

Artículo original

EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN ESTRUCTURAL EN EL DISEÑO DE UN EDIFICIO CON AISLADORES SÍSMICOS EN EL DISTRITO DE TACNA

EVALUATION OF THE STRUCTURAL REDUCTION IN THE
DESIGN OF A BUILDING WITH SEISMIC ISOLATORS IN THE
DISTRICT OF TACNA

MEYLEE NAYYOMY CUAQUERA CARDENAS¹

 <https://orcid.org/0000-0002-5350-3408>

ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO²

 <https://orcid.org/0000-0003-3855-1484>

Recibido: 03/10/2021

Aceptado: 04/11/2021

Publicado: 19/11/2021

^{1,2} Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Privada de Tacna, Perú

E-mail: ¹meyleecc11feb@gmail.com, ²ulianovfarfan@gmail.com



Esta obra está bajo licencia internacional
Creative Commons Reconocimiento 4.0–15.



Facultad de Ingeniería
Publicación Oficial

Resumen

La investigación tuvo como objetivo principal el analizar la evaluación de la reducción estructural en el diseño de un edificio con aisladores sísmicos en el distrito de Tacna, para esta investigación se analizó la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna, para lo cual se realizó en base a las Normas Técnicas Peruanas, apoyándonos en el Catálogo Dynamic Isolation para el diseño de Aisladores, seguidamente se realizó (03) Tres Modelamientos en el Software Etabs V19, Modelamiento estructural sin Aisladores Sísmicos, Modelamiento estructural con Aisladores Sísmicos y Modelamiento con Aisladores Sísmicos-Reducción Estructural. Se utilizó el Método Descriptivo, describiendo y analizando sistemáticamente la información existente con respecto a los resultados obtenidos por medio de la modificación de las condiciones actuales de la situación. Como resultado final se obtuvo una reducción estructural de 20,47m² de las columnas cumpliendo con los desplazamientos máximos que demanda la Norma E.031 "Aislamiento Sísmico". Finalmente, se concluye que si bien es cierto la reducción de los elementos estructurales no son significativos, la normativa E.031 indica que se debe considerar derivas máximas de 0,0035 en ambas direcciones, esta aclaración encarece la estructura ya que al colocar los aisladores sísmicos por cada columna se hace excesiva, cabe mencionar que se tendría que analizar técnica y económicamente la infraestructura a la cual deseamos colocar los aisladores sísmicos para tomar una adecuada decisión sobre el particular, ya que con los resultados existe una reducción mínima en la geometría de los elementos estructurales.

Palabras clave: Modelado estructural; diseño sísmico; Aisladores Sísmicos; reducción Estructural; edificación.

Abstract

The investigation had as main objective to analyze the evaluation of the structural reduction in the design of a building with seismic isolators in the district of Tacna-2021, for this research the Faculty of Architecture and Urbanism of the Private University of Tacna was analyzed, for which it was carried out based on the Peruvian Technical Standards, relying on the Dynamic Isolation Catalog for the design of Insulators, then (03) Three Modelings were performed in the Etabs V19 Software, Structural Modeling without Seismic Isolators, Structural Modeling with Seismic Isolators and Modeling with Seismic Isolators-Structural Reduction. The Descriptive Method was used, systematically describing and analyzing the existing information regarding the results obtained by modifying the current conditions of the situation. As a result, a structural reduction of 20.47m² of the columns was obtained, complying with the maximum displacements required by Standard E.031 "Seismic Isolation". Finally, it is concluded that although the reduction of the structural elements is not significant, the E.031 standard indicates that maximum drifts of 0.0035 in both directions should be considered, this clarification makes the structure more expensive since when placing the seismic isolators for each column becomes excessive, it is worth mentioning that the infrastructure in which we want to place the seismic isolators would have to be analyzed technically and economically to make an adequate decision on the matter, since with the results there is a minimal reduction in the geometry of the structural elements.

Keywords: Structural Modeling; seismic design; seismic Isolators; structural reduction; Building.

