: (I – 02):

	Cortantes	
V Fluencia	256	$V_F / V_C$
V Cedencia	133.71	
<b>SOBRERESISTENCIA = <math>\Omega</math></b>		1.9146

	Despl.	
D Fluencia	12.24	$D_F / D_C$
D Cedencia	1.77	
<b>DUCTILIDAD = <math>\mu</math></b>		6.9153

<b><math>R_Y =</math></b>	<b><math>\Omega \times \mu</math></b>
	13.239885

$R_Y$  = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas en el rango inelástico en el eje y.

### 3.6. Análisis de resultados

Con el análisis sísmico realizado obtuvimos los coeficientes de reducción de fuerza sísmica R Tabla N° 17, en donde los coeficientes obtenidos con el AENL son mayores en ambos ejes a los dados por la norma E.030

*Tabla III - 08: Análisis de resultados del coeficiente de reducción R*

<b>COEF. DE REDUCCION (R)</b>	<b>NORMA DE DISEÑO SISMORRESISNTE E.030</b>	<b>ANALISIS ESTATICO NO LINEAL</b>	<b>EXCEDENCIA (%)</b>
<b>EJE X</b>	8	10.55	132%
<b>EJE Y</b>	8	13.23	165%

*Fuente: Propia*

#### IV. DISCUSIÓN

- Según, Gálvez (2008) *“Propuesta del factor de reducción de fuerza sísmica para sistemas estructurales en concreto armado con muros reforzados por barras dúctiles y mallas electrosoldadas”*. El autor hizo su investigación con el Análisis Tiempo Historia apoyado con el programa no lineal CANNY y en donde obtuvo el valor de R de una estructura arquetípica de cinco pisos igual a 5, para el sistema estructural de muros de ductilidad limitada. A comparación de los resultados de esta investigación se utilizó el método del Análisis Estático No Lineal - Pushover con el programa computacional ETABS, el estudio de hizo de una estructura de 4 pisos con sistema estructural aporticado.

*Tabla IV - 01 Discusión de Resultados por: Gálvez, A. y Avila, G.*

<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>		
<b>Características de la estructura</b>	<b>Investigación por:</b>	
	<b>Gálvez, Adolfo</b>	<b>Avila, Gabriela</b>
Nº de pisos de la Estructura Arquetípica	5	4
Sistema estructural	Muros de ductilidad limitada	Aporticada
Regularidad estructural	Regular	Regular
R por Norma E.030	4	8
Metodología de estudio	Análisis Tiempo - Historia	Análisis Estático No Lineal - Pushover
Programa computacional	CANNY	ETABS
R promedio por metodología propuesta	5	11

Fuente: Propia

- Según Delgadillo (2005) *“Análisis no lineal estático de estructuras y la norma E.030”*. Tesis para optar el grado de maestro en ingeniería estructural. El objetivo principal de la investigación fue verificar el uso del Análisis No Lineal Estático

que presentan ATC – 40 y FEMA – 356 utilizado con la demanda sísmica, suministrada por la Norma E.030, concuerdo con el autor donde concluye que el Análisis No Lineal Estático es un método donde obtenemos la secuencia de aparición de rotulas plásticas y esta son las que llevan al colapso de la estructura, y además junto con los parámetros de la norma vigente se puede obtener el nivel de daño.

- Según Padilla (2010) “Propuesta para considerar la irregularidad estructural en la resistencia lateral de las estructuras en el Perú”. Tesis para tener el título en ingeniería civil. El autor llego a la conclusión que para determinar el coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R) se debería de obtener por medio de algunas características más detalladas de la estructura como son los tipos de irregularidades ya sea en planta y/o en altura. El autor investigo 20 edificaciones dentro de ellas una edificación de 4 pisos.

Tabla IV - 02 Discusión de Resultados por: Padilla, G. y Avila, G.

<b>DISCUSION DE RESULTADOS</b>		
<b>Características de la estructura</b>	<b>Investigación por:</b>	
	<b>Padilla, Gonzalo</b>	<b>Avila, Gabriela</b>
Nº de pisos de la Estructura	4	4
Sistema estructural	Eje x: Aporticado, Eje y: Dual	Eje x: Aporticado, Eje y: Aporticado
Regularidad estructural	En altura: regular; en planta: esquinas entrantes	En altura: regular; en planta: regular
R por Norma E.030	Eje x: 6, Eje y:5.25	Eje x: 8, Eje y: 8
Metodología de estudio	Norma Colombiana	Análisis Estático No Lineal - Pushover
Programa computacional	-	ETABS
R por metodología propuesta	Eje x: 7.2, Eje y: 6.3	Eje x: 10.55, Eje y: 13.23

Fuente: Propia

Según la investigación realizada en el año 2010 la norma E.030 no tenía incluida las irregularidades estructurales para el factor R, actualmente si toma en cuenta las irregularidades tanto en planta y altura según sea el caso de la estructura por lo que la investigación de Padilla tendría que ser actualizada con la norma E.030 vigente ver *ecuación I - 01*.

- En la investigación realizada se tomó en cuenta una edificación aporticada de cuatro niveles para obtener el coeficiente de reducción de fuerza sísmica. Con los resultados obtenidos y la evaluación del coeficiente de reducción de fuerza sísmica en el estado elástico de la Norma E.030 peruana y en el estado inelástico del AENL; deja en discusión los resultados de proyectos a futuro ya que cada edificación tiene diferentes características estructurales y de zona.

## V. CONCLUSIONES

1. De acuerdo con el objetivo general planteado para esta investigación: *Evaluar el coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el Análisis Estático No Lineal de la estructura en estudio.* El coeficiente de reducción R de la estructura aporticada de cuatro pisos obtenido con el análisis estático no lineal para el eje X es igual a 10.55 y se excede en 31.8 % al coeficiente R de la norma E.030. Para el eje Y es igual a 13.23 y excede en 65% al coeficiente R de la norma E.030. (Ver Gráfico 01-02).

