

Análisis comparativo de las metodologías de predimensionamiento para columnas en una edificación de seis niveles sin sótano

Comparative analysis of methodologies for column pre-sizing in a six-level building without basement

Análise comparativa de metodologias de pré-dimensionamento de colunas em edifício de seis níveis sem cave

Marcos Josue Rupay Vargas^{1(*)}, Regner Raul Parra Lavado², Jorge Santiago Lopez Yarango³

Recibido: 22/02/2024

Aceptado: 15/03/2024

Resumen. - Los tipos de metodologías para poder asignar o calcular el predimensionamiento de una determinada estructura permite conocer los comportamientos de los elementos estructurales a lo largo del tiempo de vida útil lo cual se podrá observar y analizar cuando se realice el análisis sísmico estático y dinámico a la edificación. Para poder predimensionar una edificación se debe tener en consideración el número de niveles de pisos, el ancho de luz entre vigas y columnas, y el cálculo del metrado de carga para cada elemento estructural. El objetivo principal de esta investigación es poder analizar cuáles son los efectos que se producen en el predimensionamiento de los elementos estructurales verticales (columnas) en cuanto a las derivas de una edificación de 6 niveles sin sótano bajo los parámetros de la Normativa Peruana Cargas E. 020, Diseño Sismorresistente E. 030 y Concreto Armado E. 060. Los resultados finales permitirán demostrar que método empleado fue el adecuado para el diseño de la edificación y esto influirá en los costos de su construcción. Para la investigación se concluye que el método sísmico es la metodología más adecuada para el cálculo de predimensionamiento de los elementos estructurales.

Palabras clave: Columnas 1, Derivas 2, Edificación 3, Predimensionamiento 4, Vigas 5.

(*) Autor Corresponsal

¹ Docente Universitario, Área Estructuras de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa (Perú), mrupay@uniscjsa.edu.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7891-1838>

² Docente Universitario, Área Transportes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa (Perú), rparra@uniscjsa.edu.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3564-4637>

³ Docente Universitario, Área Estructuras de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Centro (Perú), jllopez@uniscjsa.edu.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0008-8216-4928>

Summary. - The types of methodologies to be able to assign or calculate the pre-sizing of a certain structure allow us to know the behaviors of the structural elements throughout their useful life, which can be observed and analyzed when the static and dynamic seismic analysis of the building is carried out. In order to pre-size a building, the number of floor levels, the span width between beams and columns, and the calculation of the load metering for each structural element must be taken into consideration. The main objective of this research is to be able to analyze the effects that occur in the pre-sizing of the vertical structural elements (columns) in terms of the drifts of a 6-story building without a basement under the parameters of the Peruvian E-Loads Regulations. 020, Earthquake Resistant Design E. 030 and Reinforced Concrete E. 060. The final results will demonstrate that method used was appropriate for the design of the building and this will influence the costs of its construction. For the investigation, it is concluded that the seismic method is the most appropriate methodology for calculating the pre-sizing of structural elements.

Keywords: Columns 1, Drifts 2, Building 3, Pre-sizing 4, Beams 5.

Resumo. - Os tipos de metodologias para poder atribuir ou calcular o pré-dimensionamento de uma determinada estrutura permitem-nos conhecer os comportamentos dos elementos estruturais ao longo da sua vida útil, que podem ser observados e analisados quando se realiza a análise sísmica estática e dinâmica do edifício. é realizada. Para pré-dimensionar uma edificação deve-se levar em consideração o número de níveis de piso, a largura do vão entre vigas e pilares e o cálculo da dosagem de carga para cada elemento estrutural. O objetivo principal desta pesquisa é poder analisar os efeitos que ocorrem no pré-dimensionamento dos elementos estruturais verticais (pilares) em termos dos deslocamentos de um edifício de 6 andares sem subsolo sob os parâmetros da E peruana. -Regulamento de Cargas 020, Projeto Resistente a Terremotos E. 030 e Concreto Armado E. 060. Os resultados finais demonstrarão que método utilizado foi adequado ao projeto da edificação e isso influenciará nos custos de sua construção. Pela investigação conclui-se que o método sísmico é a metodologia mais adequada para o cálculo do pré-dimensionamento de elementos estruturais.

Palavras-chave: Pilares 1, Derivações 2, Edifício 3, Pré-dimensionamento 4, Vigas 5.

1. Introducción. - Se conoce que en el área de las estructuras y los edificios es donde los ingenieros civiles ponen su mayor empeño en cuanto a ver las condiciones de una edificación y es que esta cumpla con la servicialidad para la cual se construyó y los años de vida útil ideal que deberían tener. Se debe saber que el predimensionamiento es el primer paso para poder saber cuáles son las medidas de los elementos estructurales ya que en base a ello se definen todos las cuales comprenden las placas, losas, columnas, vigas, etc. [13].

Cuando se predimensionan los elementos estructurales verticales o columnas para una edificación, el ingeniero especialista o proyectista deberá contar con la seguridad, experiencia y criterio técnico para poder saber si las dimensiones que se asignan o se van a tomar en consideración son las óptimas y tendrán un buen desempeño estructural.

Según [10] la funcionalidad de una estructura siempre va a depender de los elementos estructurales y también del tipo de estructura que se tendrá en consideración ya que puede ser una de pórticos, albañilería confinada, mixta, etc.; entonces las condiciones frente a las que estaremos van a variar y tendremos que efectuar un análisis estructural óptimo.

Finalmente, se debe recalcar que cuando vamos a realizar el predimensionamiento de las columnas para poder ver si cumple entonces se aplicara el poder realizarle el análisis dinámico a la edificación sin espectros de sismo ya que si empleamos estos espectros entonces tendríamos que quizás sobredimensionar y no se vería cual es la función que cumplen las columnas directamente porque ahí tendríamos que optar por considerar placas.

Entonces ante este problema que nos encontramos lo que se busca con la redacción del artículo científico es que se puedan analizar el efecto de los predimensionamiento de las columnas mediante tres métodos diferentes de cálculo, aplicado a una estructura o edificación de seis niveles sin sótano y con un sistema estructural de pórticos.