1. Introducción

El Perú se encuentra geográficamente en una zona altamente sísmica, esto conlleva a que las edificaciones se diseñen de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 Diseño Sismorresistente, a la vez con la aprobación de la norma E.031 en el año 2019, se ha podido reglamentar incidiendo en el cálculo estructural, diseño y fortaleciendo los parámetros de interacción estructura – aislador. Según Castillo et al. (2014) indican que en las estructuras ubicadas en zonas de alto peligro sísmico, es recomendable utilizar dispositivos que disipen la energía liberada ante un evento de esta índole, como aisladores elastoméricos o FPS. De igual manera, según Estrada et al. (2015) estimaron que el ahorro global en volúmenes de concreto, el cual se aproxima al 48 %, este porcentaje puede variar en relación al predimensionamiento considerando los factores de reducción por ductilidad y el coeficiente por fisuramiento una vez que la estructura se encuentre aislada sísmicamente. La presente investigación determinó los efectos que traería consigo la reducción estructural en el diseño de un edificio, guiados en la normativa, dado que los aisladores sísmicos reducen la energía del sismo hasta en un 75 %, entrando en la controversia del porqué se sigue diseñando como si las estructuras no llevaran la aplicación del sistema; para esto se simuló diseños y cálculos estructurales de una edificación por medio del software ETABS V19 y se podrá determinar los efectos que conllevan la reducción estructural en el diseño de un edificio con el uso de los aisladores sísmicos. ¿La reducción estructural influirá en el diseño de un edificio con aisladores sísmicos?

2. Objetivo

Analizar la evaluación de la reducción estructural en el diseño de un edificio con aisladores sísmicos en el distrito de Tacna.

3. Metodología

Para el análisis de la Reducción estructural en el diseño de un edificio con aisladores sísmicos, se tomó como enfoque los Planos Estructurales y de Arquitectura de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna.

Este análisis se realizó en base a las Normas Técnicas Peruanas como es la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” como se observa en la tabla 1 y la E.031 “Aislamiento Sísmico”. Este último aprobado en el año 2019 pudiendo reglamentar incidiendo en cálculo, diseño y fortaleciendo los parámetros de interacción estructura – aislador.

Seguidamente, se realizó tres modelamientos en el Software Etabs V19:

- *Modelamiento estructural sin Aisladores Sísmicos.* Con el Plano Estructural se realizó el dibujo en el Software como se observa en la Figura 1, luego se procedió a obtener los resultados del análisis estático, dinámico, espectral de la mano con el cálculo de las Irregularidades de la Edificación como se muestra en la tabla 2 y 3, para posteriormente utilizar el Factor Real de Reducción como se explica en la tabla 4 y verificando que

cumpla los Desplazamientos Máximos de acuerdo al Artículo 32 de la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”, los resultados de derivas sin aisladores sísmicos en el Eje X y Eje Y se observan en las tablas 5 y 6 respectivamente.

- *Modelamiento estructural con Aisladores Sísmicos.* Para el dispositivo del Aislador y Disipador se tomó como base el Catálogo DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS de donde se obtiene las propiedades mecánicas utilizadas, para el posterior Diseño de cada Aislador colocado en la Estructura como se da a conocer en la tabla 7. Tras realizar el Primer Modelado y calculado el Diseño de los Aisladores a utilizar, se procede a incorporarlos en el Software como se observa en la Figura 2 para obtener los resultados del análisis estático, dinámico, espectral verificando que cumpla los Desplazamientos Máximos de acuerdo al Artículo 23 de la Norma E.031 “Aisladores Sísmicos” presentados en la tabla 8 y tabla 9.
- *Modelamiento con Aisladores Sísmicos-Reducción Estructural.* Con los resultados anteriores se redujo las dimensiones de las Columnas como se observa en la Figura 3 y descrito en las tablas 10 para la C-1 y Tabla 11 para la C-06. De igual manera, se verificó que la deriva no sobrepasé lo descrito por la Norma E.031 como se muestra en la tabla 12 para el Eje X y tabla 13 para el Eje Y.