Gráfico V - 01: Coeficientes de reducción en eje X

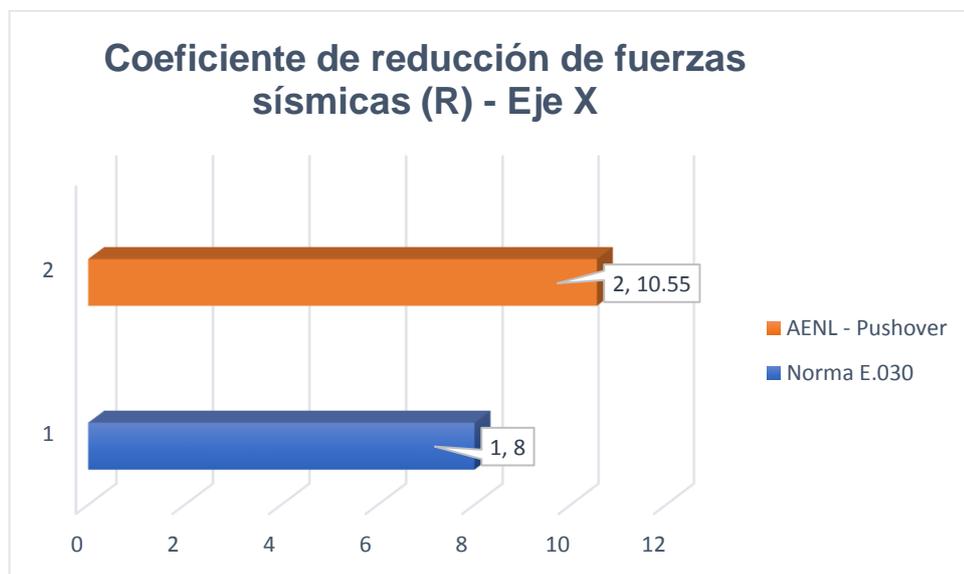
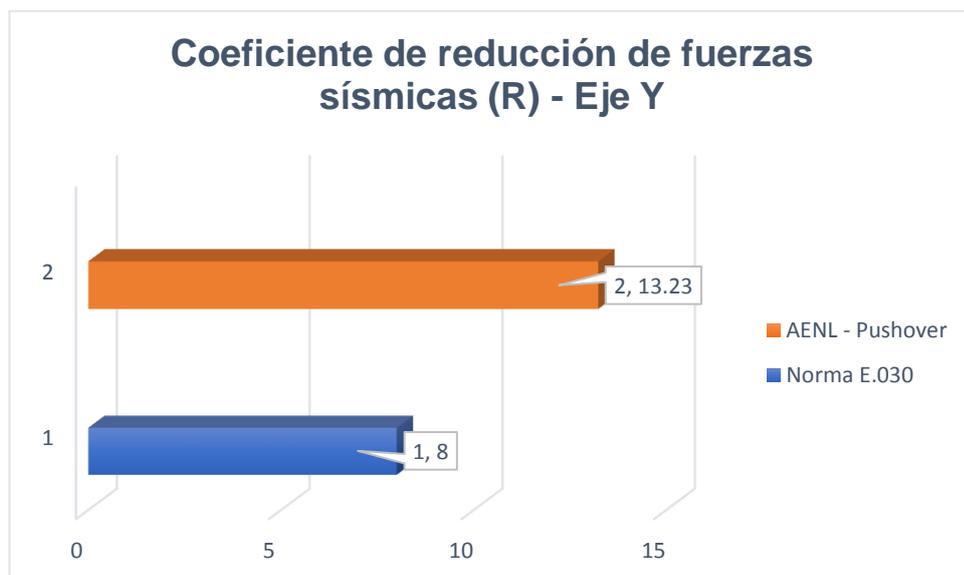


Gráfico V - 02: Coeficientes de reducción en eje Y



Con lo descrito anteriormente se sabe que los coeficientes obtenidos son mayores al coeficiente de la norma E.030 que es igual a 8 por tratarse de una estructura regular en planta y en altura en ambos ejes. Por lo tanto concluimos que dado que los coeficientes obtenidos en la zona no lineal de la estructura son mayores al de la norma E.030 esto está muy bien ya que está siendo conservadora, lo que no hubiera sido aceptado es que los resultados de R con el análisis estático no lineal sean menores, por lo que estaríamos hablando de configuración estructural por motivo que el R se ve incluido en la cortante basal y esta influye en el diseño sísmico estructural.

2. De acuerdo con el primer objetivo específico planteado para esta investigación: Obtener la sobrerresistencia que tiene la estructura aporticada con el análisis estático no lineal de la estructura en estudio. La sobrerresistencia de la estructura aporticada en el eje X = 1.54, es obtenida a partir de la fuerza cortante de fluencia 166.17 T y la fuerza cortante cedencia igual a 107.6 T. Por lo tanto, concluimos que analizando la estructura con el Análisis Estático No lineal sabemos que se necesita una fuerza cortante mínima de 107.6 T para que la estructura pase a un estado inelástico en el eje X. La sobrerresistencia de la estructura aporticada en el eje Y = 1.91, es obtenida a partir de la fuerza cortante de fluencia 256 T y la fuerza cortante de cedencia igual a 133.71 T. Por lo tanto, concluimos que analizando la estructura con el Análisis Estático No lineal sabemos que se necesita una fuerza cortante mínima de 133.71 T para que la estructura pase a un estado inelástico en el eje Y.

