

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL,
VIVIENDA-COMERCIO MIURA GRILL, CHICLAYO.**

**EVALUATION OF SEISMIC PERFORMANCE THROUGH NON-LINEAR STATIC ANALYSIS,
HOUSING-COMMERCE MIURA GRILL, CHICLAYO**

Geremias Vega Fernández¹
Sócrates Pedro Muñoz Pérez²

Fecha de recepción: 26 /11/2019

Fecha de aprobación: 09 /12/2019

DOI: <https://doi.org/10.26495/rikti.1906.29306>



Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo Evaluar el desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda-comercio miura grill, Chiclayo, el cual consiste en realizar un análisis estático no lineal (Pushover) a la estructura de concreto armado, con la aplicación de la norma FEMA 356 (Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. American Society of Civil Engineers) y el ATC 40 (Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. California Seismic Safety Commission. California). Con la aplicación del software etabs se generó el modelo analítico de la estructura y se definió las propiedades no lineales, luego se procedió a realizar el análisis estático no lineal “pushover”, obteniendo como resultado la curva de capacidad y la formación de las rotulas plásticas en toda la estructura. De acuerdo al analisis de fuerzas estaticas equivalentes y el analisis dinámico modal espectral se determinó que la estructura no cumple con las derivas permitidas por la norma E.030 diseño sismorresistente. Se demuestra a través del analisis estatico no lineal que la estructura ya colapso para un sismo según el espectro de la norma E.030 diseño sismorresistente.

Palabras clave: análisis estático no lineal, curva de capacidad, desempeño sísmico, espectro de capacidad.

Abstract

The purpose of this research work is to evaluate the seismic performance through static nonlinear analysis, housing-commerce miura grill, Chiclayo, which consists of performing a non-linear static analysis (Pushover) to the reinforced concrete structure, with the application of FEMA 356 (Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. American Society of Civil Engineers) and ATC 40 (Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. California Seismic Safety Commission. California). With the application of the etabs software, the analytical model of the structure was generated and the non-linear properties were defined, then the non-linear static “pushover” analysis was carried out, resulting in the capacity curve and the formation of the plastic labels in the whole structure. According to the analysis of equivalent static forces and the dynamic modal spectral analysis, it was determined that the structure does not comply with the drifts allowed by the E.030 seismic-resistant design standard. It is demonstrated through the non-linear static analysis that the structure already collapses for an earthquake according to the spectrum of the E.030 seismic-resistant design.

Keywords: nonlinear static analysis, capacity curve, seismic performance, capacity spectrum.

¹ Estudiante de Ingeniería Civil, facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo - Universidad Señor de sipán, Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque, Perú, vfernandezg@crece.uss.edu.pe, ORCID: 0000-0002-2804-510X,

² Docente de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán, Distrito de Pimente, Provincia de Ciclayo, Región de Lambayeque, Perú, msocrates@crece.uss.edu.pe, ORCID: [0000-0003-3182-8735](https://orcid.org/0000-0003-3182-8735).

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Alvarado (como se cito en Veras, 2016) dice que República Dominicana tiene un registro sísmico importante, pero, debido al silencio sísmico, la población cree ser un país asísmico, cuando la realidad es diferente, según el anuncio de Castro (2011), el ministro de ese entonces, Jean –Max Bellerive, informo acerca de los daños ocurridos por el sismo en el 2010, donde 316,000 personas perdieron la vida, más de un millón y medio perdieron sus viviendas y 350,000 heridos, este tipo de acontecimiento es registrado como uno de los desastres más peligrosos de la historia. Sin embargo, debido a la importancia de este suceso, en la República Dominicana no se registró deterioros considerables, no hubo pérdidas de vidas humanas ni fallas estructurales, por consiguiente la población cree estar segura, de manera que los especialistas están preocupados, acerca de la preparación adecuada por parte de la población, especialmente en la aplicación de las normas de diseño por sismo y en el control de procesos constructivos, esto implica que las estructuras no están siendo evaluadas en la actualidad. (p.1).

Pique del Pozo (como se cito en Paredes, 2016) dice que todas las estructuras que esten sometidas a sismos de gran magnitud, se deben diseñar para prevenir el colapso y no para prevenir daños estructurales, sin embargo este tema no esta debidamente especificado en los procedimientos de diseño, por lo que representa aun los temas mas fragiles de la ingenieria sismorresistente, por otro lado indica que la metodologia de diseño en la actualidad esta fundamentado en diseños de un solo nivel de intensidad. El diseño en el estado limite del sismo no es revisado o calibrado ante solitaciones del sismo por lo que no garantiza la respuesta real de la estructura en estas condiciones. (p.36)

Según lo citado, indica que los diseños sismorresistentes que se están realizando en la actualidad, no garantizan los niveles de comportamiento real de las estructuras, por lo que se sugiere a los profesionales evaluar los proyectos que se encuentran en nivel de estudios y a los que se encuentren ejecutados, mediante el AENL, complementado el estudio con las metodologías proporcionadas por las entidades: FEMA 356, SEAOC, ATC-40.

Huaman (2016) en su investigación afirma que una gran cantidad de las edificaciones actualmente se diseñan de concreto armado y no cumplen las normativas vigentes, así mismo especifica que las estructuras se diseñan para comportarse elásticamente y no se evalúan para predecir el comportamiento real de la edificación en el rango inelástico, es decir hasta el nivel del colapso, de manea que trata de dar a entender que las estructuras en general se deben diseñar para predecir un comportamiento real, aplicando métodos avanzados de ingeniería, definiendo niveles óptimos de desempeño para eventos sísmicos de determinada intensidad. (p.14-15)

Las constantes construcciones informales que se vienen ejecutando en la ciudad de Chiclayo, es un problema muy significativo, debido a que se ejecuta sin supervisión técnica y el peor de los casos no se diseñan estructuralmente, esto se da por lo que la población no ha experimentado eventos sísmicos de gran magnitud, por lo cual la población cree ser que la ciudad es una zona asísmica, esto preocupa a todos los investigadores y especialistas, debido a que la población no está preparada, con la presente investigación se requiere evaluar el desempeño sísmico de la vivienda – comercio Miura Grill, y que sirva como guía para futuras investigaciones que es muy importante que se sigan realizando tanto en las edificaciones existentes como las proyectadas .