Así, finalmente se realizó la comparación de las dimensiones reducidas y las originales obteniendo el resultado del Metrado sobrante como se aprecia en la Tabla 14

Diseño y Modelado

Los aisladores se pueden modelar de forma explícita en un software de análisis tal como ETABS, SAP2000 y LARSA. Cuando el software no soporta explícitamente un dispositivo aislador, se pueden utilizar un resorte o un tramo de columna para simular el aislador. Se debe tener cuidado en el modelado de la rigidez vertical rigidez a fin de garantizar la exactitud de los resultados analíticos. Los valores típicos de estos parámetros para una amplia gama de aisladores DIS, son mostrados en las tablas de Propiedades de Aislador. DIS puede proporcionar los parámetros específicos para el modelado y ayudar con la puesta a punto del sistema de aislamiento a lo largo del proceso de diseño.

Para cumplir con los objetivos, se emplearon técnicas de análisis y diseños de edificaciones referidas en las normativas peruanas. El cálculo estructural, el diseño, el comportamiento sísmico se obtuvieron del software Etabs V19 y hojas de cálculo en Excel. Para la edición de planos el programa, se empleó AutoCAD 2020.

Se tomó como enfoque los planos estructurales y de arquitectura de la construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna.

Este análisis se realizó con base en las Normas Técnicas Peruanas como es la E.030 “Diseño Sismorresistente”, se tomó de conocimiento la deriva máxima para el modelamiento de 0.007 como se observa en la tabla 1.

Tabla 1

Límites para la Distorsión del Entrepiso Tabla N°11 Norma E.030

Material Predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

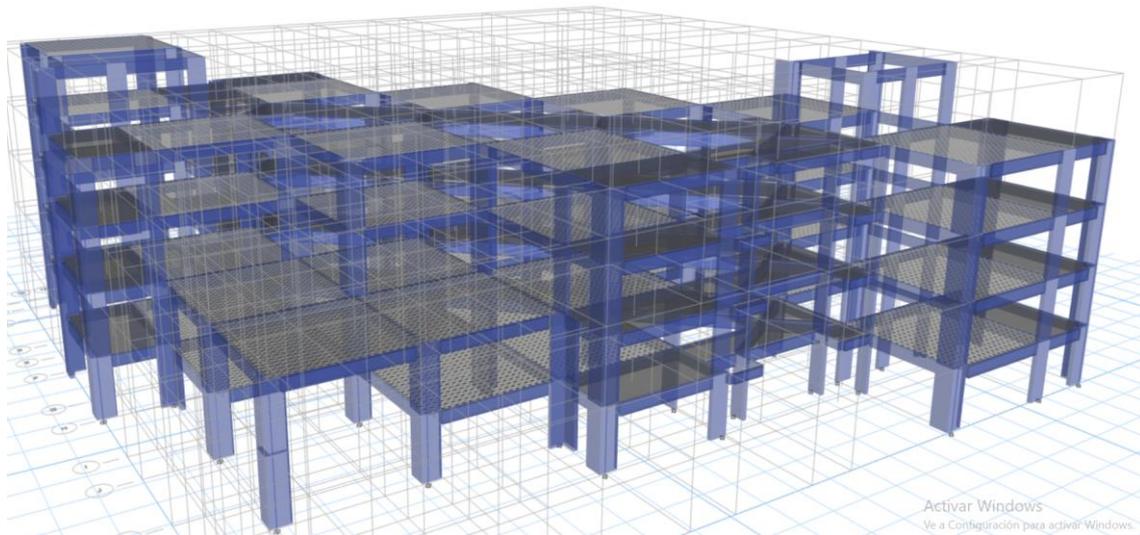
Nota. Adaptado de Tabla N°11, Norma E.030 "Diseño Sismorresistente"

Modelado Estructural sin Aisladores Sísmicos

A continuación, se muestra la resolución del modelado sin aisladores sísmicos, asimismo, las tablas con los resultados obtenidos del Diseño, en la Figura 1 observamos el modelado realizado en el software Etabs terminado, (4) cuatro niveles.

Figura 1

Modelamiento en ETABS sin Aisladores Sísmicos



Nota. Se tomó como base los Planos de Estructuras de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, asignando materiales y propiedades de la Construcción.