2. Materiales y métodos. - Para el desarrollo se consideró poder trabajar con una edificación de un sistema estructural de pórticos, la cual cuenta con seis niveles ubicada en el distrito y provincia de Chanchamayo, en la región Junín. Para iniciar con la obtención de los resultados se tuvo que emplear los planos de la estructura en el software AutoCAD versión del año 2020 tal como se puede apreciar en la Figura I, que se emplearan para el predimensionamiento de los elementos estructurales verticales o columnas aplicando tres metodologías distintas para ver cuál es la variación en las dimensiones.

Para poder llegar al objetivo planteado se debe plantear dos variables distintas, las cuales son que las derivas finales del análisis estructural que van a depender directamente de la aplicación de las metodologías de predimensionamiento con las cuales se van a trabajar.

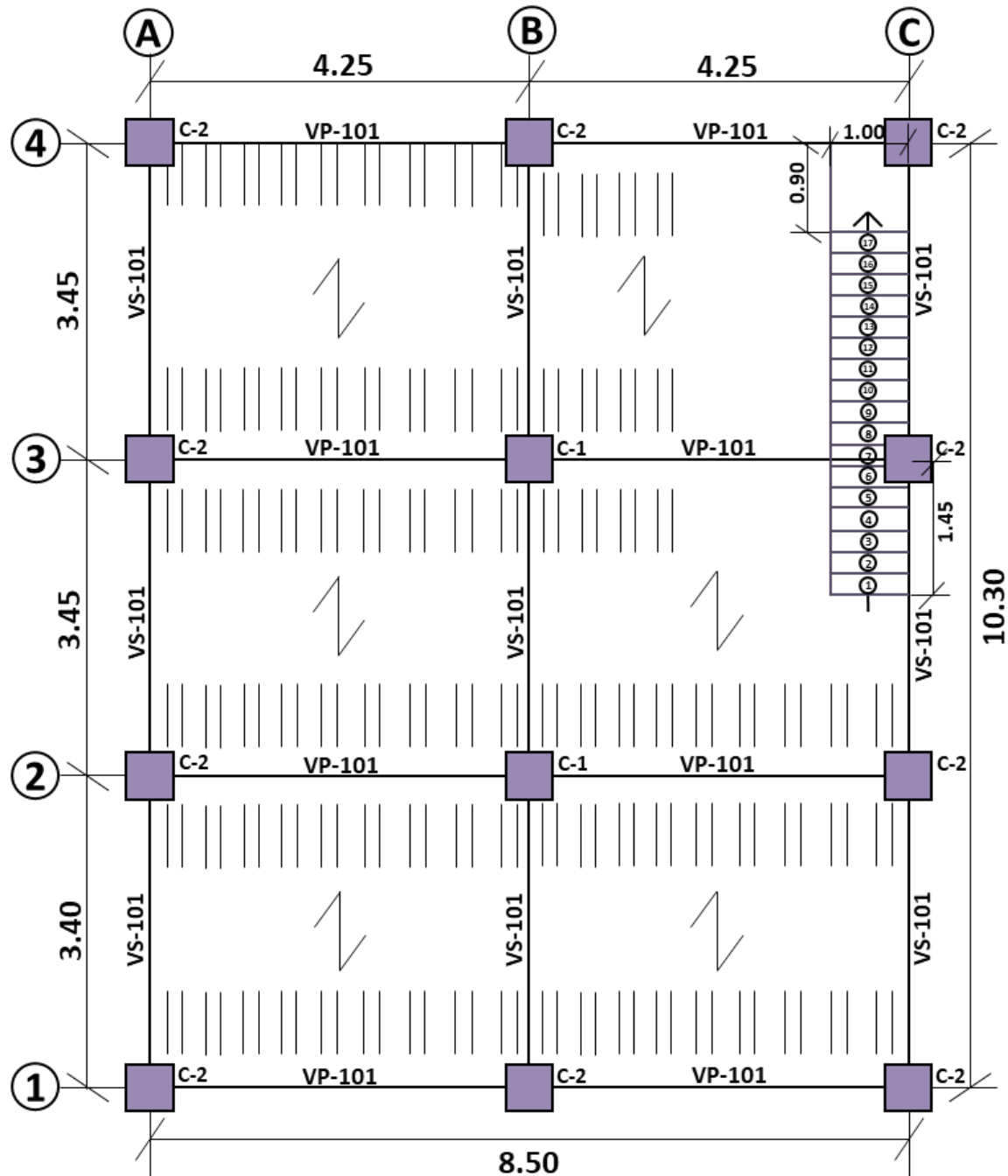


Figura 1: Plano de estructuración de la edificación. Fuente: Elaboración propia (2024).

Se elaboraron los planos de vista en planta para la edificación la cual consta de seis niveles en la cual se detallan las longitudes que se tienen entre ejes tanto lateral y frontal, sentido de la losa que en este caso será aligerada bidireccional ya que la división entre la luz mayor del eje X e Y son menores a 2. También se detallan en qué sentido están las vigas principales y secundarias ya que esto también tendrá influencia en su análisis estructural debido a los diafragmas que se crearan.

2.1. Predimensionamiento por la metodología de gravedad. - Cuando se desarrolla la metodología para aplicar el predimensionamiento por gravedad lo que se llega a producir es que existirá un esfuerzo axial de deformaciones máximas en toda el área de la columna la cual será afectada directamente. (Vásquez Bustamante, 2019)

En este tipo de metodología para poder realizar el predimensionamiento de aplica la siguiente formula $[8 * PG / (n * F'c)] = b * D$, el cual se ha detallado en la siguiente tabla:

Tipo de columna
Céntricas (para el primer nivel)
Céntricas (para los ultimo niveles)
Excéntricas
Esquineras

Tabla 1. Coeficientes para predimensionamiento de columnas aplicando metodología por gravedad. [13]

Nota: En referencia al número de los niveles de la edificación y su ubicación de cada columna es que los coeficientes van a ir variando. Estos coeficientes son los que se observan en la Tabla I.