1.2. Antecedentes de estudio

Duarte, Martinez y Santamaria (2017) en su tesis “Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la Universidad de el Salvador”; en su objetivo indica que a través del AENL evaluara el comportamiento y su funcionalidad estructural del edificio mencionado líneas arriba, así mismo describe que es importante conocer la capacidad de la estructura en el cual fue construido y diseñado a fin de obtener el desempeño ante un evento sísmico de determinada intensidad, para ello realizó los estudios preliminares necesarios para el desarrollo del método de AENL y luego afirmó si la estructura cumple con los objetivos propuestos por las normas FEMA 356 Y ATC-40, luego se aplicó el software Sap2000 y siguiendo las reglas del ATC-40, llegó a la conclusión que “con un desplazamiento de 10.94 cm y una fuerza cortante de 2258.87 tn la estructura se encuentra en seguridad de vida”.(p.191)

Barboza (2018) en su tesis “Desempeño sísmico del edificio ángel divino ubicado en la ciudad de Chota, provincia de Chota, Región Cajamarca”; en su objetivo dice que a través del AENL evaluara el desempeño de la estructura de 12 niveles y llega a la conclusión que ante un sismo raro la edificación se encuentra en prevención al colapso el cual no cumple con los objetivos propuestos por la norma ATC-40.(p.7 y 112)

En su tesis sobre desempeño sísmico se utilizó el método de AENL y aplicando el software estructural ETABS determinó la curva de capacidad, aplicando la norma ATC-40 obtuvo el desempeño sísmico, indicando que las estructuras no cumplen los objetivos previstos, es importante recalcar que las estructuras proyectadas y existentes en la actualidad se deben evaluar para evitar el colapso y no para evitar daños estructurales, esto debido a que el país posee ciudades altamente sísmicas tal y como lo especifica el mapa de demarcación sísmica especificado en la norma E.030.

Bravo & Montenegro (2018) en su tesis “Evaluación del desempeño sísmico de los bloques b y c del conjunto multifamiliar colibrí ubicado en la ciudad de Chiclayo”; en su objetivo indica que se evaluara los bloques con la finalidad de obtener el nivel de comportamiento ante la ocurrencia de eventos sísmicos y luego llega a concluir que las estructuras no cumplen los objetivos de desempeño propuestos por las normas ATC-40 Y FEMA 356. (p.28-198)

Para realizar esta investigación sobre evaluar el comportamiento sísmico, se tomó en cuenta la norma ATC-40 y el FEMA-356, previamente a ello se tiene que realizar un AENL utilizando el método computacional Etabs, a fin de obtener la curva de capacidad y luego obtener el desempeño real de las estructuras, es necesario mencionar que para realizar un análisis por desempeño sísmico no es necesario que la estructura este construida, de lo contrario se debe analizar en la etapa de diseño, con la finalidad de evitar gastos innecesarios como reforzamientos estructurales.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de desempeño sísmico de la vivienda-comercio miura grill, Chiclayo?

1.4. Justificación e importancia del estudio

1.4.1. Justificación

1.4.1.1. Justificación técnica

La investigación se justifica técnicamente porque se requiere obtener el comportamiento sísmico de la estructura ante sismos de determinadas intensidades, es decir antes de llegar al colapso, de la misma manera encontrar las rótulas plásticas, con la finalidad de tomar las precauciones para la evacuación de las personas a tiempo.

1.4.1.2. Justificación científica

Debido a que en todo momento se trabajó con métodos empíricos, matemáticos y teóricos basados en el método científico, la investigación genera conocimientos en base al AENL en el software ETABS, aportando así a la ciencia.

A fin de determinar el desempeño deseado de una estructura, el uso de la tecnología es importante debido a que se desarrolla nuevas metodologías computacionales, de manera que permite predecir el comportamiento real de las estructuras dentro del rango inelástico.

1.4.1.3. Justificación social

Con la presente investigación se busca aportar a futuros investigadores, a que sigan analizando otras edificaciones tanto existentes como proyectadas, con la finalidad de minimizar las pérdidas humanas y económicas. Así mismo esta investigación contribuye al desarrollo de nuestro país y de la institución donde nos formamos académicamente con la adquisición de nuevos conocimientos según las normas Nacionales e Internacionales.

1.4.2. Importancia

La presente tesis es importante realizarla porque genera un gran aporte en la investigación y más aún en la ingeniería estructural, debido que las edificaciones actuales usualmente se diseñan en el rango elástico a pesar de que la mayoría experimentará deformaciones inelásticas durante sismos severos, es por ello que se determinará los niveles de desempeño sísmico que alcanzará la vivienda-comercio Miura Grill ante diferentes eventos sísmicos, mediante una evaluación basada en desempeño, haciendo uso de las normas SEAOC (VISION 2000), FEMA 356 Y ATC-40, y a partir de ello si en caso lo requiera, realizar la mejor propuesta, a fin de salvaguardar la vida de los ocupantes cuando ocurra un evento sísmico.

Así mismo se afirma que la presente investigación es de suma importancia realizarla, porque servirá como base de conocimientos a futuras investigaciones y de la misma manera contribuir con el desarrollo de la Región Lambayeque y de todo el país.

1.5. Hipótesis

Seguridad de vida es el nivel de desempeño sísmico de la vivienda-comercio Miura Grill sometido al análisis estático no lineal.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda-comercio miura grill, Chiclayo

1.6.2. Objetivos específicos

Realizar el análisis de las fuerzas estáticas equivalentes.

Efectuar el análisis dinámico modal espectral.

