

Metrado de carga en edificaciones: método tradicional manualmente y computacionales (ETABS)

Load metering in buildings: traditional method manually and computationally (ETABS)

• Marcos Rupay ¹ • Yesenia Baltazar ² • Asly Flores ³ • Abel Malpartida ⁴

¹ Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Chanchamayo, Perú.

Correo electrónico: mrupay@uniscjsa.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7891-1838>

² Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Chanchamayo, Perú.

Correo electrónico: 73682950@uniscjsa.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7046-1448>

³ Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Chanchamayo, Perú.

Correo electrónico: 72283292@uniscjsa.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0389-1539>

⁴ Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Chanchamayo, Perú.

Correo electrónico: 75093622@uniscjsa.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8204-9885>

Recibido: 20 junio del 2024 / **Revisado:** 10 julio del 2024 / **Aprobado:** 28 julio del 2024 / **Publicado:** 29 agosto del 2024

RESUMEN

El proceso de metrado de carga en edificaciones es crucial para garantizar la seguridad estructural y la eficiencia en el diseño y construcción de estructuras. Este estudio científico examina diversas metodologías de metrado de carga utilizadas en la ingeniería civil y arquitectura, evaluando su precisión, ventajas y limitaciones. Se comparan enfoques tradicionales tanto manualmente como métodos computacionales avanzados, considerando factores como la complejidad estructural, la carga en vivo y muerta, así como las condiciones sísmicas. Los hallazgos destacan la importancia de adoptar enfoques integrales y precisos para el metrado de carga, con implicaciones significativas para el diseño y la seguridad de las edificaciones.

Palabras clave: Seguridad estructural, metrado, diseño.

ABSTRACT

The process of load metering in buildings is crucial to guarantee structural safety and efficiency in the design and construction of structures. This scientific study examines various load metering methodologies used in civil engineering and architecture, evaluating their accuracy, advantages and limitations. Traditional approaches are compared both manually and advanced computational methods, considering factors such as structural complexity, live and dead loading, as well as seismic conditions. The findings highlight the importance of adopting comprehensive and accurate approaches to load metering, with significant implications for building design and safety.

Keywords: Structural safety, metering, design.

1. INTRODUCCIÓN

El metrado de carga es un proceso esencial en la Ingeniería Civil y Arquitectura, que implica la determinación y distribución de cargas actuantes para una estructura. Es importante destacar que dichas cargas incluyen el conjunto de fuerzas estáticas y dinámicas, y su correcta estimación es fundamental para poder garantizar una buena

estabilidad y por lo tanto mejora la seguridad de las edificaciones. Si bien es cierto el avance tecnológico ha permitido generar nuevos conocimientos, y también se ha mejorado y actualizado las herramientas computacionales, han surgido nuevos enfoques para el metrado de carga, que ofrecen una mayor precisión y

eficiencia en comparación con los métodos tradicionales manuales y computarizados. Para esta investigación se realizará el metrado de carga para tres elementos estructurales de una edificación de tres pisos, se evaluarán las vigas, columnas y losa aligerada respectivamente. Estos

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Metrados de carga

La Norma E.020 refiere que las edificaciones deberán tener la capacidad de soportar cargas que se les impongan sin causar esfuerzos o alguna deformación que lleguen a exceder los parámetros designados para cada material estructural (Perú Patente nº E.020, 2020).

2.1.1. Cargas estáticas

Las cargas estáticas son las que tienen una aplicación lenta sobre la estructura, es decir, no se aprecian las vibraciones, en cuanto a su clasificación, éstas se dividen en cargas vivas y cargas muertas o permanente.

La E.020 define a una carga permanente como cargas asociadas a la gravedad que actúan durante el tiempo que son aplicadas en la estructura. Entre ellas se consideran al peso propio, el peso de acabados, peso de tabiquería, y el peso de otros elementos permanentes en la estructura. Por su parte se define a la carga como el peso global de los habitantes, peso de los materiales, peso de los muebles, y peso de ya sea nieve, agua, o carros, es decir todos los elementos que no son fijos, es decir móviles que estarán actuando esporádicamente sobre la estructura.