3. De acuerdo con el segundo objetivo específico planteado para esta investigación: Obtener la ductilidad que tiene la estructura aporticada con el análisis estático no lineal de la estructura en estudio. La ductilidad de la estructura aporticada en el eje X = 6.83, es obtenida a partir del desplazamiento de fluencia 1.55 cm y el desplazamiento de cedencia igual a 10.59 cm. Por tanto, concluimos que analizando la estructura con el Análisis Estático No lineal sabemos que la estructura pasa al estado inelástico con un desplazamiento mínimo de 1.5 cm en el eje X.

La ductilidad de la estructura aporticada en el eje Y = 6.91, es obtenida a partir del desplazamiento de fluencia 1.77 cm y el desplazamiento de cedencia igual a 12.24 cm. Por lo tanto, concluimos que analizando la estructura con el Análisis Estático No lineal sabemos que la estructura pasa al estado inelástico con un desplazamiento mínimo de 1.77 cm en el eje Y.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar la metodología del análisis estático no lineal - Pushover para estructuras de niveles superiores a cuatro pisos y comparar los resultados de los coeficientes de reducción de fuerza sísmica  $R$  con la curva de capacidad que se obtiene a partir del Pushover.
- Se recomienda hacer el mismo estudio, pero para otro tipo de categoría de edificación, ya sea esencial como por ejemplo una posta médica o importante como por ejemplo un centro comercial; con las solicitaciones que brinda la norma E.030 y aplicando la metodología del Análisis Estático No Lineal - Pushover.
- En base a la investigación realizada para evaluar el coeficiente de reducción de fuerza sísmica ( $R$ ) se recomienda hacer el modelamiento estructural con otro tipo de programas estructurales que estén al alcance tal como el programa computacional SAP 2000, para así tomar los valores finales del coeficiente ( $R$ ).
- De acuerdo con resultados de los coeficientes de reducción de fuerzas sísmicas obtenidos para un sistema estructural aporticado con la metodología Pushover se recomienda realizar investigaciones posteriores con distintos sistemas estructurales de concreto armado ya sea dual, de muros estructurales o de muros de ductilidad limitada y así obtener la comprobación de los coeficientes de reducción de fuerza sísmica para cada caso.
- Por otro lado, para futuras investigaciones se recomienda evaluar el coeficiente de reducción de fuerza sísmica, para estructuras irregulares, debido a que si se tiene alguna estructura con algún tipo de irregularidad estructural en planta o en altura estas irregularidades influyen en el valor del coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas, las fuerzas cortantes aumentan y por ende el diseño estructural tendría más demanda.
- Se recomienda incursionar en el análisis por desempeño con la metodología Tiempo – Historia, pues esta metodología requiere utilizar registros sísmicos reales, que hacen que la estructura llegue a un desempeño más real.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDREAS, Prypchan. 2016. Sismo. Venezuela: Universidad Nacional Experimental Politécnica De La Fuerza Armada Bolivariana, Núcleo Caracas.
- ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles). 2003.
- ATC - 40 (Consejo de Tecnología Aplicada). 1996.
- AGUIAR, Roberto. 2003. Análisis sísmico por desempeño. Primera. Quito: ISBN- 9978-43-192-6
- BLANCO, Antonio. 1997. Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. Lima: Capitulo de Ingeniería Civil, 1997.
- BORJA, Manuel. 2012. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo: s.n., 2012.
- (CSI)., Computers & Structures Inc. ETABS. Programa computacional. 2016.
- COLLADO. 2015. Metodología de la investigación. México: s.n., 2015.
- CORTES, Manuel y IGLESIAS, Miriam. 2004. Generalidades sobre Metodología de la Investigación. México: Universidad Autónoma del Carmen, 2004. ISBN: 968-6624-87-2.
- DELGADILLO, Julio. 2005. Análisis no lineal estático de estructuras y la norma E-030. Lima: s.n., 2005.
- DELGADO, Genaro 2011. Diseño de estructuras aporricadas de concreto armado. Lima: s.n. 2011.
- Diario el comercio, 2018. Infografía del día: los sismos más fuertes registrados en Perú el 2017. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/peru/infografia-dia-sismos-fuertes-registrados-peru-2017-443366>
- GUEVARA, OSORIO y VARGAS. 2006. "Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitecturas, utilizando análisis estático no lineal (Pushover). El Salvador: s.n., 2006.

- GALVEZ, Adolfo. 2008. “Propuesta del factor de reducción de fuerza sísmica para sistemas estructurales en concreto armado con muros reforzados por barras dúctiles y mallas electrosoldadas”. Informe de investigación.
- GUTIERREZ, A. 2015. Recopilación. Notas sobre el MÉTODO DE ANÁLISIS NO LINEAL (Pushover).
- HERNANDEZ, Roberto y Otros. 2014. Metodología de la investigación. México: ISBN: 978-607-15-0291-9, 2014.
- LLANO, Alex. 2015. “Diseño estructural de una edificación de seis pisos mediante un análisis lineal controlado por derivas inelásticas y una comprobación con un análisis estático no lineal, aplicando la técnica de pushover”. Quito: s.n., 2015.
- LOZADA, José. 2014. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica, 2014.
- MOSCOSO, Edison. 2017. Curso Estructuración, Análisis y Diseño estructural de edificio de concreto armado según RNE. Lima: Agosto, 2017.
- Norma E.030 Diseño Sismorresistente. 2016. Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú: Lima. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- OLIVA, Jorge. 2017. “Curvas de capacidad y fragilidad estructural de tipologías comúnmente usadas en El Salvador”.
- OTAZZI, Gianfranco. 2014. Apuntes del curso Análisis Estructural I. Pontificia Universidad Católica, Facultad de Ciencias e Ingenierías, 2014.
- PADILLA, Gonzalo. 2010. “Propuesta para considerar la irregularidad estructural en la resistencia lateral de las estructuras en el Perú”. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- PAREDES, Miguel. 2016. Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover. Lima: s.n., 2016.