Ejecutar el análisis estático no lineal (pushover).

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación está ubicada en el paradigma positivista, tipo de la investigación aplicada- descriptiva en modalidad propositivo.

Diseño descriptivo simple con propuesta, a continuación se detalla:

$$M \leftarrow O \dots P$$

Dónde:

M =vivienda-comercio miura grill, Chiclayo.

O=información a recoger sobre el desempeño sísmico.

P=propuesta de análisis.

2.2. Población y muestra

Población: Está conformada por todas las viviendas – comercio del cercado de Chiclayo.

Muestra: Se tomó como muestra de estudio exclusivamente la vivienda – comercio miura grill, Chiclayo, se seleccionó vía la técnica de muestreo por conveniencia.

2.3. Variables, Operacionalización

2.3.1. Variable

La investigación presenta una sola variable: evaluación del desempeño sísmico

III. RESULTADOS

3.1. Resultados

3.1.1. Fuerzas estáticas equivalentes

3.1.1.1. Fuerza cortante en la base

Tabla 1 Fuerza cortante en la base (dirección X y Y)

Parámetros	Valores	Descripción
Z	0.45	Factor de Zona 4
U	1.00	Factor de uso
S3	1.10	Factor de suelo
Tp	1.00	Factor que depende de "S"
TL	1.60	Factor que depende de "S"
hn	20.385	Altura de la edificación
CT	45	Coficiente para estimar el periodo fundamental
T	0.453	Periodo Fundamental de vibracion de la estructura
C (asumido)	2.5	Coficiente de amplificacion sismica
Rx=Ry	6	Coficiente de reduccion de las fuerzas sismicas
1°-6° Nivel (m ²)	143.46	Area Construida
f'c (Kg/cm ²)	210	Resistencia a la compresion del concreto
f'y (Kg/cm ²)	4200	Resistencia de fluencia del acero.
R	6.00	Coficiente de reduccion de las fuerzas sismicas
C/R	0.42	C/R >= 0.11 Ok
Pe (tn)	568.12	Peso de la edificación
V (tn)	111.83	Fuerza cortante en la base.

Fuente: elaboración propia

3.1.1.2. Distribución de la fuerza sísmica en altura

Tabla 2 Distribución de la fuerza sísmica en altura

Piso	hi	Pi	Pi x hi	$\alpha = \frac{P_i \times h_i}{\sum (P_i \times h_i)}$	Fi = $\alpha \times V$	Vi
6	20.39	78.0385	1,590.81	0.226	25.32	25.32
5	17.59	89.991	1,582.49	0.225	25.19	50.50
4	14.79	95.5548	1,412.78	0.201	22.48	72.99
3	11.46	98.6252	1,130.24	0.161	17.99	90.98
2	8.14	96.1864	782.48	0.111	12.45	103.43
1	4.81	109.7254	527.78	0.075	8.40	111.83

Fuente: elaboración propia

3.1.1.3. Derivas de entrepiso estáticas

Tabla 3 Derivas de entrepiso en el eje x

Piso	Desp.(m)	Desp.(cm)	$\Delta=D*3/4*R$	$\delta=\Delta I+1-\Delta I$	H (cm)	Dist.=D/H	Verificacion
6	0.0244	2.44	12.79	1.20	280.00	0.004278	0.0043<=0.007... Correcto
5	0.0221	2.21	11.59	1.59	280.00	0.005675	0.0057<=0.007... Correcto
4	0.0191	1.91	10.01	2.45	332.50	0.007376	0.0074>=0.007.... verificar
3	0.0144	1.44	7.55	2.82	332.50	0.008484	0.0085>=0.007.... verificar
2	0.0090	0.90	4.73	2.76	332.50	0.008291	0.0083>=0.007.... verificar
1	0.0038	0.38	1.98	1.98	481.00	0.004107	0.0041<=0.007... Correcto

Fuente: elaboración propia

Se observa en la tabla 6 los resultados obtenidos, según la norma E.030 diseño sismorresistente especifica que la máxima deriva es 0.007, por lo que se constata que el segundo, tercero y cuarto piso no cumple con los lineamientos establecidos en la mencionada norma, a diferencia del primer, quinto y sexto piso.

Significa que la estructura es muy flexible porque las derivas calculadas están por encima de la máxima permitida.

Tabla 4 Derivas de entrepiso en el eje y

Piso	Desp.(m)	Desp.(cm)	$\Delta=D*3/4*R$	$\delta=\Delta I+1-\Delta I$	H (cm)	Dist.=D/H	Verificacion
6	0.0110	1.10	5.79	0.28	280.00	0.001016	0.001<=0.007... Correcto
5	0.0105	1.05	5.51	0.50	280.00	0.001798	0.0018<=0.007... Correcto
4	0.0095	0.95	5.00	1.16	332.50	0.003476	0.0035<=0.007... Correcto
3	0.0073	0.73	3.85	1.45	332.50	0.004375	0.0044<=0.007... Correcto
2	0.0046	0.46	2.39	1.39	332.50	0.004172	0.0042<=0.007... Correcto
1	0.0019	0.19	1.00	1.00	481.00	0.002088	0.0021<=0.007... Correcto

Fuente: elaboración propia

3.1.2. Análisis dinámico modal espectral

3.1.2.1. Modos de vibración

Tabla 5 Resultados del análisis modal

Modos de vibración	Resultados del analisis modal			
	Periodo (s)	Porcentaje de masa participativa		
		UX	UY	RZ
1	0.553	0.5727	0.0108	0.2292
2	0.403	0.0664	0.715	0.0484
3	0.283	0.1856	0.098	0.5462
4	0.143	0.0727	0.0015	0.0438
5	0.084	0.013	0.1011	0.0056
6	0.067	0.0538	0.0145	0.0026
7	0.061	0.0025	0.0078	0.085
8	0.04	0.0056	0.0254	0.0009
9	0.036	0.015	0.0049	0.0015
10	0.031	0.0017	0.0024	0.0226
11	0.027	0.0005	0.0103	7.108E-07
12	0.023	0.0043	0.0018	0.0003
13	0.021	0.002	0.004	5.964E-06
14	0.02	0.0023	0.0004	0.0056
15	1.80E-02	5.00E-04	1.60E-03	2.70E-03
16	0.017	0.0001	0.0002	0
17	0.014	0.0004	0.0001	0.0026
18	0.012	0.0005	2.446E-05	0.0025
Porcentaje de masa acumulativa participativa		99.96 %	99.98 %	99.95 %

Fuente: elaboración propia

En la tabla 10 se observa que existe una participación de masas aproximadas al 100% en ambas direcciones.