2.1.2. Cargas dinámicas

Las cargas dinámicas presentan magnitud, dirección y sentido, tienen variación rápida con el tiempo es decir

2.2. Metodología

En esta presente investigación se ha revisado la literatura científica y técnica relacionada con el metrado de carga en edificaciones. Se examinan diferentes metodologías, incluyendo el método de las cargas por piso, el método de las cargas concentradas, y enfoques más avanzados como el método de los elementos finitos y la simulación computacional. Se analizan casos de estudio y ejemplos prácticos para

elementos se evaluarán de manera independiente en la forma manual teniendo como resultante la sumatoria de carga viva con la carga muerta, asimismo se obtendrá el resultado de masa total tanto para X, Y en el resultado empleando el software ETABS.

sí producen vibraciones, se clasifican en viento, sismos, cargas impulsivas, vibraciones causadas por maquinarias. (Bartolomé Ramos, 2019).

El viento es considerado como un fluido en movimiento, mismo que actúa como cargas estáticas, no obstante, es necesario verificar que el periodo fundamental para vibración sea diferente con el de las ráfagas del viento, puesto a que al ser el mismo se hace presente la resonancia respecto a la estructura. Las ondas sísmicas por su parte provocan en la estructura un conjunto de aceleración respecto a las masas, entonces se tiene como opinión final que las fuerzas de inercia son variantes respecto al tiempo. En cuanto a las cargas impulsivas estas tienen una duración relativamente corta por ejemplo una explosión. Por ultimo las vibraciones que son ocasionadas por maquinarias llegan a afectar a la estructura en cuestión.

2.1.3. Cargas según su ubicación

Las cargas se clasifican en dos, las puntuales y las distribuidas. Las cargas puntuales o concentradas son aquellas que se aplican en una determinada área mínima respecto al área total, por ejemplo; columnas o vigas que se apoyan sobre una viga. En cambio, la carga distribuida es aquella que se encuentra repartida en un área a lo largo del elemento estructural o la gran parte de éste, un claro ejemplo son los muros de ladrillos ya que transmiten la carga a la viga de cimentación.

evaluar la precisión y eficacia de cada enfoque en diferentes contextos y condiciones estructurales.

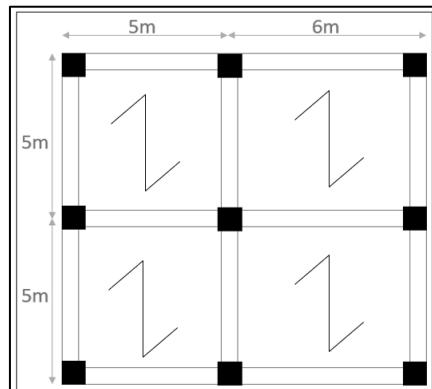
2.3. Metrado de carga de un edificio porticado de manera tradicional

Se considera un edificio de tres pisos simétrico en la dirección en la que se analiza. El peso de los niveles 1 y 2 es de 110 ton y el peso del nivel 3 es de 60 ton. Las columnas son de 40 cm x 40 cm, la viga

es de 30 cm x 60 cm y la losa aligerada tiene un espesor de 25 cm. (Rupay Vargas, 2018).

Figura 1

Vista en planta de la estructura

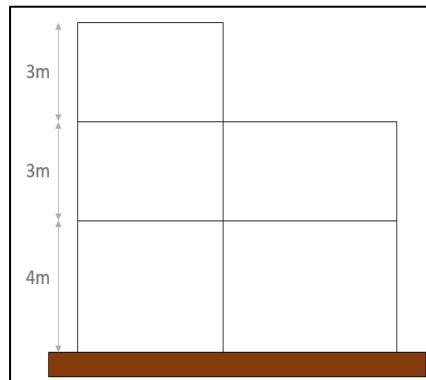


2.3.1. Condiciones generales

Se toma como base a la Norma E.020 para realizar el cálculo de la CM (Carga Muerta) actuante sobre elementos que componen una edificación, para ello se requiere conocer antes de una serie de pesos: el peso propio y los otros pesos que están aplicados sobre la estructura. La norma E.020 posee una serie de anexos que muestran datos normalizados que llegan a ser empleados para evaluar el metrado de cada elemento estructural, entonces en el Anexo 1. Se aprecian los pesos