Para el análisis espectral, se requirió saber si la estructura es irregular, por lo que en la tabla 2 y tabla 3 se hizo el cálculo respectivo de irregularidades, considerando que en proporción no debe pasar el 30 %, sin embargo, en el eje X sobrepasa este porcentaje haciendo la estructura irregular en planta.

Tabla 2*Irregularidades en Planta Eje X*

Ítem	Deriva Máxima	Deriva Promedio	Proporción	
Diafragma Losa 5 X	0,001528	0,001169	1,307	Irregular
Diafragma Losa 4 X	0,002099	0,001752	1,198	Regular
Diafragma Losa 3 X	0,002564	0,002162	1,186	Regular
Diafragma Losa 2 X	0,002563	0,002156	1,189	Regular
Diafragma Losa 1 X	0,001479	0,001219	1,213	Regular

Tabla 3*Irregularidades en Planta Eje Y*

Ítem	Deriva Máxima	Deriva Promedio	Proporción	
Diafragma Losa 5 Y	0,001833	0,001636	1,12	Regular
Diafragma Losa 4 Y	0,002253	0,001945	1,158	Regular
Diafragma Losa 3 Y	0,002744	0,002364	1,161	Regular
Diafragma Losa 2 Y	0,002699	0,002316	1,166	Regular
Diafragma Losa 1 Y	0,001456	0,001262	1,154	Regular

Nota. De las tablas 2 y 3 se observa que tenemos Irregularidad en Planta en el Eje X de 0,75 y en altura de 0,90 de acuerdo a lo planteado en el Art. 20 de la Norma E.030, por lo que el Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas se modificó.

El factor de reducción estructural que para pórticos es 8, se vio multiplicado por el factor de Irregularidad en planta 0,75, y el factor de irregularidad en altura de 0,9, obteniendo un R de 5,4 como se observa en la tabla 4.

Tabla 4*Factor de Reducción*

Ro	8
la	0,9
lp	0,75
R	5,4

Se obtuvo las derivas finales para la estructura sin aisladores sísmicos como se aprecia en la tabla 5 para el Eje X, y en la tabla 6 para el Eje Y.

Tabla 4*Derivas en el Eje X de la Estructura sin Aislador*

Piso	Caso	Dirección	Deriva	
Piso 5	S_DIN_X	X	0,0052002	Regular
Piso 4	S_DIN_X	X	0,0075978	Irregular
Piso 3	S_DIN_X	X	0,0096795	Irregular
Piso 2	S_DIN_X	X	0,0097119	Irregular
Piso 1	S_DIN_X	X	0,0055971	Regular

Tabla 5*Derivas en el Eje Y de la Estructura sin Aislador*

Piso	Caso	Dirección	Deriva	
Piso 5	S_DIN_Y	Y	0,00633825	Regular
Piso 4	S_DIN_Y	Y	0,00785295	Irregular
Piso 3	S_DIN_Y	Y	0,0094608	Irregular
Piso 2	S_DIN_Y	Y	0,0090558	Irregular
Piso 1	S_DIN_Y	Y	0,0050787	Regular

Nota. Con las características arquitectónicas de los planos finales del expediente técnico del bloque de arquitectura se ingresó al programa ETABS donde se observó que la deriva en algunos pisos no cumple tanto en el eje X como en el eje Y.

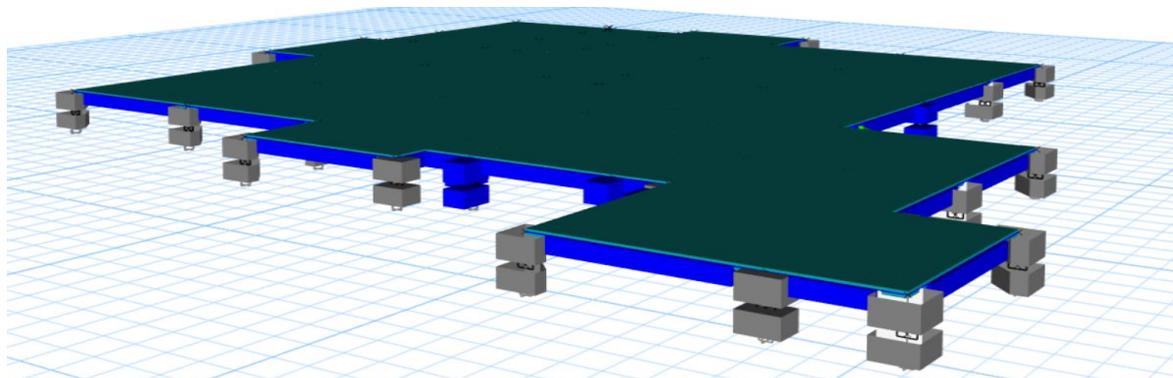
Modelado Estructural con Aisladores Sísmicos