El periodo fundamental de vibración de la estructura en la dirección X es a 0.644 segundos y en la dirección y es 0.567 segundos.

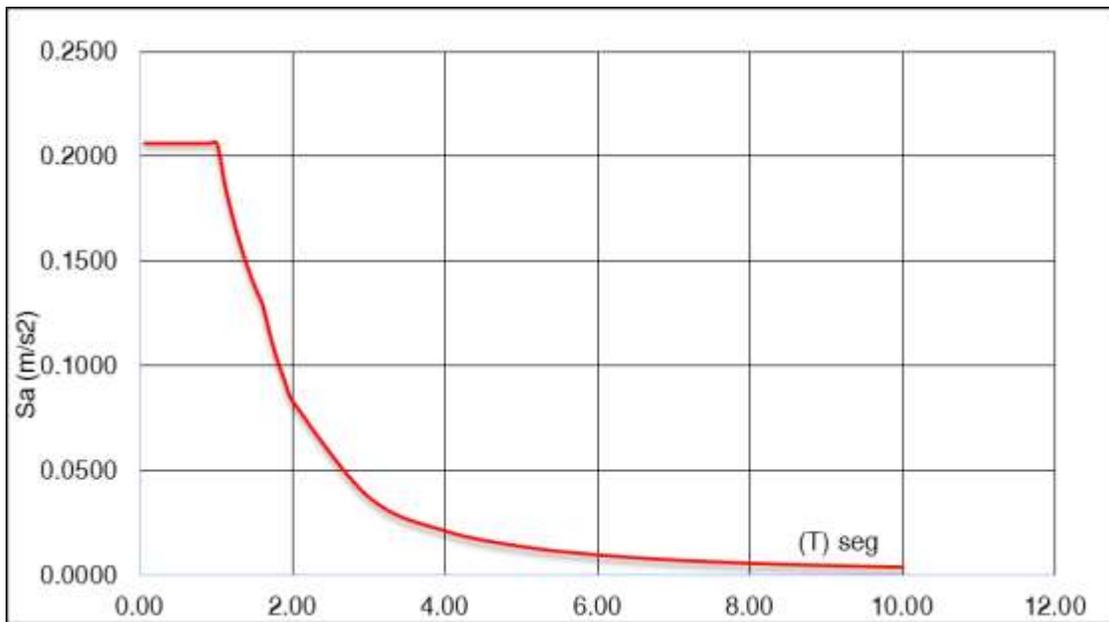
3.1.2.2. Aceleración espectral

Tabla 6 Espectro de diseño para un suelo flexible en la dirección (x-x) y la dirección (y-y)

T	C	Sa Dir x-x	Sa Dir y-y
0.05	2.5000	0.2063	0.2063
0.06	2.5000	0.2063	0.2063
0.07	2.5000	0.2063	0.2063
0.08	2.5000	0.2063	0.2063
0.09	2.5000	0.2063	0.2063
0.10	2.5000	0.2063	0.2063
0.20	2.5000	0.2063	0.2063
0.30	2.5000	0.2063	0.2063
0.40	2.5000	0.2063	0.2063
0.50	2.5000	0.2063	0.2063
0.60	2.5000	0.2063	0.2063
0.70	2.5000	0.2063	0.2063
0.80	2.5000	0.2063	0.2063
0.90	2.5000	0.2063	0.2063
1.00	2.5000	0.2063	0.2063
1.10	2.2727	0.1875	0.1875
1.20	2.0833	0.1719	0.1719
1.30	1.9231	0.1587	0.1587
1.40	1.7857	0.1473	0.1473
1.50	1.6667	0.1375	0.1375
1.60	1.5625	0.1289	0.1289
1.70	1.3841	0.1142	0.1142
1.80	1.2346	0.1019	0.1019
1.90	1.1080	0.0914	0.0914
2.00	1.0000	0.0825	0.0825
3.00	0.4444	0.0367	0.0367
4.00	0.2500	0.0206	0.0206
5.00	0.1600	0.0132	0.0132
6.00	0.1111	0.0092	0.0092
7.00	0.0816	0.0067	0.0067
8.00	0.0625	0.0052	0.0052
9.00	0.0494	0.0041	0.0041
10.00	0.0400	0.0033	0.0033

Fuente: elaboración propia

Nota: (T) es Periodo Fundamental de vibración de la estructura, (C) es el coeficiente de amplificación sísmica, (Sa) es el coeficiente de aceleración espectral.