Figura 2

Vista en perfil de la estructura

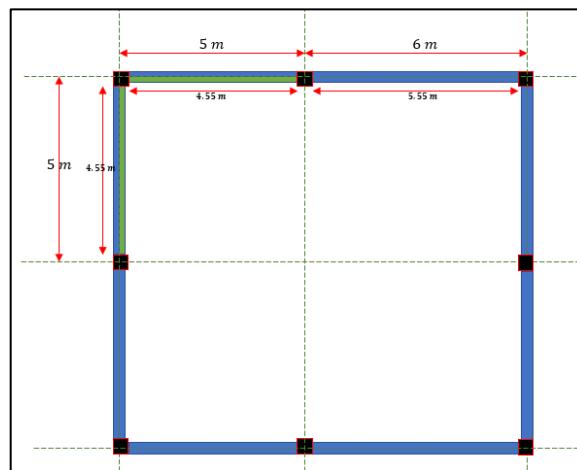


unitarios de diversos materiales y elementos. Para el desarrollo de esta evaluación se emplea el valor respecto a una estructura con material de concreto armado que equivale a un peso unitario de 2400 kgf/m³.

Así vez, en el capítulo 3, artículo 6.1, de la norma E.020 se aprecian los valores de carga viva repartida para los pisos que son variantes dependiendo del uso que se le asigna a cada edificación. Para este análisis se considera una sobre carga de 250 kgf/cm² debido a que el uso de la edificación es oficina exceptuando salas de archivo y computación.

Figura 3

Dimensiones para el metrado



2.3.2. Losa aligerada

La losa aligerada se describe como el conjunto de viguetas que se apoyan sobre las vigas principales (Humpine

Colquehuanca, 2018). Por lo general están espaciadas a 40 cm entre sí, para el análisis respectivo en el metrado de carga se considera una franja de aligerado de 1 m de ancho.

Tabla 1
Losa aligerada de Concreto Armado

Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior (m)	Peso propio (kgf/m ²)
0.17	0.05	280
0.20	0.05	300
0.25	0.05	350
0.30	0.05	420

En cuanto al análisis de la CM actuante sobre cada vigueta se considera para el peso propio del piso terminado el valor de **100 kg/m²**.

Mismo que se analiza en una determinada área, esta área se toma a partir de un metro lineal de vigueta y posteriormente se multiplica con el valor de la CV (Carga Viva).

Tabla 2
Metrado de carga para losa aligerada.

Piso n° 01								
Losa	Área	Peso/m ²	Peso total	Cm adicional	Peso cm ad	S/C	CV	
1	110	350	38500	240	26400	250	27500	
Piso n° 02								
Losa	Área	Peso/m ²	Peso total	Cm adicional	Peso cm ad	S/C	CV	S/C
2	110	350	38500	240	12000	250	12500	100
Piso n° 03								
Losa	Área	Peso/m ²	Peso total	Cm adicional	Peso cm ad	S/C	CV	
3	50	350	17500	140	7000	100	5000	

Para realizar el análisis sísmico es preciso considerar el valor de la altura desde el piso hasta la columna en cuanto a las vigas se toma el valor de la luz libre entre columnas. Para el

metrado de altura de columna por sismo se considera la mitad de la columna del nivel anterior y del nivel posterior (Delgado Contreras, 2011).

2.3.3. Viga principal

Las vigas estructurales sirven de apoyo para la losa de la estructura ya sea aligerada o maciza, éstas someten a las losas a una serie de cargas que actúan directamente sobre la losa en

cuestión, entre estas cargas se aprecian el peso propio, peso de tabiquería, el peso de parapetos, y otros que implican un peso sobre la estructura.

Tabla 3
Metrado de carga para vigas de la edificación.