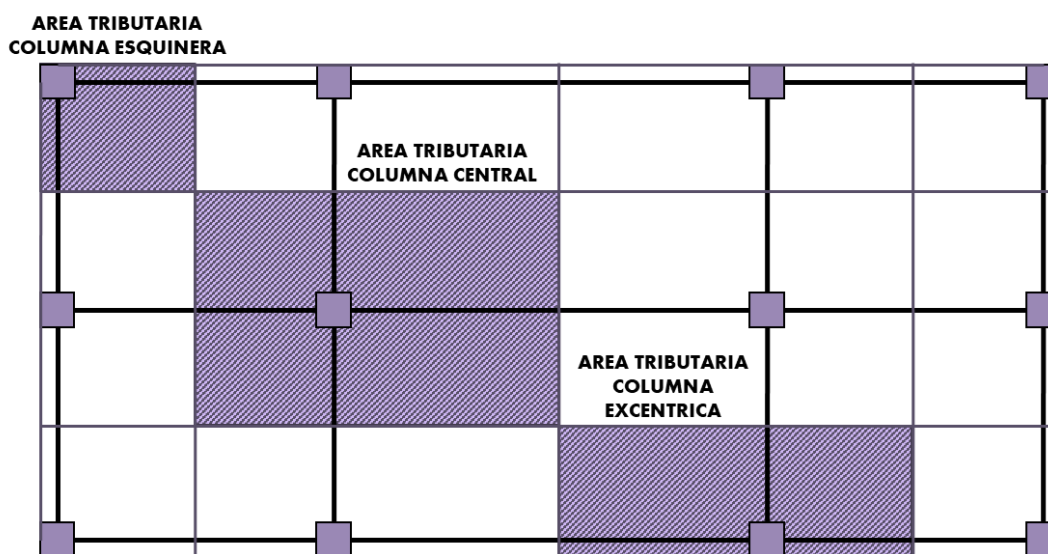


Figura II: Área tributaria de las columnas según su ubicación. Nota: Elaboración propia (2024)

El área tributaria de una columna varía en base a la ubicación en los ejes y también según su posición ya que debido a ello es que se puede determinar las longitudes correspondientes para cada uno de estos elementos estructurales.

			Área Tributaria (m ²)	Nº niveles	n	f'c	Método 01
		λ		6		280	
C 1	E	1.50	3.72		0.20	25.8766	30 x 30
C 2	L	1.25	7.41		0.25	29.8195	30 x 30
C 3	E	1.50	3.72		0.20	25.8766	30 x 30
C 4	L	1.25	7.22		0.25	29.4347	30 x 30
C 5	C	1.10	14.43		0.30	35.6348	40 x 40
C 6	L	1.25	7.22		0.25	29.4347	30 x 30
C 7	L	1.25	7.44		0.25	29.8798	30 x 30
C 8	C	1.10	14.86		0.30	36.1619	40 x 40
C 9	L	1.25	7.44		0.25	29.8798	30 x 30
C 10	E	1.50	3.50		0.20	25.0998	30 x 30
C 11	L	1.25	7.00		0.25	28.9828	30 x 30
C 12	E	1.50	3.72		0.20	25.8766	30 x 30

Tabla II. Predimensionamiento de las columnas de la estructura por el Método de Gravedad.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Nota: n, λ = coeficientes para cada columna según su ubicación en los ejes, Método 01 = Método por gravedad

2.2. Predimensionamiento por la metodología del American Concrete Institute. - Cuando nos referimos al poder trabajar aplicando la metodología del American Concrete Institute nos centramos en poder aplicar a cada una de las secciones de la columna un esfuerzo axial directo utilizando la teoría de que el esfuerzo de servicio se debería aplicar cuando este sea menor al $0.45 * f'c$. [3]

Según el (American Concrete Institute, 2014) existe unas limitaciones para poder analizar en cuanto a las derivas según el propio código del ACI ya que especifica y a la vez muestra una asociación de que la deformación máxima cuando se somete este elemento estructural a compresión solo debe ser de un 3%.

Cuando se aplica la fórmula anterior mencionada se debe tener en consideración dos aspectos de que 0.45 es para columnas centrales y 0.35 para las columnas laterales. (American Concrete Institute, 2014)

Donde:

$$PS = P * \text{Área Tributaria de la Columna} * \text{Número de Niveles} \quad (1)$$

PS = Peso de servicio

Donde P asume los siguientes valores en relación con la categoría o cuan esencial es la edificación con la que se está trabajando.

Parámetros del American Concrete Institute	
Columnas Centrales	Área columna = $PS / (0.45 * f'c)$
Columnas Excéntricas	
Columnas Esquineras	Área columna = $PS / (0.35 * f'c)$

Tabla III. – Coeficientes para el predimensionamiento de columnas aplicando la metodología del A.C.I
Fuente: Adaptado de [7]

Nota: Se debe tener en consideración cual es el $f'c$ = fuerza de compresión del concreto al momento de aplicar el cálculo en el predimensionamiento de las dimensiones de la columna porque mientras mayor sea este dato menor serán las dimensiones.

Categoría		Nº niveles	PS	$f'c$	ACI	Método 02
	A	Área Tributaria (m ²)	6	280		
C 1	1500	3.72	33480		0.35	25 x 25
C 2	1500	7.41	66690		0.35	30 x 30
C 3	1500	3.72	33480		0.35	25 x 25
C 4	1500	7.22	64980		0.35	30 x 30
C 5	1500	14.43	129870		0.45	35 x 35
C 6	1500	7.22	64980		0.35	30 x 30
C 7	1500	7.44	66960		0.35	30 x 30
C 8	1500	14.86	133740		0.45	35 x 35
C 9	1500	7.44	66960		0.35	30 x 30
C 10	1500	3.50	31500		0.35	25 x 25
C 11	1500	7.00	63000		0.35	30 x 30
C 12	1500	3.72	33480		0.35	25 x 25

Tabla IV. Predimensionamiento de las columnas de la estructura por el Método A.C.I.
Fuente: Elaboración propia (2024). Nota: Método 02 = Método del ACI

2.3. Predimensionamiento por la metodología del factor sismo. - Según [9] lo que se debe tener en consideración es que para el predimensionamiento mediante esta metodología se debe aplicar el factor de zona sísmica en donde se va a construir la edificación, además de las condiciones climáticas y topográficas del propio medio, ya que, es muy importante para poder realizar un análisis dinámico y espectral de una determinada edificación.