- RAMÍREZ, J. y SANCHEZ, J. 2015. “Comportamiento estructural de edificaciones medianas irregulares de sistema dual, aplicando la norma E.030 del 2006 y el proyecto de norma 2014 en Lima Metropolitana”.
- PIQUÉ, J.; SCARLETTI, H. 1990-1991. Análisis Sísmico De Edificios. Lima: Capitulo de Ingeniería Civil, 1990-1991.
- PIQUÉ, Javier. Notas Introdutorias. Ingeniería Antisísmica, Ingeniería Sismorresistente.
- PURCA, Ronald. 2015. Resumen: ATC-40 Cap. 8 Procedimiento De Análisis Estático No Lineal. Lima: s.n., 2015.
- SEAOC (Asociación de Ingenieros Estructurales de California). 1995
- SEMINARIO Análisis Estático No Lineal Pushover y Desempeño Estructural (Videgrabación) Dirigido por Ing. Bondarenko - INSTITUTO CCIP. Lima: febrero, 2018.
- SEAOC - VISION 2000. Performance – base Earthquake Engineering.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. Derivas de entrepisos

*Tabla VIII - 01: Derivas de entrepisos*

<b>Piso</b>	<b>Caso de carga / Combinación</b>	<b>Dirección</b>	<b>Derivas</b>
Story4	SX	X	0.000434
Story3	SX	X	0.000767
Story2	SX	X	0.001095
Story1	SX	X	0.001438
Story4	SY	Y	0.000316
Story3	SY	Y	0.00058
Story2	SY	Y	0.000841
Story1	SY	Y	0.001258

*Fuente: Programa Computacional ETABS*

## 8.2. Índice de periodo y frecuencia modal

Tabla VIII - 02: Periodos y frecuencias modales

Caso	Modo	Periodo	Frecuencia	Frecuencia Circular
		sec	cyc/sec	rad/sec
Modal	1	0.557	1.795	11.2757
Modal	2	0.512	1.953	12.2728
Modal	3	0.488	2.05	12.8821
Modal	4	0.161	6.219	39.0765
Modal	5	0.147	6.812	42.7986
Modal	6	0.141	7.098	44.5999
Modal	7	0.082	12.24	76.9085
Modal	8	0.076	13.091	82.2518
Modal	9	0.073	13.703	86.097
Modal	10	0.052	19.121	120.1388
Modal	11	0.051	19.683	123.6692
Modal	12	0.048	20.986	131.8606

Fuente: Programa Computacional ETABS

### 8.3. Índice de participación modal de masa

Tabla VIII - 03: Índice de participación modal de masa

Caso	Modo	Periodo	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec						
Modal	1	0.557	0.9473	0	0	0.9473	0	0
Modal	2	0.512	0	0.9578	0	0.9473	0.9578	0
Modal	3	0.488	0	0	0	0.9473	0.9578	0
Modal	4	0.161	0.0456	0	0	0.9929	0.9578	0
Modal	5	0.147	0	0.0371	0	0.9929	0.9948	0
Modal	6	0.141	0	0	0	0.9929	0.9948	0
Modal	7	0.082	0.0062	0	0	0.9991	0.9948	0
Modal	8	0.076	0	0.0045	0	0.9991	0.9993	0
Modal	9	0.073	0	0	0	0.9991	0.9993	0
Modal	10	0.052	0.0009	0	0	1	0.9993	0
Modal	11	0.051	0	0.0007	0	1	1	0
Modal	12	0.048	0	0	0	1	1	0

Fuente: Programa Computacional ETABS|

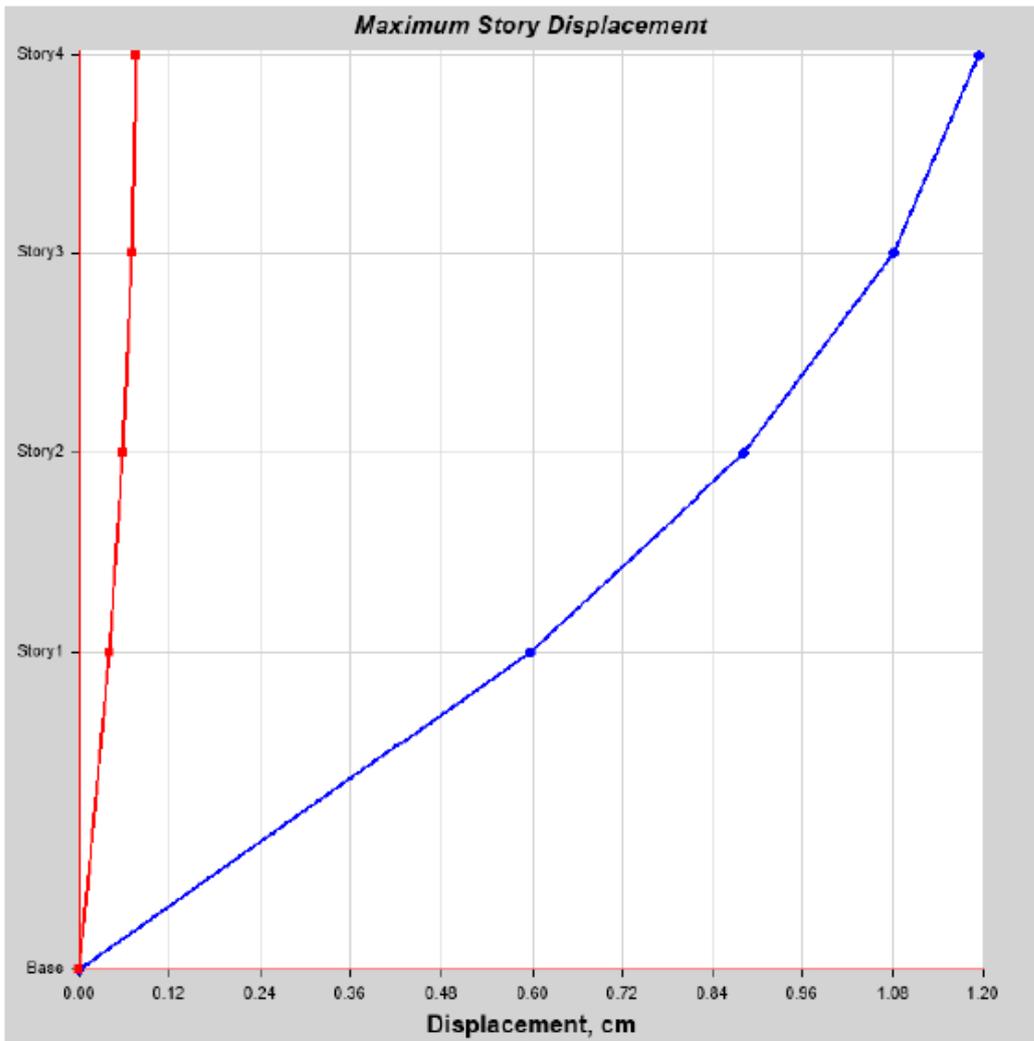
### 8.4. Desplazamientos máximos en el eje X