Piso n° 01								
Viga	L1	L2	Long ejes	Peso esp.	Área	Peso vig	Nº veces	Peso total
V-1	0.30	0.60	4.60	2400	0.18	1987.20	9	17884.80
V-2	0.30	0.60	5.60	2400	0.18	2419.20	3	7257.60

Piso n° 02								
Viga	L1	L2	Long ejes	Peso esp.	Área	Peso vig	N° veces	Peso total
V-1	0.30	0.60	4.60	2400	0.18	1987.20	9	17884.80
V-2	0.30	0.60	5.60	2400	0.18	2419.20	3	7257.60
Piso n° 03								
Viga	L1	L2	Long ejes	Peso esp.	Área	Peso vig	N° veces	Peso total
V-1	0.30	0.60	4.60	2400	0.18	1987.20	7	13910.40

2.3.4. Columna

Analizando la CM de una columna se tiene en cuenta la carga de la losa. Ahora, debido a que las vigas se

apoyan sobre las columnas éstas le transmiten la fuerza cortante, mismas que llegan a acumularse y se denomina como carga axial para cada entrepiso

Tabla 4
Metrado de carga para columnas de la edificación

Piso n° 01										
	L1	L2	Alt inf	Alt sup	Peso esp.	Área	Peso col	N° veces	Peso total	
C-1	0.40	0.40	4.00	3.00	2400.00	0.16	1344.00	9.00	12096.00	
Total									12096.00	
Piso n° 02										
	L1	L2	Alt inf	Alt sup	Peso esp.	Área	Peso col	N° veces	Peso total	
C-1	0.40	0.40	3.00	3.00	2400.00	0.16	1152.00	9.00	10368.00	
Total									10368.00	
Piso n° 03										
	L1	L2	Alt inf	Alt sup	Peso esp.	Área	Peso col	N° veces	Peso total	
C-1	0.40	0.40	3.00	0.00	2400.00	0.16	576.00	6.00	3456.00	
Total									3456.00	

Después de los cálculos realizados por cada elemento estructural: losa aligerada, columna y vigas y respecto

a cada piso se tiene los siguientes resultados.

Tabla 5
Resumen del metrado de carga de la edificación

	Columna	Viga	Losa	Cm adicional	Cm total	CV total	Peso total (kg)
Piso n° 01	12096.00	25142.40	38500.00	26400.00	102138.40	6875.00	103857.15

Piso nº 02	10368.00	25142.40	38500.00	12000.00	86010.40	4625.00	87166.65
Piso nº 03	3456.00	13910.40	17500.00	7000.00	41866.40	1250.00	42178.90

2.4. Metrado de carga de un edificio porticado de manera computacional (ETABS)

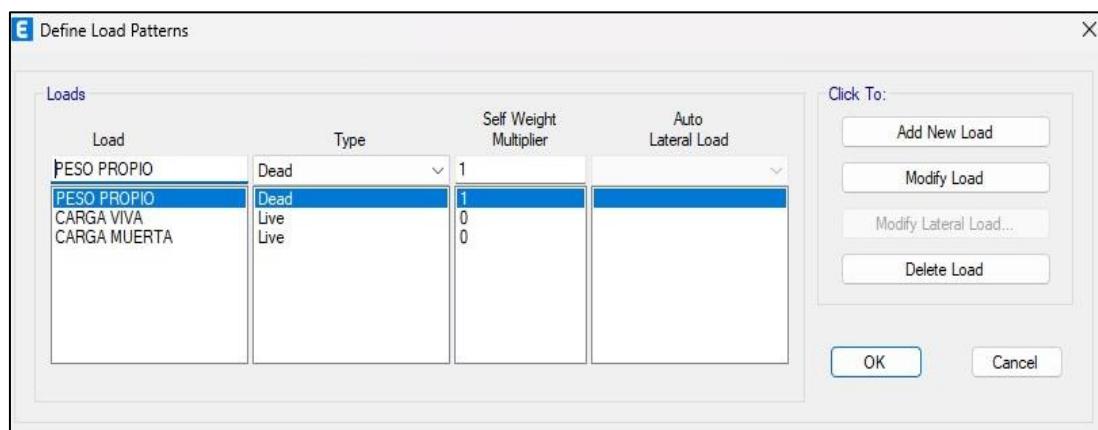
Para lograr el diseño de elementos de concreto armado se debe realizar mediante el técnica o método elástico o cargas de servicio o el método de resistencia conocido también como cargas últimas (Blanco Blasco). Las cargas actuantes que se usan en el análisis estructural deben cumplir con lo estipulado en la Norma E.020 y la Norma E.030 (Perú Patente nº E.030, 2020).