Diseño de los Aisladores

De acuerdo con el cálculo obtenido por el diseño de aisladores, se presenta el cuadro resumen de las propiedades nominales del dispositivo mostradas en la tabla 7, las cuales sirvieron de base para el posterior modelado del dispositivo como se observa en la figura 2.

Tabla 7*Propiedades Nominales del Dispositivo*

Propiedades Nominales		Unidad	Dispositivo
Diámetro del aislador		mm	800
Altura del aislador		mm	300
Rigidez Vertical	K_v	Tn.m	101971,62
Rigidez Efectiva Lineal	K_{eff}	Tn.m	82,37
Rigidez Elástica	K_1 o K_e	Tn.m	600,5
Rigidez Post Fluencia	K_2 o K_d	Tn.m	60,05
Relación	K_2/K_1	Ratio	0,10
Fuerza de Fluencia	F_y	Tn.m	8,25
Amortiguamiento Efectivo Lineal	β_{eff}	Tn.s/m	0,17
Amortiguamiento Efectivo	C	Tn.s/m	0,15

Figura 2*Modelamiento en ETABS – Cimentación*

Nota. Se muestra el detalle de los Pedestales y Capiteles los cuales se dibujaron como: Un Pedestal de 1m de altura, un Aislador de 0,30 m y segundo pedestal de 0,85m diseñados en el ETABS V19.

Se afectó sobre la base de la Norma E.031 para los aisladores sísmicos, en el artículo 23.- Límites de la distorsión angular de entrepiso o deriva, donde menciona que la máxima deriva en la estructura por encima del nivel de base no debe exceder de 0,0035, por lo cual nuestros resultados de derivas en el eje X y eje Y debieron estar por debajo de este.

Tabla 8*Derivas en el Eje X de la Estructura con Aislador*

Piso	Caso	Dirección	Deriva
Piso 5	Deriva XX	X	0,00133
Piso 4	Deriva XX	X	0,002018
Piso 3	Deriva XX	X	0,002753
Piso 2	Deriva XX	X	0,00336
Piso 1	Deriva XX	X	0,003448

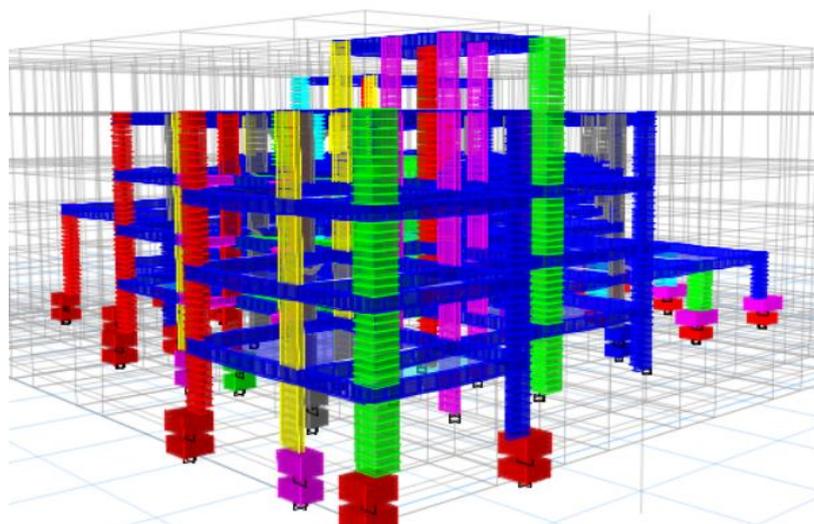
Tabla 9*Derivas en el Eje Y de la Estructura con Aislador*