Tabla VIII - 04: Desplazamientos máximos en el eje X

Piso	Elevación	X-Dir	Y-Dir
	cm	cm	cm
Story4	1195	1.1937	0.0758
Story3	935	1.081	0.0691
Story2	675	0.8815	0.057
Story1	415	0.5969	0.0393
Base	0	0	0

Fuente: Programa Computacional ETABS

Figura VIII - 01: Desplazamientos máximos en el eje X



Fuente: Programa Computacional ETABS

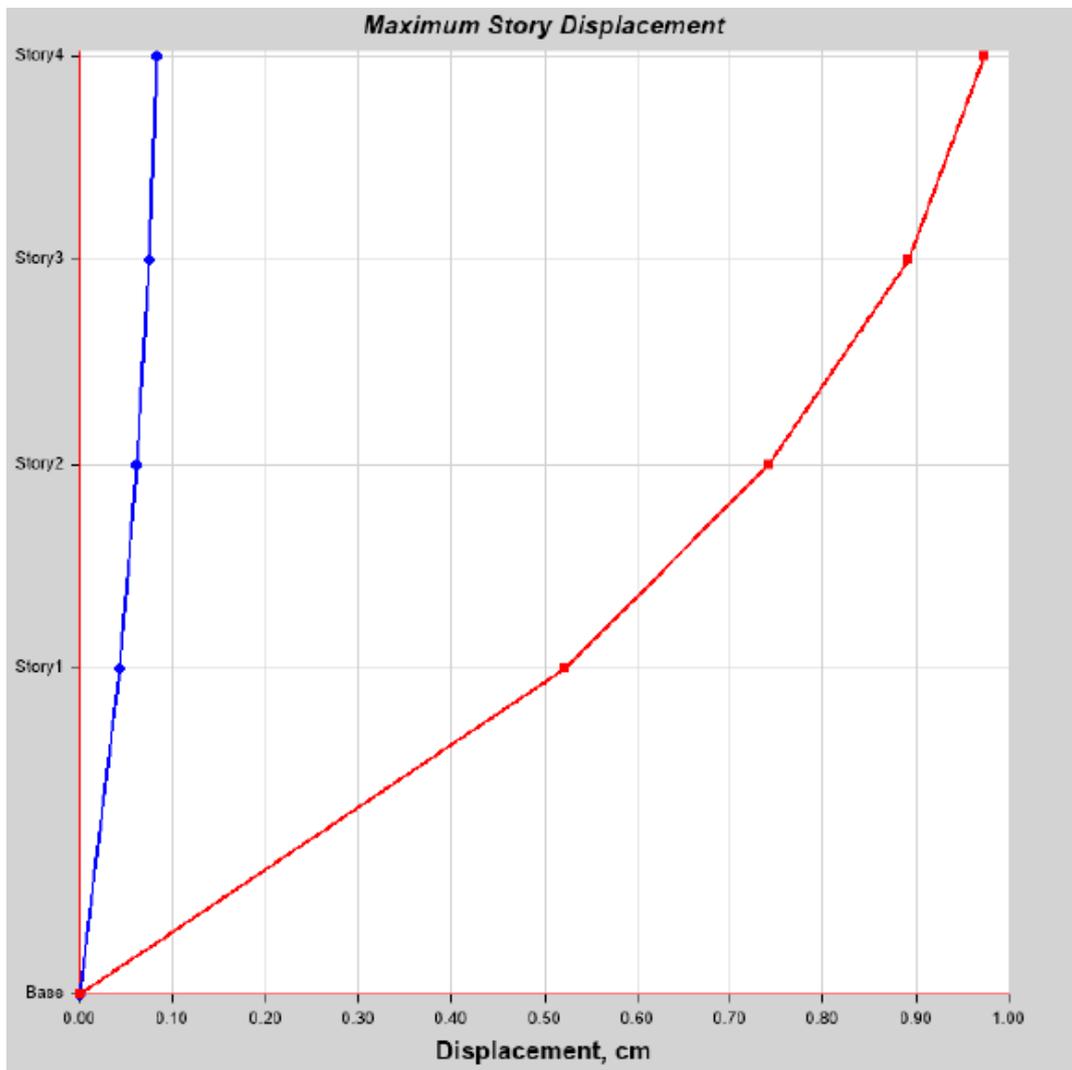
### 8.5. Desplazamientos máximos en el eje Y

Tabla VIII - 05: Desplazamientos máximos en el eje Y

Piso	Elevación	X-Dir	Y-Dir
	cm	cm	cm
Story4	1195	0.0823	0.9741
Story3	935	0.0751	0.8919
Story2	675	0.0619	0.741
Story1	415	0.0428	0.5223
Base	0	0	0