Φιγυρα 1: Εσπεχτρο δε δισε)ο παρα υν σσελο φλεξιβλε (Σ3)

Fuente: elaboración propia

3.1.2.3. Fuerza cortante mínima

Tabla 7 Fuerza cortante mínima

Fuerza cortante estatica	Fuerza cortante dinámica	verificacion
111.8267	69.8342	No cumple
111.8267	82.5809	No cumple

Fuente: elaboración propia

Nota: como se observa en los resultados la fuerza cortante dinámica es menor que el 80% de la fuerza cortante estática es decir no cumple con los mínimos establecidos en la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones

3.1.2.4. Derivas de entrepiso dinámicas

Tabla 8 Derivas de entrepiso dinámicas en la dirección x-x

Piso	Desp.(m)	Desp.(cm)	$\Delta=D*3/4*R$	$\delta=\Delta I+1-\Delta I$	H (cm)	Dist.=D/H	Verificacion
6	0.025	2.472	12.976	1.218	280.000	0.00435	0.0043<=0.007... Correcto
5	0.022	2.240	11.759	1.612	280.000	0.00576	0.0058<=0.007... Correcto
4	0.019	1.933	10.147	2.488	332.500	0.00748	0.0075>=0.007.... verificar
3	0.015	1.459	7.659	2.858	332.500	0.00860	0.0086>=0.007.... verificar
2	0.009	0.914	4.801	2.793	332.500	0.00840	0.0084>=0.007.... verificar
1	0.004	0.382	2.008	2.008	481.000	0.00417	0.0042<=0.007... Correcto

Fuente: elaboración propia

Se observa en la tabla 13 los resultados obtenidos, según la norma E.030 diseño sismorresistente especifica que la máxima deriva es 0.007, por lo que se constata que del segundo piso al cuarto piso no cumple con los lineamientos establecidos en la mencionada norma, a diferencia del primer, quinto y sexto piso.

Significa que la edificación es muy flexible porque las derivas calculadas están por encima de la máxima permitida.

Tabla 9 Derivas de entrepiso dinámicas en la dirección y-y

Piso	Desp.(m)	Desp.(cm)	$\Delta=D*3/4*R$	$\delta=\Delta I+1-\Delta I$	H (cm)	Dist.=D/H	Verificacion
6	0.009	0.883	4.637	0.216	280.000	0.00077	0.0008<=0.007... Correcto
5	0.008	0.842	4.421	0.385	280.000	0.00138	0.0014<=0.007... Correcto
4	0.008	0.769	4.036	0.925	332.500	0.00278	0.0028<=0.007... Correcto
3	0.006	0.592	3.111	1.172	332.500	0.00353	0.0035<=0.007... Correcto
2	0.004	0.369	1.938	1.122	332.500	0.00338	0.0034<=0.007... Correcto
1	0.002	0.155	0.816	0.816	481.000	0.00170	0.0017<=0.007... Correcto

Fuente: elaboración propia

3.1.3. Análisis estático no lineal (Pushover)

3.1.3.1. *Desempeño de la estructura en la dirección X, según FEMA 356 para un 20% de la aceleración de la gravedad lo clasifica como un sismo frecuente.*