Se considera la Norma E.020 para realizar el análisis y diseño sismorresistente de una edificación (IBM STRUCTURE, 2020). Para ello se considera el metrado de carga elaborado manualmente por cada nivel tanto para CV y CM según el tipo de uso asignado (Morales Morales).

Primero se ha definido tres estándares de carga uno para carga muerta (CM), otro para carga viga (CV) y el último considerando el peso propio.

Figura 4

Definición de patrones de carga



La norma E.030 en el artículo 26 (Perú Patente nº E.030, 2020), refiere que el peso (P) se calcula adicionando a la carga

permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

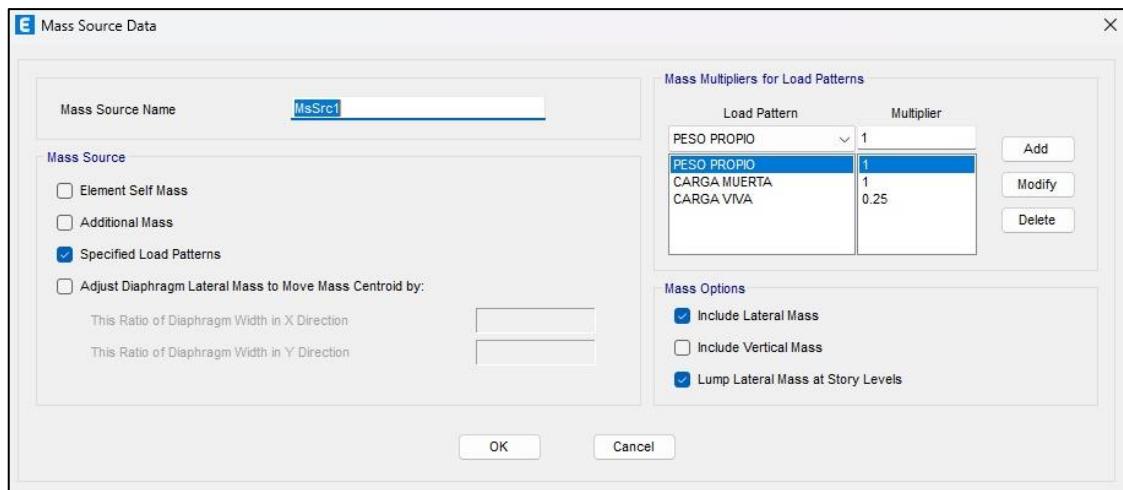
Tabla 6
Amplificación del peso sísmico según el tipo de edificación

Edificaciones (Categoría)	Amplificación del peso sísmico
A y B	50% de la carga viva
C (Edificaciones comunes)	25% de la carga viva
Depósitos	80% del peso total que es posible almacenar.
Azoteas y techos	25% de la carga viva
Estructuras de tanques, silos y estructuras similares	100% de la carga que puede contener

Se considera la amplificación del peso sísmico correspondiente a una edificación de tipo C que corresponde a las

edificaciones comunes, en este caso el uso es de oficina por lo tanto se aplicará el porcentaje según la tabla anterior mismo que es un 25% de la CV