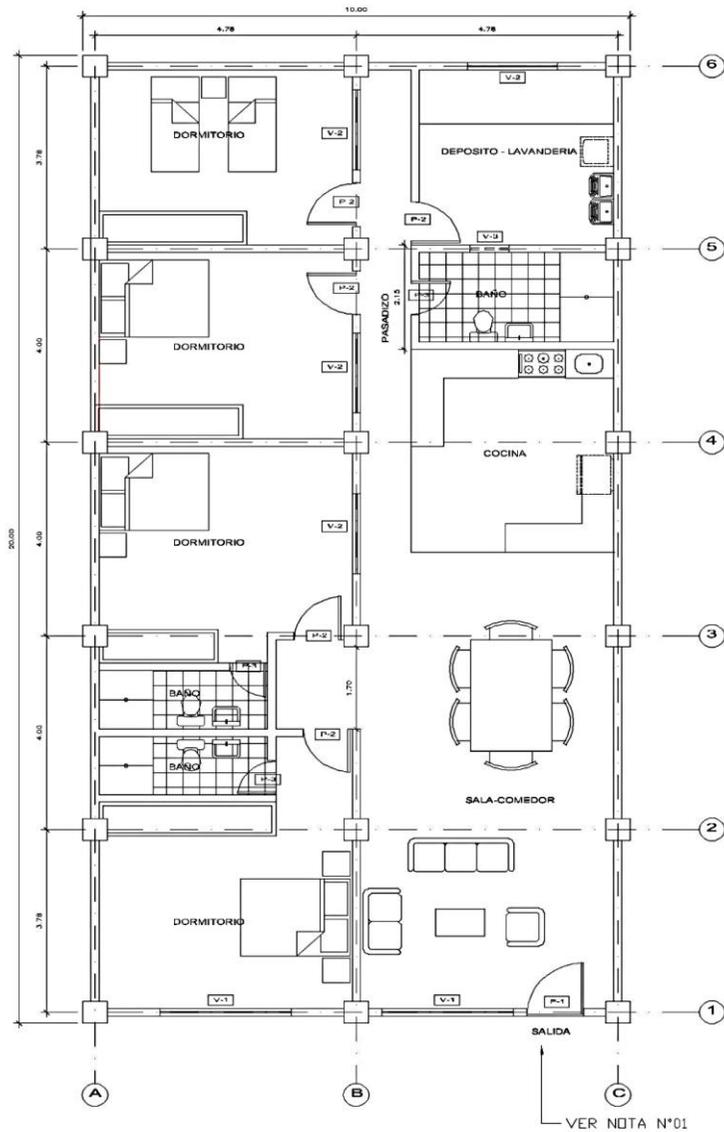
Fuente: Programa Computacional ETABS

Figura VIII - 02: Desplazamientos máximos en el eje Y



Fuente: Programa Computacional ETABS

## 8.6. Plano de arquitectura del proyecto



**Planta Piso Típico**  
Escala: 1/50

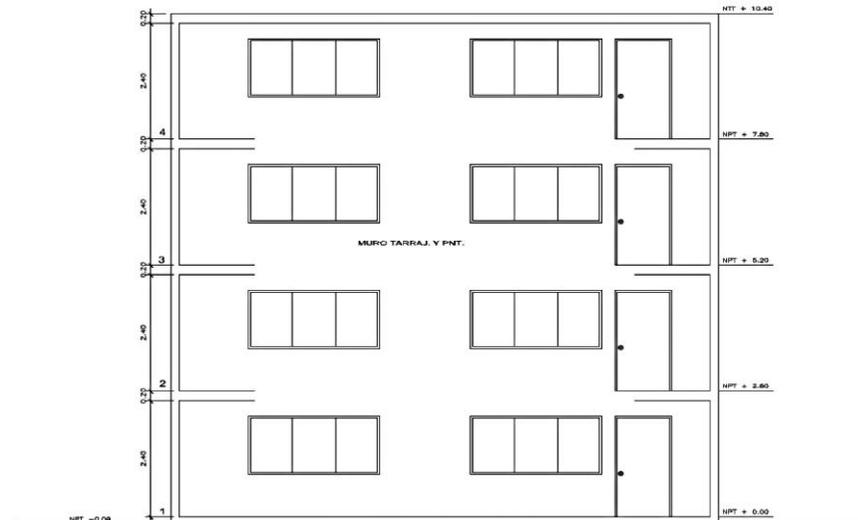
**CUADRO DE VANOS - PUERTAS**

TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	OBSERVACIONES
P1	1.00	2.00	-	
P2	0.90	2.00	-	
P3	0.70	2.00	-	

**CUADRO DE VANOS - VENTANAS**

TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	OBSERVACIONES
V1	2.10	1.20	0.87	
V2	1.51	1.20	0.87	
V3	0.72	0.10	2.20	

**NOTA N°01**  
SALIDA A ESCALERA PARA LOS PISO 2, 3 Y 4  
INDEPENDIENTE DE LA ESTRUCTURA PRESENTADA



**Elevación Principal**  
Escala: 1/50

PROYECTANTE: <b>CONSTANTINO RAMIREZ FARFAN</b>			
PLANO: <b>ARQUITECTURA</b>	UBICACION: AV. JOHN F. KENNEDY 136 DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES	LAMINA: <b>A-01</b>	
PLANTAS 1, 2, 3 Y 4° PISO	ESCALA: 1:50	FECHA: JUNIO 2018	CAD.: G.E.A.R.
REVISADO: GABRIELA ESTEFANI AYLA RAMIREZ	PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR		