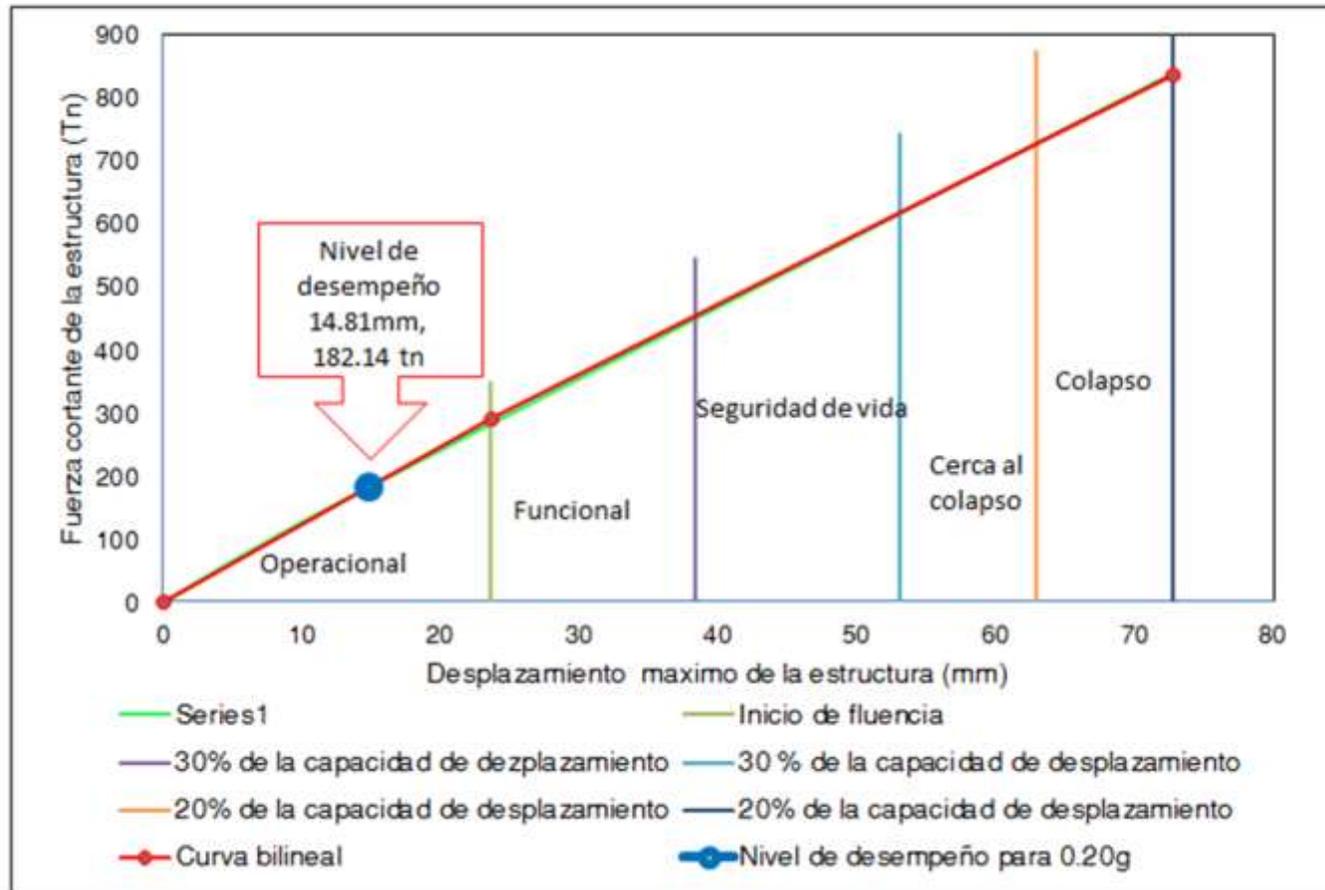
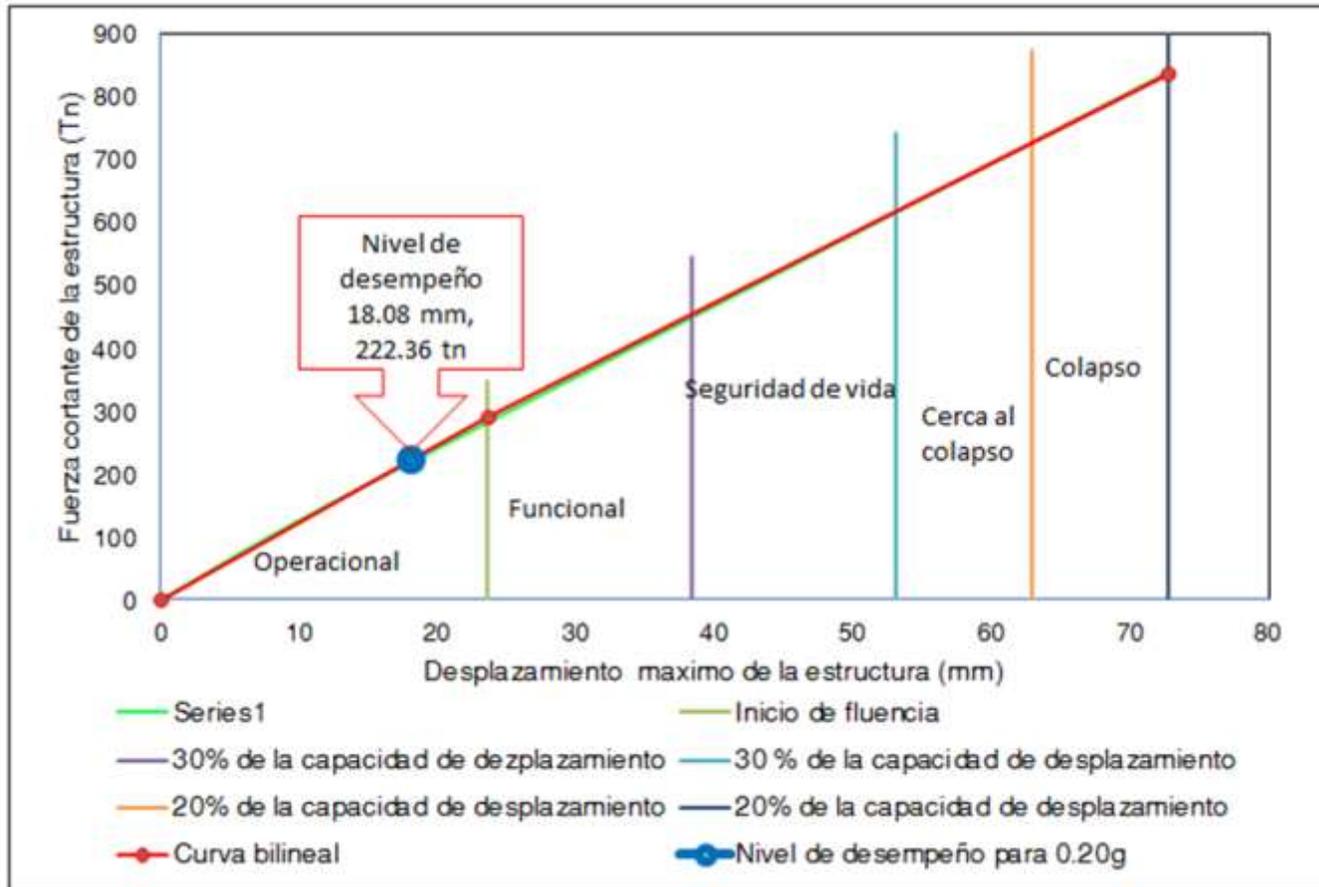