Figura 5
Definición de amplificación de peso sísmico en carga viva



2.4.1. Asignación de cargas vivas (CV)

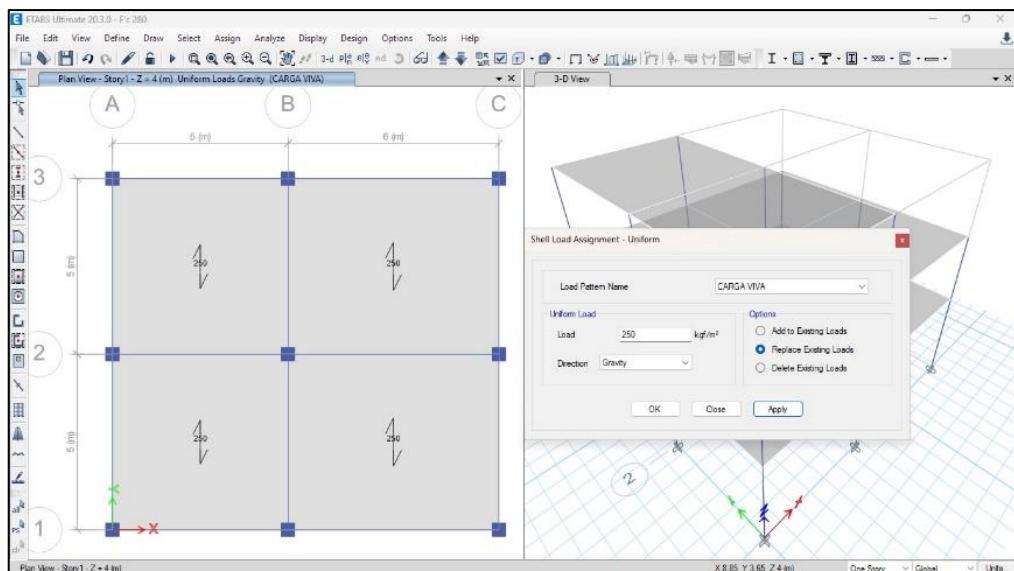
Para la carga viva del primer nivel se consideran los valores correspondientes al Capítulo 3 – Artículo 6 de la Norma E.020.

Tabla 7
Carga Viva para oficinas

Ocupación o uso	Kgf/m2
Exceptuando salas de archivo y computación	250
Salas de archivo	500
Salas de computación	350
Corredores y escaleras	400

Para el diseño se toma el valor de 250 Kg/m²., entonces esa carga se agrega a todos los paños correspondientes al primer piso.

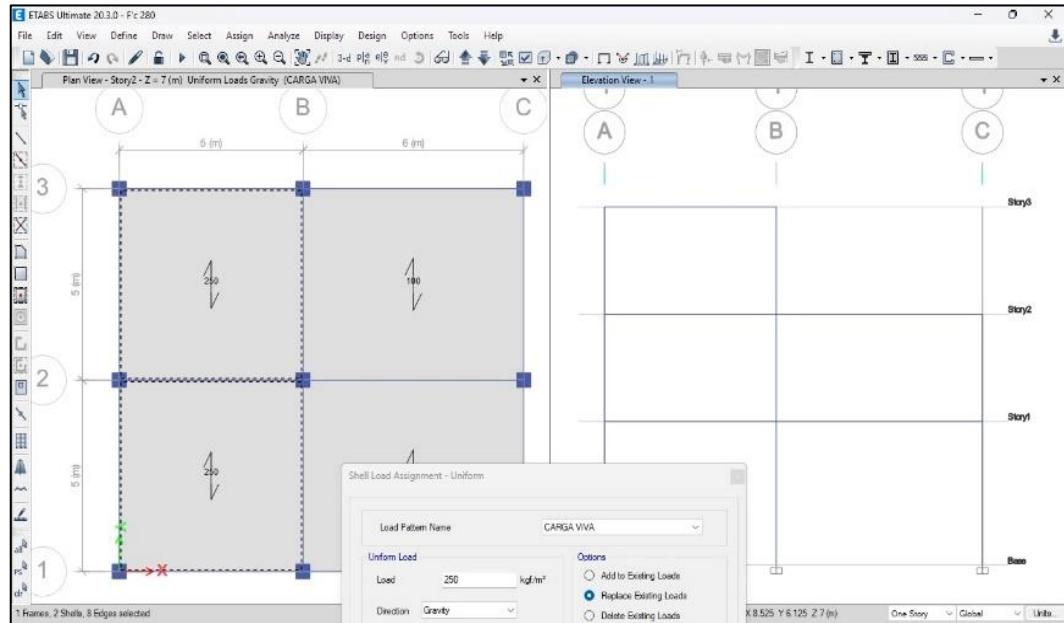
Figura 6
Asignación de carga viva para el primer nivel



Para la CV del segundo nivel se consideran los valores correspondientes al Capítulo 3 – Artículo 7 de la Norma E.020. Donde para el diseño de los techos se toma en cuenta CV, carga de viento, para este diseño se considera lo siguiente: Para

los techos que presentan una leve inclinación hasta de tres grados respecto a la horizontal, se asigna un valor de 1.0kPa (100 kgf/m²). Entonces se tiene que en el nivel dos: una S/C: 250 kg/m² y S/C techo: 100 kg/m².