### 8.7. Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Variable I: ESTRUCTURA APORTICADA			Metodología de la investigación	
		Dimensiones	Indicadores	Instrumentos		
¿Cuál es el coeficiente de reducción (R) de una estructura aporticada con el Análisis Estático no lineal, San Martin de Porres, Lima - 2018?	Evaluar el coeficiente de reducción ( R ) de una estructura aporticada con el Análisis Estático no lineal, San Martin de Porres, Lima - 2018	Losa	Dimensiones	Plantillas Excel	<b>Diseño:</b> No experimental	
			Concreto			
			Acero			
		Vigas	Dimensiones			
			Concreto			
			Acero			
		Columnas	Dimensiones			
			Concreto			
			Acero			
<b>Problema Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variable D: COEFICIENTE DE REDUCCIÓN (R)</b>			<b>Tipo:</b> Aplicada	
¿Cuál es la sobrerresistencia aplicada a la estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martin de Porres, Lima 2018?	Determinar la sobrerresistencia aplicada a la estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martin de Porres, Lima - 2018	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>		<b>Nivel:</b> Explicativo
		Sobrerresistencia	Fuerzas	Análisis estático no lineal		
¿Cuál es la ductilidad de la estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martin de Porres, Lima 2018?	Determinar la ductilidad de la estructura estructura aporticada con el análisis estático no lineal, San Martin de Porres, Lima 2018	Ductilidad	Desplazamientos		<b>Muestra:</b> Edificación de Concreto armado con sistema estructural aporticado	

## 8.8. Procedimientos para determinar la capacidad

Figura VIII - 3 Determinación de capacidad

### SEISMIC EVALUATION AND RETROFIT OF CONCRETE BUILDINGS

دفع الشدح pushover analysis

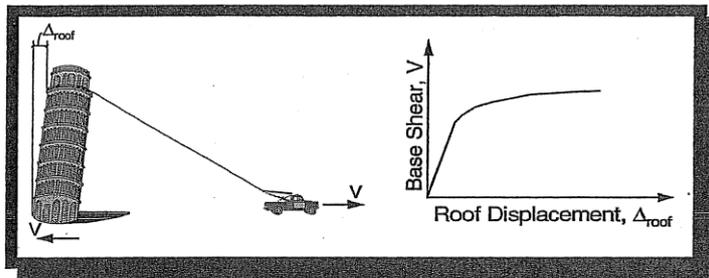
estimate of the maximum expected response of the building during the ground motion.

**Performance:** Once a capacity curve and demand displacement are defined, a performance check can be done. A performance check verifies that structural and nonstructural components are not damaged beyond the acceptable limits of the performance objective for the forces and displacements implied by the displacement demand.

The next three subsections provide step by step procedures for determining capacity, demand and performance using the capacity spectrum method and the displacement coefficient method. Except for the procedures used to determine the demand displacement, these methods are quite similar.

#### 8.2.1 Step By Step Procedures To Determine Capacity

Structure capacity is represented by a pushover curve. The most convenient way to plot the force-displacement curve is by tracking the base shear and the roof displacement.



Some nonlinear computer programs (e.g., DRAIN-2DX (Powell et. al. 1992)) are able to perform a pushover analysis directly, with no iteration required. The step by step method below does not apply if such programs are used. When a linear computer program (e.g., ETABS (CSI 1995), SAP90 (CSI 1992), RISA (RISA 1993)) is

used, the following procedure can be used to construct a pushover curve:

**Commentary:** The capacity curve is generally constructed to represent the first mode response of the structure based on the assumption that the fundamental mode of vibration is the predominant response of the structure. This is generally valid for buildings with fundamental periods of vibration up to about one second. For more flexible buildings with a fundamental period greater than one second, the analyst should consider addressing higher mode effects in the analysis.

1. Create a computer model of the structure following the modeling rules in Chapter 9, and if the foundation is modeled, following the foundation modeling rules in Chapter 10.
2. Classify each element in the model as either primary or secondary, as defined in Chapter 9.
3. Apply lateral story forces to the structure in proportion to the product of the mass and fundamental mode shape. This analysis should also include gravity loads.

**Commentary:** The pushover procedure has been presented in various forms for use in a variety of methodologies (e.g., Seneviratna and Krawinkler 1994, Moehle 1992). As the name implies, it is the process of pushing horizontally, with a prescribed loading pattern, incrementally, until the structure reaches a limit state. There are several levels of

sophistication that may be used for the pushover analysis. Five examples are given below. Level 3 is prescribed as the basic method for these guidelines; however, Level 4 may be required for buildings with weak stories and Level 5 may be required for tall buildings or buildings with irregularities that cause significant participation from modes of vibration other than the fundamental mode.

## 8.9. Turnitin



### Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Gabriela Avila**  
Título del ejercicio: **TESIS1**  
Título de la entrega: **r**  
Nombre del archivo: **DPI\_FINAL\_AVILA\_RAMIREZ\_GAB...**  
Tamaño del archivo: **4.29M**  
Total páginas: **83**  
Total de palabras: **11,802**  
Total de caracteres: **65,765**  
Fecha de entrega: **30-jun-2018 04:11p.m. (UTC-0500)**  
Identificador de la entrega: **979583073**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"DECLARACIÓN DEL CONCEPTO DE RECEPCIÓN DE UNA  
INSTRUMENTACIÓN CON EL ANEXO ESTADÍSTICO  
LINEAL, SAN MARTÍN DE PORRES, LIMA, 2018"  
TRABAJO PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

AUTOR  
GABRIELA AVILA RAMIREZ

ÁREA  
INGENIERÍA CIVIL

ÁREA DE INVESTIGACIÓN  
INGENIERÍA CIVIL

2018 - 2018  
2018

Derechos de autor 2018 Turnitin. Todos los derechos reservados.