Figura 2: Nivel de desempeño según FEMA 356 para un sismo frecuente

Fuente: elaboración propia

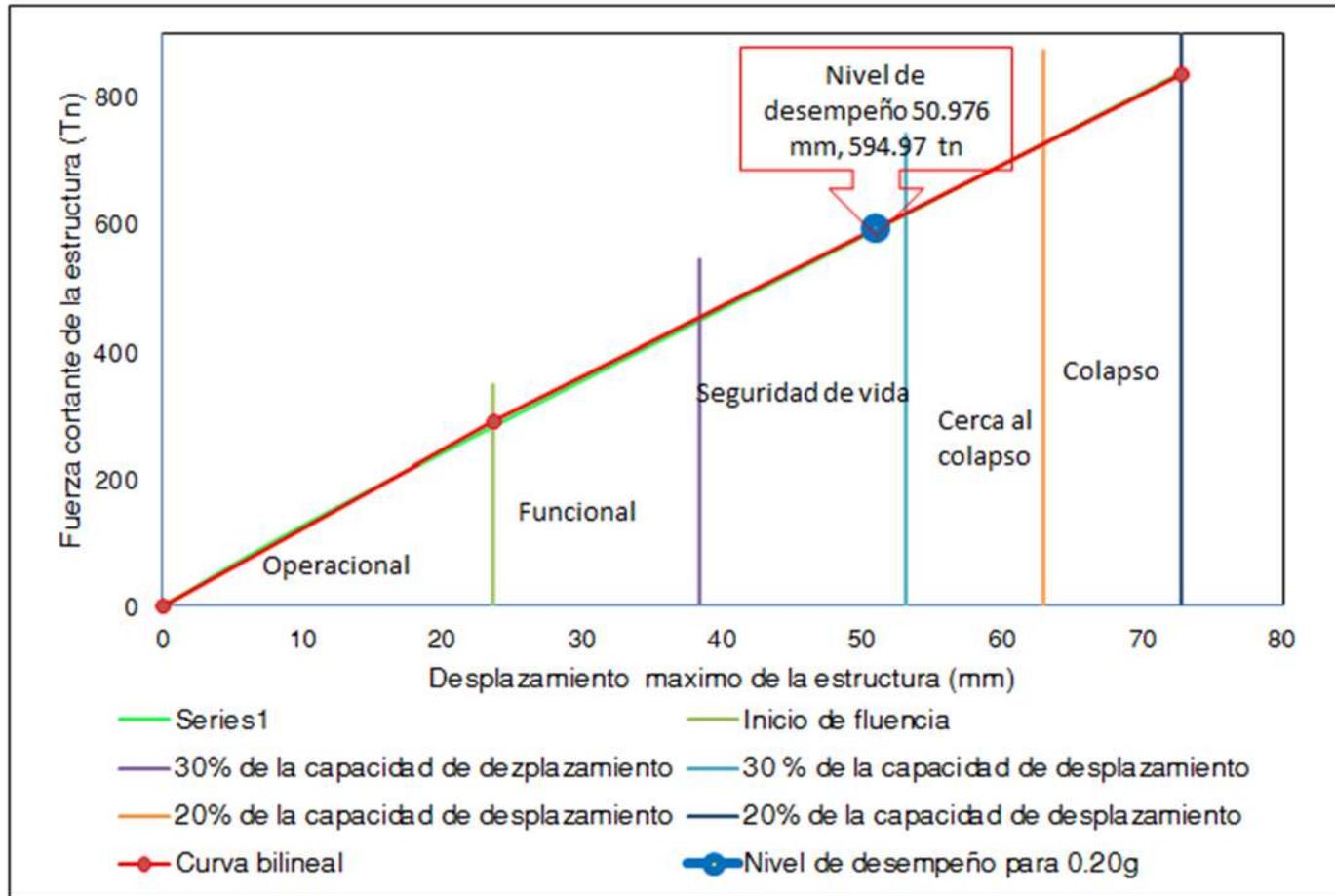
3.1.3.2. *Desempeño de la estructura en la dirección X, según FEMA 356 para un 25% de la aceleración de la gravedad lo clasifica como un sismo ocasional.*



Φιγυρα 3: Νιπελ δε δεσεμπε)ο σεγ |ν ΦΕΜΑ 356 παρα υν σισμο οχασιοναλ

Fuente: elaboración propia

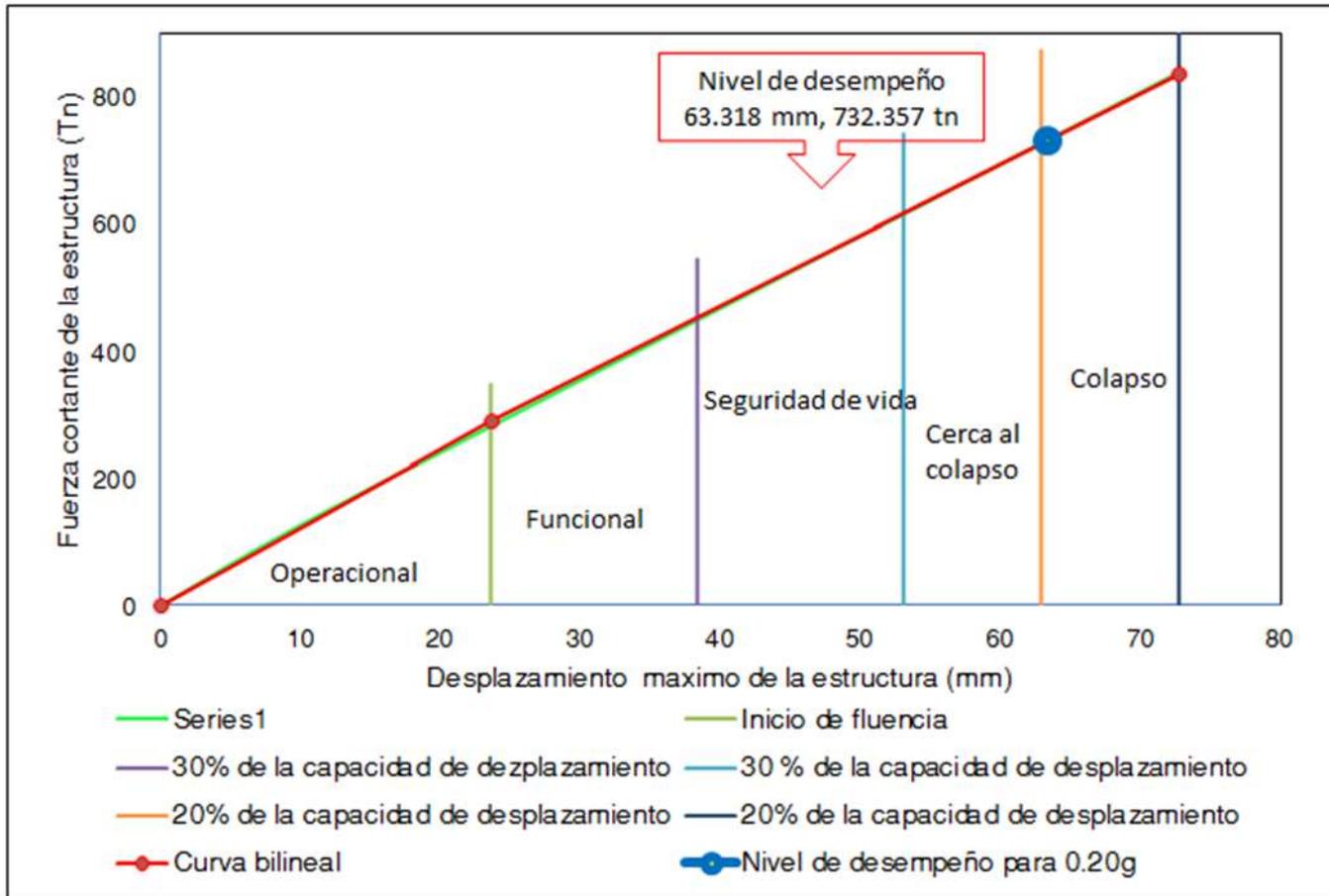
3.1.3.3. *Desempeño de la estructura en la dirección X, según FEMA 356 para un 40% de la aceleración de la gravedad lo clasifica como un sismo raro.*