Piso	Caso	Dirección	Deriva
Piso 5	Deriva YY	Y	0,00118
Piso 4	Deriva YY	Y	0,001686
Piso 3	Deriva YY	Y	0,002312
Piso 2	Deriva YY	Y	0,002855
Piso 1	Deriva YY	Y	0,002997

Nota. Se observa que la deriva cumplió en todos los pisos en el sismo dinámico tanto eje X como eje Y ya que no sobrepasa el 0,0035.

Modelamiento con Aisladores Sísmicos-Reducción Estructural

A continuación, se muestra la resolución del modelado con aisladores sísmicos, reduciendo las dimensiones de la C-01 Y C-06 como se muestra en la tabla 10 y tabla 11 respectivamente, de igual manera, la tabla 12 y 13 con los resultados de las derivas obtenidos del Diseño, en la figura 3, se observa el modelado realizado en el software Etabs terminado, (04) cuatro niveles.

Figura 3*Modelamiento en ETABS con aisladores sísmicos*

Para este ítem, se realizó la reducción de dimensiones de las columnas que tiene la estructura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UPT con el fin de que la deriva no exceda el 0.0035 como lo menciona la Norma E.031 "Aisladores sísmicos"-Art 23.1.

Tabla 10*Reducción Estructural de la Columna C-1*

Und	Dimensiones originales					Dimensiones reducidas					Ahorro
	L(m)	Área (m ²)	H(m)	Cant.	Vol.(m ³)	L(m)	Área (m ²)	H(m)	Cant.	Vol.(m ³)	
m ³	1,125	0,5	3,75	32	60,00	1	0,469	3,75	32	56,25	3,75
m ³	1,125	0,5	3,75	27	50,63	1	0,469	3,75	27	47,46	3,16
m ³	1,125	0,5	3,75	22	41,25	1	0,469	3,75	22	38,67	2,58
m ³	1,125	0,5	3,8	22	41,80	1	0,469	3,8	22	39,19	2,61
m ³	1,125	0,5	3,85	7	13,48	1	0,469	3,85	7	12,63	0,84

Existe una reducción de: 12,95 m³

Nota. En la tabla 10, se observan las dimensiones originales y dimensiones reducidas, considerando la C-1 la más predominante en la estructura de un área de 0.5m² reducida a un área de 0.469m²

Tabla 11*Reducción Estructural de la Columna C-06*

Und.	Dimensiones originales					Dimensiones reducidas					Ahorro
	L(m)	Área (m ²)	H(m)	Cant.	Vol.(m ³)	L(m)	Área (m ²)	H(m)	Cant.	Vol.(m ³)	
m ³	2,00	0,9375	3,75	2	7,03	1,5	0,688	3,75	2	5,16	1,88
m ³	2,00	0,9375	3,75	2	7,03	1,5	0,688	3,75	2	5,16	1,88
m ³	2,00	0,9375	3,75	2	7,03	1,5	0,688	3,75	2	5,16	1,88
m ³	2,00	0,9375	3,8	2	7,13	1,5	0,688	3,8	2	5,23	1,90

Existe una reducción de: 7,53m³

Nota. En la tabla 11, se observan las dimensiones originales y dimensiones reducidas, considerando la C-06 en la estructura de un área de 0,9375m² reducida a un área de 0,6888 m²

De acuerdo con lo reducido, se procedió a realizar el modelamiento en Etabs obteniendo unas derivas que no exceden 0.0035 como se muestra en la tabla 12 y tabla 13 de:

Tabla 12*Derivas en el Eje X de la Estructura Reducida*

Piso	Caso	Dirección	Deriva
Piso 1	Deriva XX	X	0,003477

Tabla 13

Derivas en el Eje Y de la Estructura Reducida

Piso	Caso	Dirección	Deriva
Piso 1	Deriva YY	Y	0,003098

Nota. Se observa que en el Eje Y aun podría reducirse un poco más ya que su deriva máxima es de 0,003098 la cual está muy por debajo de 0,0035.