$$L_{columna} = W \times [(0.25 * V_s * h_{1er\ Piso} * 1002) / (0.007 * G)] * 0.25 \quad (3)$$

Donde:

$$V_s = Z * U * C * S * (W_{FINAL01} + W_{FINAL02})$$

$$PE = V_s * (\text{Área tributaria de la columna})$$

$$\text{Módulo cortante para el concreto } G = E / (2 * (1 + \nu)) = 0.417 * E$$

Abreviatura	Descripción
(f'c)	Resistencia a la compresión del concreto
(Fy)	Valor de fluencia del acero
(#PisosTOTAL)	# de niveles
(S/C SIN AZOTEA)	Sobrecarga de todos los niveles sin considerar la azotea
(S/C CON AZOTEA)	Sobrecarga solo de la azotea
(PP. Col)	Peso de la columna
(PP. Vig)	Peso de la viga
(PP. Alig)	Peso del aligerado
(PP. Tab)	Peso de la tabiquería
(Acb + PP. Col + PP. Vig + PP. Alig + PP. Tab)	Carga Muerta (CM 1)
(Acb + PP. Col + PP. Vig + PP. Alig)	Carga Muerta (CM 2)
S/C SIN AZOTEA	Carga Viva (CV 1)
S/C CON AZOTEA	Carga Viva (CV 2)
$E = 150000 * ((f'c) ^ 0.5)$	Módulo de elasticidad del concreto

Tabla V- Parámetros especificados para el predimensionamiento de columnas aplicando la metodología del factor sísmico. [13]

Nota: La metodología aplicada para poder realizar el predimensionamiento por el factor sismo en una edificación requiere poder considerar varios factores los cuales se extraen de la Norma Técnica Peruana E 0.30 para poder considerar ciertos parámetros los cuales serán de vital importancia y que se han detallado en la Tabla V previamente vista.

Predimensionamiento			Estructuración Simétrica			
Tipo de Columna	AT (m2)	VS (Kg)	b x D	Si b = D (cm)	b x D	Emplear
C 1	3.72	25,958.16	956.24	30.92	1,050	30 x 35
C 2	7.41	51,706.98	1,349.60	36.74	1,400	35 x 40
C 3	3.72	25,958.16	956.24	30.92	1,050	30 x 35
C 4	7.22	50,381.16	1,332.19	36.50	1,400	35 x 40
C 5	14.43	100,692.54	1,883.34	43.40	2,025	45 x 45
C 6	7.22	50,381.16	1,332.19	36.50	1,400	35 x 40
C 7	7.44	51,916.32	1,352.33	36.77	1,400	35 x 40

C 8	14.86	103,693.08	1,911.20	43.72	2,025	45 x 45
C 9	7.44	51,916.32	1,352.33	36.77	1,400	35 x 40
C 10	3.50	24,423.00	927.54	30.46	1,050.00	30 x 35
C 11	7.00	48,846.00	1,311.73	36.22	1,400.00	35 x 40
C 12	3.72	25,958.16	956.24	30.92	1,050.00	30 x 35

Tabla VI. - Predimensionamiento de las columnas de la estructura por el Método de Sismo.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Nota: AT= área tributaria, VS= cortante basal, b = base de la columna, D = peralte de la columna

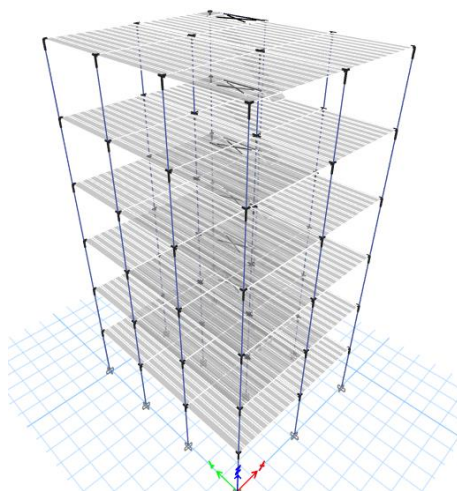


Figura III: Software ETABS V 19.0.0. Nota: Elaboración propia (2024)

Las dimensiones de las columnas obtenidas aplicando las metodologías se insertaron y ejecutaron en el software Etabs, la cual permitió obtener los desplazamientos o drifts para poder ver con que dimensiones la estructura presenta un mejor comportamiento elástico.

Cálculo de derivas	
Regularidad estructural	Regular
Coefficiente de desplazamiento lateral (C1)	1
Coefficiente de reducción sísmica (R)	8
Altura de entrepiso (cm)	280 cm
Máxima desplazamiento en Y-Y	Etabs
Máxima desplazamiento real en Y-Y	Etabs
Máxima deriva de piso en Y-Y (MDP y-y)	Etabs
Revisión máxima deriva en dirección Y-Y	$(C1) * (R) * (MDP \text{ y-y}) \leq 0.007$

Tabla VII. Cálculo de las derivas de cada nivel de la estructura. Fuente: Adaptado de [12]

Nota: Luego de realizar el predimensionamiento aplicando los tres métodos y al ejecutar en el software se procederá a realizar la verificación en base a las derivas obtenidas haciendo una referenciación con la Tabla IV.

Estas derivas no deben exceder en 1% a la altura de cada nivel que se consideró en la estructura que en este caso fue de 280 cm.

3. Resultados. - Cuando se ejecutó el predimensionamiento de cada una de las columnas aplicando las tres metodologías que se mencionaron en la introducción de este artículo científico, se ha optado por considerar y detallar en la Tabla VIII cuales serán esas dimensiones para cada uno de los métodos, pero también se han distribuido en tres tipos de columnas tanto como son las centrales, esquineras y laterales las cuales como sabemos tienen un diferente comportamiento estructural.

Las dimensiones utilizadas se detallan a continuación:

Características	Método 01	Método 02	Método 03
Columnas centrales (C 1)	40 x 40	35 x 35	45 x 45
Columnas laterales (C 2)	30 x 30	30 x 30	40 x 35
Columnas esquineras (C 3)	30 x 30	25 x 25	35 x 30

Tabla VIII. Predimensionamiento de las columnas obtenidas de los métodos aplicados.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Nota: Seguido de realizar los modelados de la edificación de seis niveles se aplicó también el poder crear un espectro de sismo el cual se efectúa utilizando las condiciones propias del suelo, tipo de edificación y otros aspectos esenciales más. Estos factores se extrajeron de la Norma Técnica Peruana E 0.30; de este proceso se obtienen el producto que se buscaba que son las derivas que se obtienen de la edificación.