r

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://ri.ues.edu.sv">ri.ues.edu.sv</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://www.adgavi.net">www.adgavi.net</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Carlos Test Account Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad de San Martín de Porres Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="http://www.construaprende.com">www.construaprende.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Hong Kong University of Science and Technology Trabajo del estudiante	1%

9	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
10	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
11	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
12	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
13	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
14	<a href="http://civilgeeks.com">civilgeeks.com</a> Fuente de Internet	<1%
15	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
16	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
17	<a href="http://www.alacero.org">www.alacero.org</a> Fuente de Internet	<1%
18	<a href="http://cip.org.pe">cip.org.pe</a> Fuente de Internet	<1%
19	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1%

20	<a href="https://myslide.es">myslide.es</a> Fuente de Internet	<1%
21	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1%
22	<a href="https://cites.unia.es">cites.unia.es</a> Fuente de Internet	<1%
23	<a href="https://ulo-de-tiemposlideshare.net">ulo-de-tiemposlideshare.net</a> Fuente de Internet	<1%
24	<a href="http://www3.vivienda.gob.pe">www3.vivienda.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
25	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
26	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1%
27	<a href="http://www.scg.org.co">www.scg.org.co</a> Fuente de Internet	<1%
28	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
29	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%
30	Submitted to An-Najah National University	

	Trabajo del estudiante	<1%
31	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Fuente de Internet	<1%
32	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1%
33	Submitted to Universidad Dr. José Matías Delgado Trabajo del estudiante	<1%
34	<a href="http://repositorio.uwiener.edu.pe">repositorio.uwiener.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
35	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
36	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	<1%
37	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1%
38	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1%
39	<a href="http://www.asesor.com.pe">www.asesor.com.pe</a> Fuente de Internet	<1%
40	<a href="http://futur.upc.edu">futur.upc.edu</a> Fuente de Internet	<1%

<b>41</b>	<a href="https://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
<b>42</b>	<a href="https://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1%
<b>43</b>	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%
<b>44</b>	Submitted to Universidad de San Martín de Porres Trabajo del estudiante	<1%
<b>45</b>	Submitted to Universidad Católica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1%
<b>46</b>	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1%
<b>47</b>	<a href="https://ged1.capes.gov.br">ged1.capes.gov.br</a> Fuente de Internet	<1%
<b>48</b>	<a href="https://theses.vet-alfort.fr">theses.vet-alfort.fr</a> Fuente de Internet	<1%
<b>49</b>	<a href="https://repositorio.unajma.edu.pe">repositorio.unajma.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
<b>50</b>	<a href="https://www.inei.gob.pe">www.inei.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
	<a href="https://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a>	

51	Fuente de Internet	<1%
52	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
53	www.tesis.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
54	www.sputtr.com Fuente de Internet	<1%
55	www.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
56	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
57	repositorio.uch.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Apegado

Excluir coincidencias

± 10 words

Excluir bibliografía

Apegado



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

AVILA RAMIREZ, GABRIELA ESTEFANI

TITULADO:

EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN (R) DE UNA ESTRUCTURA ARBÓREA CON EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL, SAN MARTÍN DE PORRES, LIMA - 2018.

PARA OBTENER EL BACHILLER O TÍTULO DE:

INGENIERO (A) CIVIL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 07 DE JULIO DEL 2018

NOTA O MENCIÓN : 17 (DIECISIETE)

ING. FELIMÓN CÓRDOVA SALCEDO  
COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

*Avila Ramirez Gabriela Estefani*  
D.N.I. : *70812073*  
Domicilio : *Av. John F. Kennedy 136 Urb. Valdivieso*  
Teléfono : Fijo : Móvil : *972819615*  
E-mail : *gabri080995@hotmail.com*

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : *Ingeniería*  
Escuela : *Ingeniería Civil*  
Carrera : *Ingeniería Civil*  
Título : *Ingeniera Civil*

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

*Avila Ramirez Gabriela Estefani*

Título de la tesis:

*"Evaluación del coeficiente de Reducción (R) de una estructura aportada con el Análisis Estático No Lineal, San Martín de Porres, Lima- 2018."*

Año de publicación : *2018*

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : 

Fecha : *02-11-2018*

Yo, Rodolfo Ricardo Marquina Callacna, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo - Lima Norte, revisor de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN (R) DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA CON EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL, SAN MARTÍN DE PORRES, LIMA - 2018", de la estudiante Gabriela Estefani Avila Ramirez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

La suscrita analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 30 de junio del 2018



Firma

Mg. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna

DNI: .....10550437

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Feedback Studio - Google Chrome  
 https://ev.turmin.com/ipy/caba/es/?a=107109554&ba=1&ba=1081190586&lang=es

feedback studio

Evaluación del coeficiente de reducción (R) de una estructura aportada con el análisis estático no lineal, San Martín de Porres, Lima - 2018



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"Evaluación del coeficiente de reducción (R) de una estructura aportada con el análisis estático no lineal, San Martín de Porres, Lima - 2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**  
 AVILA RAMIREZ, GABRIELA ESTEFANI

**ASESOR**  
 MG. ING. MARQUINA CALLACNA, RODOLFO RICARDO

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**  
 DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

**LIMA - PERÚ**  
 2018



Resumen de coincidencias

Se están viendo fuertes enlaces

Ver fuertes en inglés (Beta)

19

19 %

Conocimientos

1	Entregado a Escuela P...	1 %
2	Entregado a Carlos Tes...	1 %
3	repositorio lamolina ed...	1 %
4	Entregado a Universida...	1 %
5	Entregado a Universida...	1 %
6	repositorio unasmam ad...	1 %
7	www.adgwinet	1 %
8	biological.epn.edu.ec	1 %
9	www.vivencia.gob.pe	1 %
10	www.constituprende.c...	1 %
11	www.ide.ec	1 %

Trat only Report High Resolution

Página: 1 de 98 Número de palabras: 12747

04:53 p.m. 2/11/2018