4. Resultados

Como resultado final, se obtuvo una reducción del 6,25 % para la columna C-01 y una reducción del 26,67 % para la columna C-02. En la tabla 14, se observa una reducción final de 20,47 m³, cabe resaltar que no se consideró el metrado de la reducción del acero estructural y las partidas vinculantes a esto como son encofrado, tarrajeo, pintura, entre otros.

Tabla 14

Reducción Estructural Final

Col.	Und.	Dimensiones originales					Dimensiones reducidas					Ahorro
		L(m)	Área(m ²)	H(m)	Cant.	Vol.(m ³)	L(m)	Área(m ²)	H(m)	Cant.	Vol.(m ³)	
C-1	m ³	1,125	0,50	3,75	32	60,00	1	0,469	3,75	32	56,25	3,75
	m ³	1,125	0,50	3,75	27	50,63	1	0,469	3,75	27	47,46	3,16
	m ³	1,125	0,50	3,75	22	41,25	1	0,469	3,75	22	38,67	2,58
	m ³	1,125	0,50	3,8	22	41,80	1	0,469	3,8	22	39,19	2,61
	m ³	1,125	0,50	3,85	7	13,48	1	0,469	3,85	7	12,63	0,84
C-06	m ³	2,00	0,9375	3,75	2	7,03	1,5	0,688	3,75	2	5,16	1,88
	m ³	2,00	0,9375	3,75	2	7,03	1,5	0,688	3,75	2	5,16	1,88
	m ³	2,00	0,9375	3,75	2	7,03	1,5	0,688	3,75	2	5,16	1,88
	m ³	2,00	0,9375	3,8	2	7,13	1,5	0,688	3,8	2	5,23	1,90

Existe una reducción de: 20,47 m³

Nota. Col=columna, L= longitud, H= altura, Cant. Cantidad, Vol. = Volumen

Se ha modelado la estructura con aisladores sísmicos haciendo uso del software ETABS V.19 reducido la geometría de las estructuras, encontrando derivas del orden hasta por debajo de lo que indica la normativa E031.

Se ha determinado con el modelo planteado la reducción estructural de los elementos como columnas. Esto influye en el diseño del edificio cuando se coloca aisladores sísmicos, observando que cada vez se acercan a las derivas que nos plantea como límite la norma E.031.

5. Discusión

Se resalta que en el eje Y aun nos encontramos con una deriva de 0.0031 por lo cual se seguiría analizando otro elemento estructural a reducir.

Tal cual como se puede apreciar en los párrafos anteriores, si bien es cierto la reducción de los elementos estructurales no son significativos, la normativa E.031 indica que se debe considerar derivas máximas de 0,035 en ambas direcciones. Esta aclaración encarece la estructura, ya que al colocar los aisladores sísmicos por cada columna se hace excesiva; cabe mencionar que se tendría que analizar técnica y económicamente la infraestructura a la cual se desea colocar los aisladores sísmicos para tomar una adecuada decisión sobre el particular, ya que como se dijo anteriormente existe una reducción mínima en la geometría de los elementos estructurales.

Asimismo, la norma E.030 menciona derivas del orden 0,007 para el sistema propuesto, sin embargo, la norma E.031 menciona 0,0035 con el uso del aislador, se pudo verificar con el modelo que, si bien se observa que las derivas son la mitad entre una sin aislador y con aislador, pero eso no ocurre en el cálculo, solamente son unos centímetros que reducen en los elementos estructurales.

En los resultados del trabajo se pudo apreciar que el diseño de una edificación de concreto armado con aislamiento sísmico presenta en gran parte similitudes con el diseño de una edificación sin aisladores sísmicos que coincide con las investigaciones de Trujillo (2017).

En los resultados, se logra apreciar que es beneficiosa que la estructura llegue a periodos altos, más allá del periodo predominante del sismo, logrando disminuir los daños tanto en la estructura, como a los ocupantes y al contenido, esto coincide con Meza (2015). Por su parte, hay que tener cuidado con los suelos malos, ya que en ellos el aumento del periodo puede producir amplificación de la fuerza de sismo, que es indeseable, lo dicho tiende a debitarlo ya que en el año 2019 se publicó la Norma E.031.