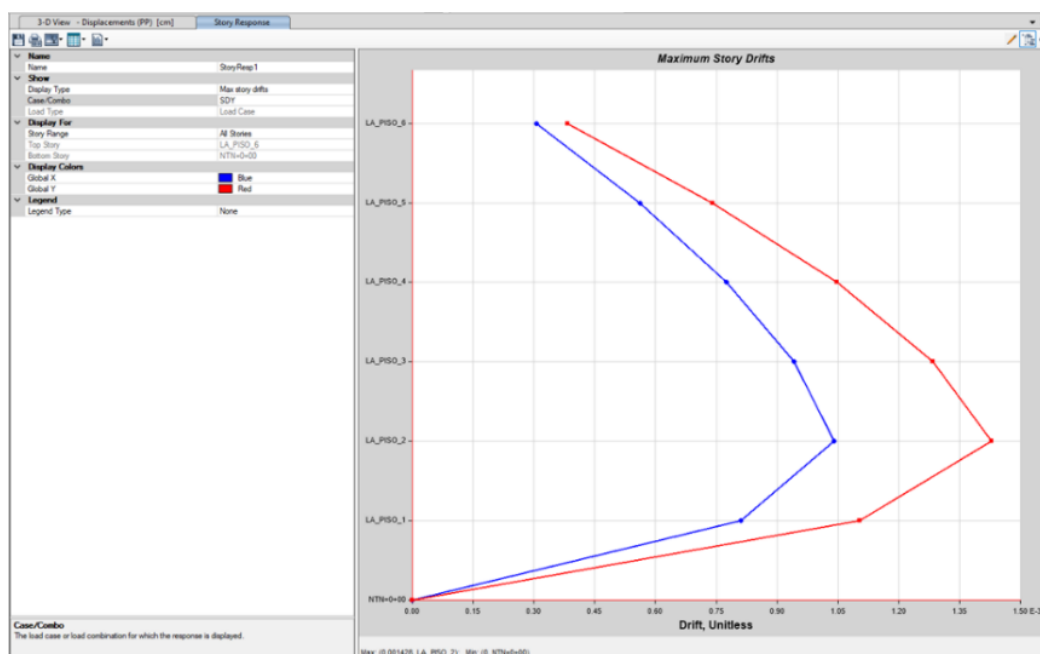


Figura IV: Diagrama de interacción de la columna más crítica aplicando el Método 01.

Nota: Elaboración propia (2024)

De los resultados obtenido cuando se aplicó el Método 01, nos arrojó que la columna en la dirección de sentido Y – Y se obtiene un 0.001428 cm tal como se observa en la Figura IV, seguido de ello se verifica propiamente como se detalló en el aspecto teórico a que este valor no debe superar el 0.007 cm.

Luego de ello verificamos la Tabla IX donde la deriva máxima aplicada tiene un valor de 0.0086 cm, la cual de acuerdo con la norma E 0.30 no cumple al cálculo máximo de la verificación de la deriva.

Verificación de la deriva producida con el Método 01	
Regularidad Estructural	Regular
Coefficiente para el Desplazamiento Lateral (C1)	0.75
Coefficiente de Reducción Sísmica (R)	8
Altura de entrepiso (cm)	280 cm
Desplazamiento Máximo en Y-Y	1.76 cm
Desplazamiento Máximo Real en Y-Y	10.56 cm
Verificación de la deriva en dirección y-y	0.0086 <= 0.007 (NO)

Tabla IX. Verificación de la deriva utilizando el método 01. Fuente: Elaboración propia (2024)

Nota: MDP y-y = Deriva máxima.

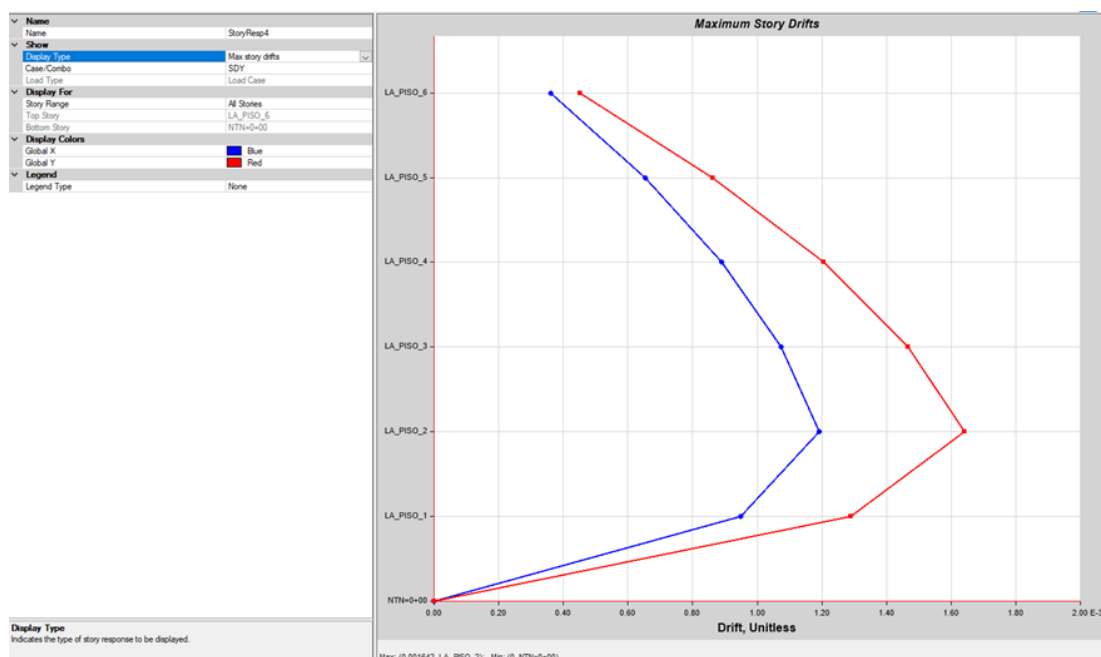


Figura V. Diagrama de interacción de la columna más crítica aplicando el Método 02.