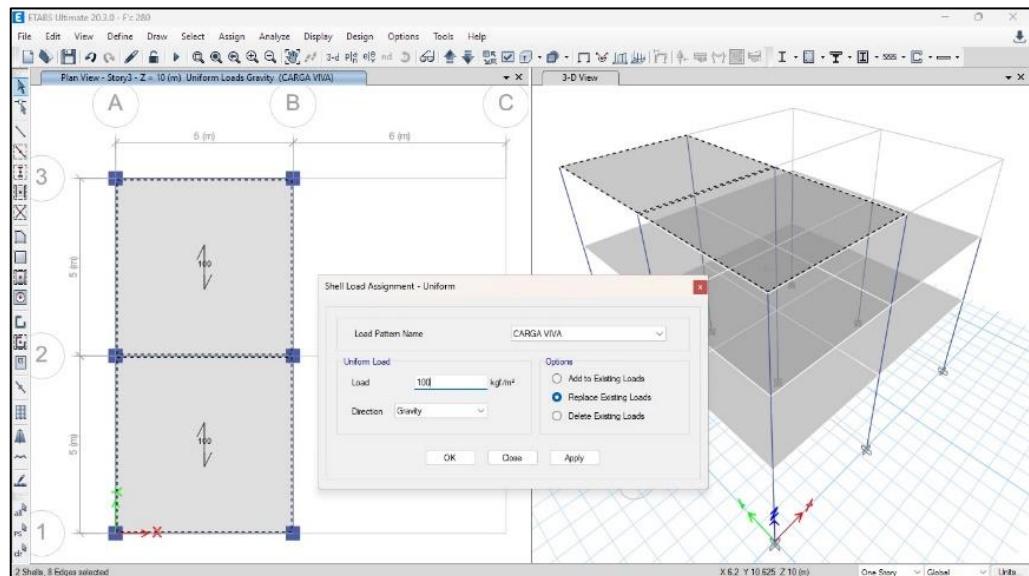
Figura 7
Asignación de carga viva para el segundo nivel



Para la carga viva del tercer nivel se consideran los valores correspondientes al Capítulo 3 – Artículo 7 de la Norma E.020. Donde para el diseño de los techos se toma en cuenta CV, carga de viento, para este diseño se considera lo siguiente: Para

los techos que presentan una leve inclinación hasta de tres grados respecto a la horizontal, se asigna un valor de 1.0kPa (100 kgf/m²). Para este diseño se considera una carga viva igual a 100 kg/m².

Figura 8
Asignación de carga viva para el tercer nivel



2.4.2. Asignación de cargas muertas (CM)

Para la carga muerta del primer nivel se consideran los valores correspondientes al Capítulo 3 – Artículo 6 de la NTP E.020. Específicamente en el inciso 6.3 Tabiquería Móvil refiere: Se considera para el peso de la tabiquería móvil la CV equivalente de manera uniforme y

repartida respecto a un metro cuadrado, con un valor mínimo de 50 kgf/m² para aquellas que presentan divisiones livianas móviles de altura meddia y de 100 kgf/m² para aquellas de altura completa. Asimismo, se agrega 7 cm de espesores de acabado