Φιγυρα 4: Νιπελ δε δεσειμπε)ο σεγ |ν ΦΕΜΑ 356 παρα υν σισμο ραρο

Fuente: elaboración propia

3.1.3.4. *Desempeño de la estructura en la dirección X, según FEMA 356 para un 45% de la aceleración de la gravedad lo clasifica como un sismo raro.*



Φιγυρα 5: Νιπελ δε δεσεμπε)ο σεγ |ν ΦΕΜΑ 356 παρα υν σισμο μυη ραρο

Fuente: elaboración propia

3.1.3.5. *Respuesta de la estructura.*

Tabla 10 Niveles de desempeño de la estructura

Nivel del sismo	Niveles de desempeño sismico				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Pre colapso	Colapso de la estructura
Frecuente 20% g					
Ocacional 25% g					
Raro 40% g					
Raro 45% g					
Muy raro 50% g					

Fuente: elaboración propia

De la tabla 15 se explica que ante la ocurrencia de un sismo raro (45% de la aceleración de la gravedad) como lo especifica la norma E.030 diseño sismorresistente la estructura ya colapso.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de fuerzas estáticas equivalentes y del análisis dinámico modal espectral, se demuestra que la estructura analizada no cumple con las derivas permitidas en la norma E.030 diseño sismorresistente, excepto el primer, quinto y sexto piso.

Por otro lado de los resultados obtenidos del análisis estático no lineal (pushover) se determinó que la estructura en la dirección x, se encuentra en el nivel de colapso para un sismo según el espectro de la norma E.030, con un desplazamiento de 63.318 mm y el fallo será en la columna C-01 del segundo piso, ubicada en el eje B entre A y C, según los planos de estructuras.

Según Barboza (2018) en su tesis concluye que la edificación ante un sismo raro se encuentra en prevención al colapso el cual no cumple con los objetivos propuestos por la norma ATC-40.

Huaman (2016) en su tesis realizada a las edificaciones de la Universidad Cesar Vallejo llega a concluir que la estructura falla en la dirección “y” cuando ocurra un sismo raro.

V. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se propone hacer una mejora estructural en la dirección “x”, esto se da debido a que la estructura analizada no cumplen las derivas mínimas permitidas y además la estructura llegaría a colapsar para un sismo según el espectro de diseño de la norma E.030 diseño sismorresistente, por lo tanto se debe rigidizar la estructura en esa dirección a través de la colocación de muros de corte.

VI. CONCLUSIONES

Del análisis de fuerzas estáticas equivalentes se constata que la máxima deriva es 0.0085, por lo que debería ser 0.007 tal y como lo especifica la norma E.030 diseño sismorresistente, por lo tanto la estructura se considera flexible.

Según el análisis dinámico modal espectral se afirma que la máxima deriva es 0.0086, por lo que debería ser 0.007 de acuerdo a lo especificado en la norma E.030 diseño sismorresistente, por lo tanto la estructura se considera flexible.

Por otro lado del análisis estático no lineal (pushover), en la dirección x se confirma que para un sismo raro, la estructura ya colapso generando un desplazamiento de 63.318 mm y una fuerza cortante de 732.357 tn.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda diseñar las estructuras para prevenir el colapso, utilizando métodos avanzados como es el caso del análisis estático no lineal que permite determinar el nivel de desempeño sísmico de la edificación.

Como la estructura es flexible en la dirección “x” incluso llega a colapsar para un sismo según el espectro de la norma E.030 es necesario rigidizarlo, colocando muros de corte, con la finalidad de mantener su estabilidad.

Elaborar un plano de señalización indicando los puntos no aptos para refugio en caso de sismo.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado - Veras, M. A. (2016). *Análisis estático no lineal: Aplicación de métodos avanzados a un edificio típico de la República Dominicana*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya - Escuela Técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos de Barcelona.
- ATC-40. (1996). *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*,. California: s.n.
- Barboza, R. (2018). *Desempeño sísmico del edificio ángel divino ubicado en la ciudad de Chota, provincia de Chota, Región Cajamarca*. Lambayeque: Facultad de ingeniería civil, sistemas y arquitectura-Escuela profesional de ingeniería civil-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Bravo, S., & Montenegro, D. (2018). *Evaluación del desempeño sísmico de los bloques b y c del conjunto multifamiliar colibrí ubicado en la ciudad de Chiclayo*. Lambayeque: facultad de Ingeniería Civil, sistemas y arquitectura-Escuela profesional de ingeniería civil-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Duarte, M. y. (2017). *Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la Universidad de el Salvador*. Salvador: Universidad de el Salvador-Facultad de Ingeniería y arquitectura-Escuela de Ingeniería Civil.
- FEMA356. (2000). *Prestandard And Comentary y For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Washington: s.n.
- Huaman, J. A. (2016). *Predicción del comportamiento sísmico por desplazamiento mediante el análisis estático no lineal en las edificaciones de la Universidad Cesar Vallejo*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo - Escuela de postgrado.
- Pique del Pozo - Paredes, M. A. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover*. Lima: Universidad Peruana de ciencias Aplicadas - Facultad de ingeniería - Carrera de ingeniería civil.
- RNE. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.030 diseño sismorresistente*. Lima: Megabyte.