Nota: Elaboración propia (2024)

De los resultados obtenido cuando se aplicó el Método 02, nos arrojó que la columna en la dirección de sentido Y – Y se obtiene un 0.001642 cm tal como se observa en la Figura V, seguido de ello se verifica propiamente como se detalló en el aspecto teórico a que este valor no debe superar el 0.007 cm.

Luego de ello verificamos la Tabla X donde la deriva máxima aplicada tiene un valor de 0.0099 cm, la cual de acuerdo con la norma E 0.30 no cumple al cálculo máximo de la verificación de la deriva.

Verificación de la deriva producida con el Método 02		
Regularidad Estructural		Regular
Coefficiente para el Desplazamiento Lateral (C1)		0.75
Coefficiente de Reducción Sísmica (R)		8
Altura de entrepiso (cm)		280 cm
Desplazamiento Máximo en Y-Y		2.02 cm
Desplazamiento Máximo Real en Y-Y		12.10 cm
Verificación de la deriva en dirección y-y		0.0099 <= 0.007 (NO)

Tabla X. - Verificación de la deriva utilizando el método 02

Fuente: Elaboración propia (2024). Nota: MDP y-y = Deriva máxima

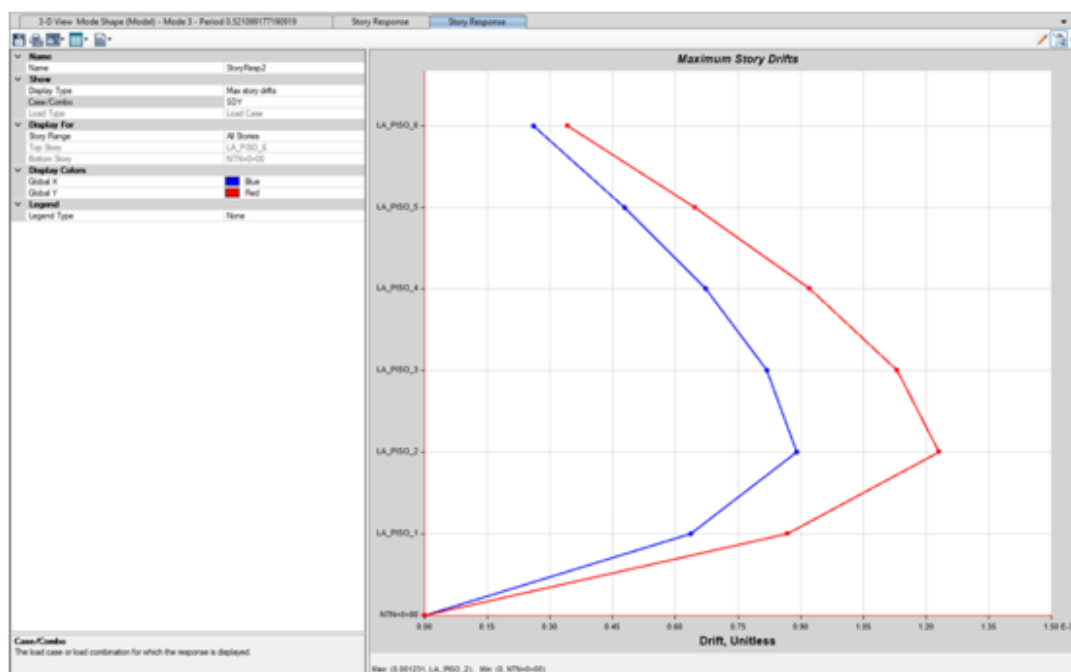


Figura VI. Diagrama de interacción de la columna más crítica aplicando el Método 03

Nota: Elaboración propia (2024)

De los resultados obtenidos cuando se aplicó el Método 02, nos arrojó que la columna en la dirección de sentido Y – Y se obtiene un 0.001231 cm tal como se observa en la Figura VI, seguido de ello se verifica propiamente como se detalló en el aspecto teórico a que este valor no debe superar el 0.007 cm.

Luego de ello verificamos la Tabla XI donde la deriva máxima aplicada tiene un valor de 0.0069 cm, la cual de acuerdo con la norma E 0.30 no cumple al cálculo máximo de la verificación de la deriva.

Verificación de la deriva producida con el Método 03	
Regularidad Estructural	Regular
Coefficiente para el Desplazamiento Lateral (C1)	0.75
Coefficiente de Reducción Sísmica (R)	8
Altura de entrepiso (cm)	280 cm
Desplazamiento Máximo en Y-Y	1.52 cm
Desplazamiento Máximo Real en Y-Y	9.10 cm
Verificación de la deriva en dirección y-y	0.0074 <= 0.007 (NO)

Tabla XI. - Verificación de la deriva utilizando el método 03

Fuente: Elaboración propia (2024). Nota: MDP y-y = Deriva máxima.

4. Discusión. - El presente artículo científico ha permitido poder ver y realizar la comparativa de los resultados obtenidos en cuanto a las dimensiones de las columnas de una edificación y verificar cual es la variación de los desplazamientos de la estructura.

Según [4] los métodos de predimensionamiento siempre presentan diferentes condiciones de aplicación y que esto puede verse en el resultado final. Las variaciones finalmente se pudieron observar en las derivas ya que en cuanto a las dimensiones siempre el área total del elemento estructural será el mismo.

Cabe mencionar que para esta comparativa de las derivas o distorsiones que se producen en los entrepisos se utiliza la Tabla N° 11 de la normativa previamente mencionada.