En los resultados, se observa que las derivas es la mitad entre una sin aislador y con aislador, lo que coincide y cumple con la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente", que menciona una máxima deriva de 0,007 y la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico", que menciona una máxima deriva de 0,0035, sin embargo, se resalta que solo son unos centímetros de reducción en los elementos estructurales, por lo cual se pudo haber construido sin Aisladores Sísmicos.

6. Conclusiones

Se realizó el análisis la evaluación de la reducción estructural en el diseño de un edificio con aisladores sísmicos en el distrito de Tacna-2021 (Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Privada de Tacna), reduciendo una dimensión de la C-1 "Columna L" de 1,125 m a 1,00 m, de igual forma en la C-06 "Columna T" de 2,00 m a 1,50 m, resultando una reducción total de 20,47m³ detallada en la tabla 23 sin contar el metrado de la reducción del acero estructural y las partidas vinculantes a esto como son encofrado, tarrajeo, pintura, entre otros.

Se analizó el modelamiento de la estructura con aisladores sísmicos haciendo uso del software ETABS V.19. como se observa en las tablas 5 y 6 que la deriva en todos los pisos cumple con la norma E.031 "Aislamiento Sísmico", la cual indica que los límites para la distorsión del entrepiso(derivadas) por encima del nivel de base no debe exceder de 0,0035 en el eje X como en el eje Y.

Se determinó las propiedades nominales de los Aisladores Sísmicos mediante el cálculo de los desplazamientos máximos que tiene cada tipo de aislador (excéntricos, centrales o

esquineros); como el área con el cual debería contar cada uno de ellos, así mismo como se muestra en la tabla 17, se determinó la Rigidez Vertical, Rigidez Efectiva Lineal, Rigidez elástica, rigidez Post Fluencia, Relación, Fuerza de Fluencia, Amortiguamiento Efectivo Lineal y Amortiguamiento Efectivo, datos que sirvieron de base para el ETABS software en el cual se diseñó los Aisladores

7. Referencias Bibliográficas

- Arriagada Rosas, J. A. (2005). *Aislación Sísmica de un Edificio de Oficinas de Siete Pisos (Análisis Comparativo de Comportamiento y Costos con un Edificio Tradicional)* (tesis de bachiller, Universidad Austral de Chile).
- Arriagada J, (2005), “*Aislación sísmica de un edificio de oficinas de siete pisos*”. Universidad Austral de Chile, Chile.
- Flores Ramos, h. (2015). *Análisis y diseño estructural de edificaciones con aisladores sísmicos y análisis comparativo de respuesta sísmica y costos con la edificación convencional* (tesis de bachiller, Universidad Nacional de San Agustín).
- Leyton Bradley, M (2017). “*Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en lima, Perú*”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Mestanza Acevedo, J (2015) *Análisis de una edificación mediante un sistema propuesto de aislamiento sísmico del tipo péndulo friccional* (tesis de bachiller, Universidad Ricardo Palma)
- Meza Z, (2015). “*Análisis y diseño de un Hospital con aisladores elastoméricos en el Perú*”. Universidad Nacional de Piura, Perú.
- Norma Técnica E.030. “*Diseño Sismorresistente*”. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica E.031 “*Aislamiento Sísmico*”. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Pastora, A y Rios, M. (2015). *Análisis del efecto de aisladores sísmicos en la respuesta dinámica de un edificio aporticado de 4 niveles, según las condiciones de suelo en la zona noroeste de la ciudad de Managua, Nicaragua*. (tesis de bachiller, Universidad Centroamericana).
- Pérez, N y Vásquez, M. (2016). *Diseño de aisladores sísmicos de base para edificio de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos de concreto reforzado*. (tesis de bachiller, Universidad Centroamericana).
- Trujillo Benito, E. J. (2016). *Diseño integral de estructuras con sistema de aislación sísmica aplicado a un edificio de concreto armado* (tesis de bachiller, Universidad Nacional del Centro del Perú)