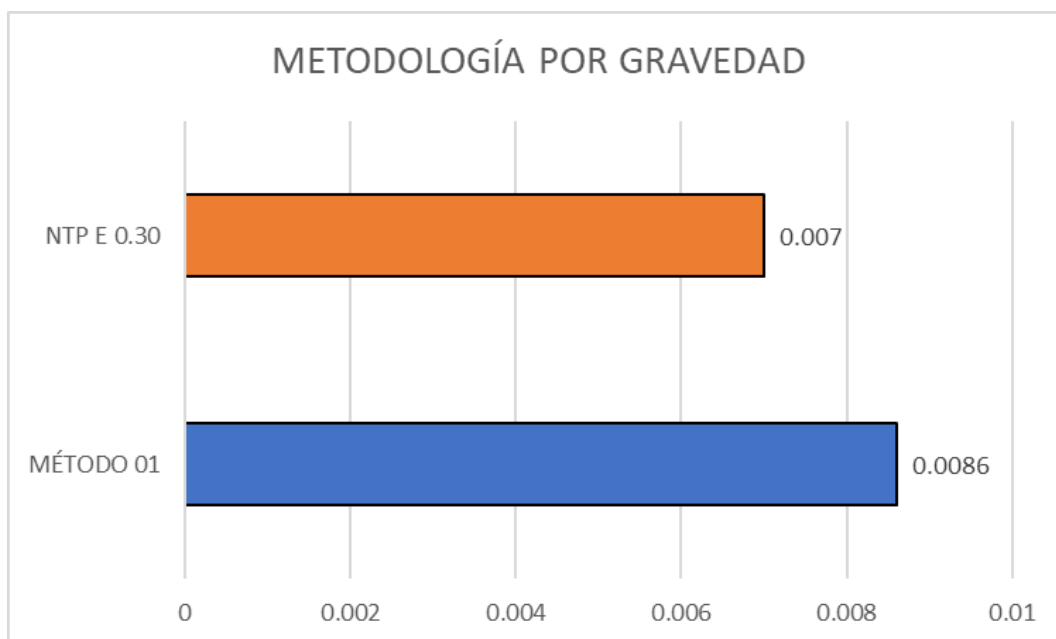


Figura VII. Comparación de la deriva obtenida con el primer método aplicado. Nota: Elaboración propia (2024)

Al momento de aplicar el método por gravedad se obtuvo como resultado que el valor máximo que fue producido en el eje Y-Y, con un valor de 0.0016 cm, en la cual la Figura VII representa casi en exceso a un 22.85 % con lo que respecta al valor que nos menciona la Norma Técnica Peruana E 0.30.

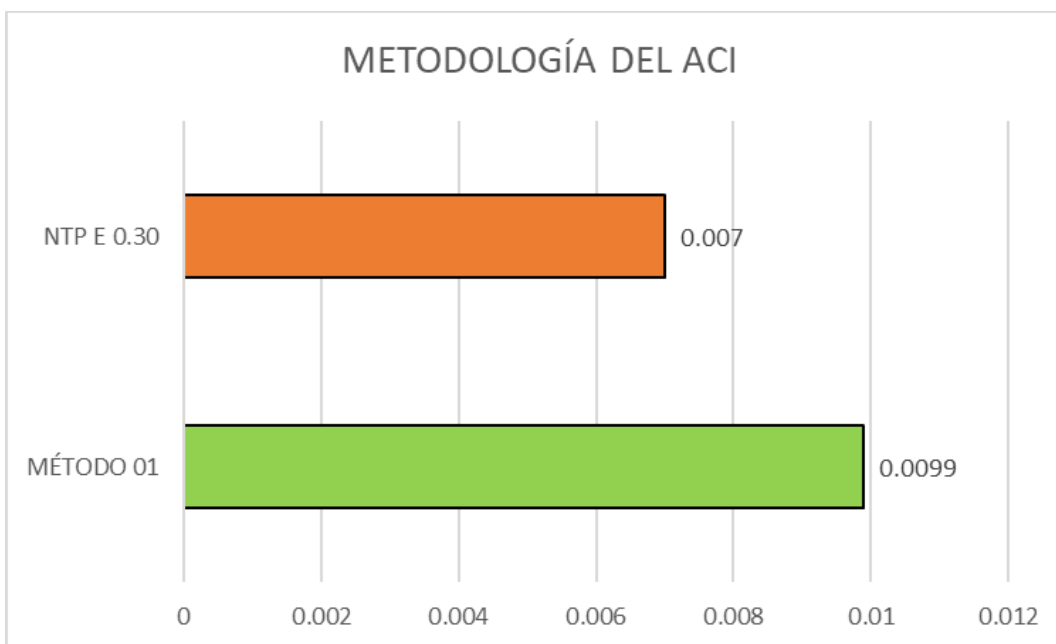


Figura VIII. Comparación de la deriva obtenida con el segundo método aplicado. Nota: Elaboración propia (2024)

Al momento de aplicar el método del ACI se obtuvo como resultado que el valor máximo que fue producido en el eje Y-Y, con un valor de 0.0029 cm, en la cual la Figura VIII representa casi en exceso a un 41.43 % con lo que respecta al valor que nos menciona la Norma Técnica Peruana E 0.30.

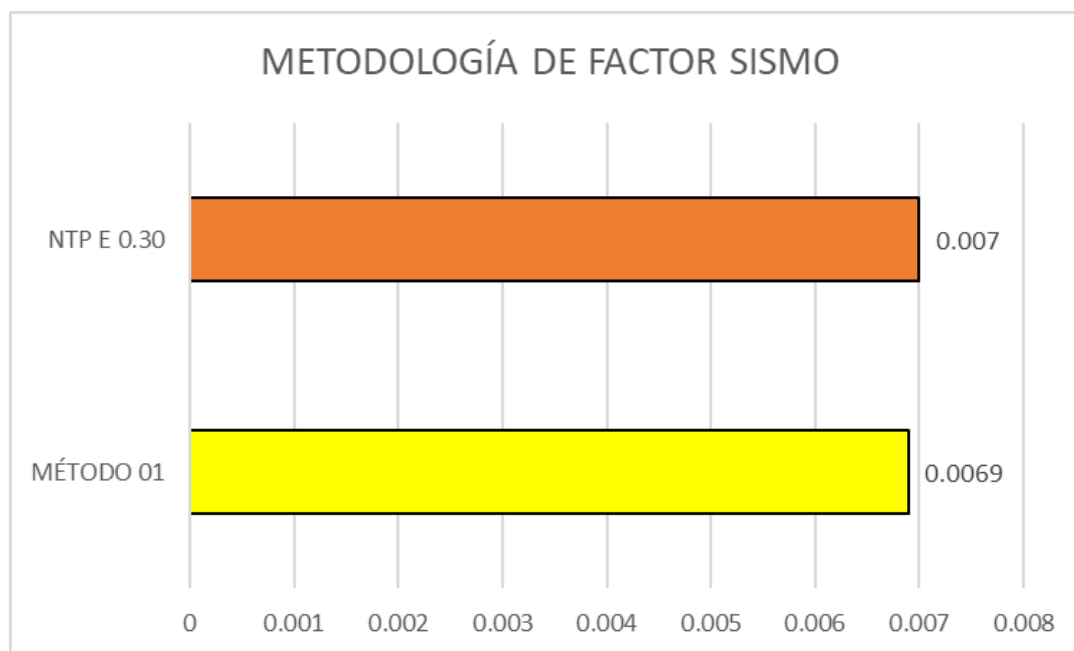


Figura IX. Comparación de la deriva obtenida con el segundo método aplicado. Nota: Elaboración propia (2024)

Al momento de aplicar el método por el factor sismo se obtuvo como resultado que el valor máximo que fue producido en el eje Y-Y, con un valor de 0.0004 cm, en la cual la Figura IX representa casi en exceso a un 5.71 % con lo que respecta al valor que nos menciona la Norma Técnica Peruana E 0.30.

5. Conclusiones. - Cuando se realizó el predimensionamiento de las columnas para la edificación con la que se está trabajando se aplicaron las metodologías tales como son la de gravedad, American Concrete Institute y el de factor sismo; esto nos permite poder realizar la precisión de que en todos los casos se ha podido observar una mayor distorsión en el segundo nivel debido a que es donde la estructura comienza a fallar.

De los tres métodos que se emplearon en el predimensionamiento con el que mejor resultados se obtuvieron en cuanto a las derivas que arrojó el análisis dinámico con espectro fue el tercer método el cual es del factor sismo teniendo una deriva de 0.0074 la cual como sabemos supera la distorsión máxima permitida, pero entre todos fue el menor.

Al emplear las metodologías de predimensionamiento en la estructuración para poder ejecutar las verificaciones se pudo observar que las dimensiones de las columnas por un hecho directo que mientras más niveles tenga la edificación mayor serán las medidas pero lo que también se pudo concluir es que las columnas rectangulares trabajan de mejor manera estructuralmente en comparación a las cuadradas ya que su centro de gravedad o centroide no trabajara de forma directa con las cargas que se calculan en el metrado de cargas.

Finalmente, de los resultados obtenidos se pudo obtener que con el primer método aplicado la deriva fue de 0.0086, con el segundo método el valor obtenido fue de 0.0099 y con el ultimo método se obtuvo de 0.0074; se puede afirmar que en el tercer método se aplicó una columna rectangular en el elemento que produce el mayor desplazamiento en comparación con los otros métodos que casi las dimensiones de esas columnas tanto en ancho y peralte fueron casi iguales.

Las mayores derivas producidas cuando se aplicaron los tres métodos de predimensionamiento para poder comparar las derivas fueron producidos en el eje Y y esto hace referencia a que quizás la longitud entre luces de ese lado es menor ya que el comportamiento estructural de la edificación afectara más en esa zona. [5]

Referencias

- [1] American Concrete Institute, A. (2014). Requisito de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S - 14). Always advancing.
- [2] Barbat, A. H., Vargas, Y. F., Pujades, L. G., & Hurtado, J. E. (2016). Evaluación probabilista del riesgo sísmico de estructuras con base en la degradación de rigidez. *ScienceDirect*, XXXII, 39-47. Recuperado el Enero de 2024, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131515000073>
- [3] Blanco, A. (1996). Estructuración y Diseño de Estructuras de concreto Armado.
- [4] Calderón, R. J. (1996). Predimensionamiento de columnas en edificaciones de concreto armado.
- [5] Chávez, A., & Ascencios, H. (2015). Análisis estructural y diseño sísmico de un edificio de 9 pisos con semisótano.
- [6] Espinosa Cazarín, E. F., Terán Gilmore, A., Zúñiga Cuevas, O., & Jean Perilliat, R. (Junio de 2014). Consideraciones para el diseño sísmico de edificios altos de mampostería confinada ubicados en zonas sísmicas. *SCIELO(90)*, 88-109. Recuperado el 01 de 2024, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2014000100004&lang=es
- [7] Gauri G., K., & Mundhada, D. (2017). Comparative Study of Static and Dynamic Seismic Analysis of. *International Journal of Engineering Research*, VII, 06-10. doi:10.9790/9622-0705050610
- [8] Luévanos, A. (2012). A comparative study of two models for the seismic analysis of buildings. *SCIELO*, XXXII(3), 37-41. Recuperado el Enero de 2024
- [9] Ortiz, E. L. (2012). Diseño estructural sismo-resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado "Limburg Platz" de la ciudad de Quito, para garantizar la seguridad de los ocupantes (Bachelor's thesis).
- [10] Trinchese Boscardin, J., Yepes, V., & Kripka, M. (2019). Optimization of reinforced concrete building frames with automated. *ICITECH*, 1.
- [11] Vásquez Bustamante, O. (2019). Reglamento Nacional de Edificaciones E 0.30. Lima.
- [12] Vasquez, O. (2019). Reglamento Nacional de Edificaciones E 0.30.
- [13] Vivar Q., A. (2021). Ingeniería en Edificaciones Aplicando la NTE E 0.20. Lima: Draft S.A.C Ingenieros.
- [14] Wahane, R. M., & Phuke, R. M. (Junio de 2017). Comparative Study of Various Seismic Analysis Methods for Rc. *Journal of Engineering Research and Application*, VII, 30-36. doi:10.9790/9622-0706033036

Nota contribución de los autores:

1. Concepción y diseño del estudio
2. Adquisición de datos
3. Análisis de datos
4. Discusión de los resultados
5. Redacción del manuscrito
6. Aprobación de la versión final del manuscrito

MPRV ha contribuido en: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

RRPL ha contribuido en: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

JSLY ha contribuido en: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Nota de aceptación: Este artículo fue aprobado por los editores de la revista Dr. Rafael Sotelo y Mag. Ing. Fernando A. Hernández Goberti.