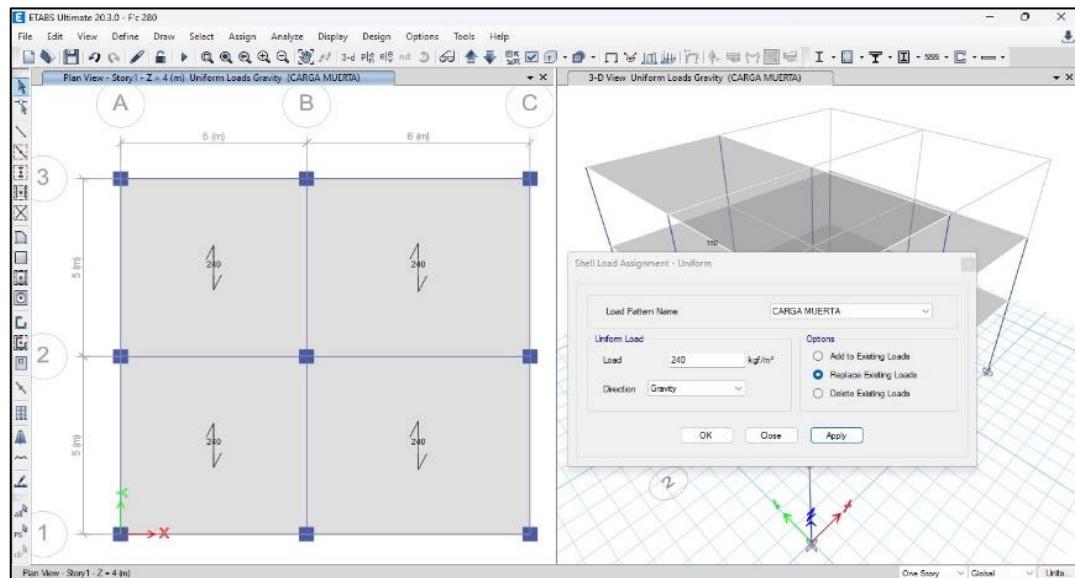
Tabla 8
Carga Muerta para tabiquería

Concreto Armado	Añadir 1.0 (100) al peso del concreto simple
Enlucido o Revoque de:	(kgf/m ³)
Mortero de cemento	2000
Mortero de cal y cemento	1850
Mortero de cal	1700
Yeso	1000

Para este diseño se considera (Mortero de Cemento) por lo tanto: 2000 kg/m³ x 0.07 m = 140 kg/m², donde a este valor se le agrega 100 kg/m² según

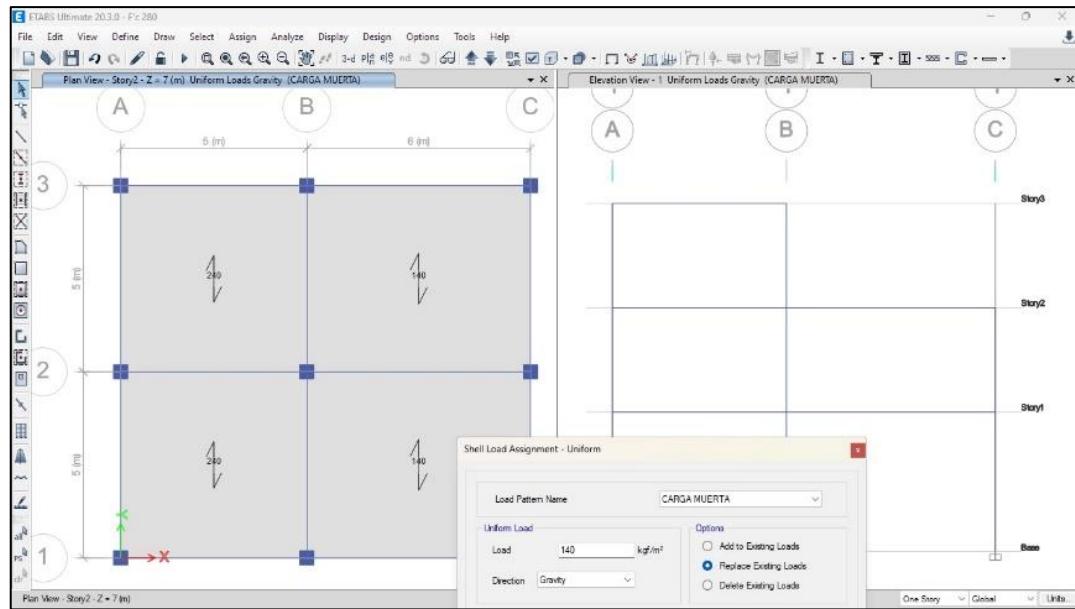
norma. Quedando así un total de 240 kg/m² para la carga viva en el primer nivel.

Figura 9
Asignación de carga muerta para el primer nivel



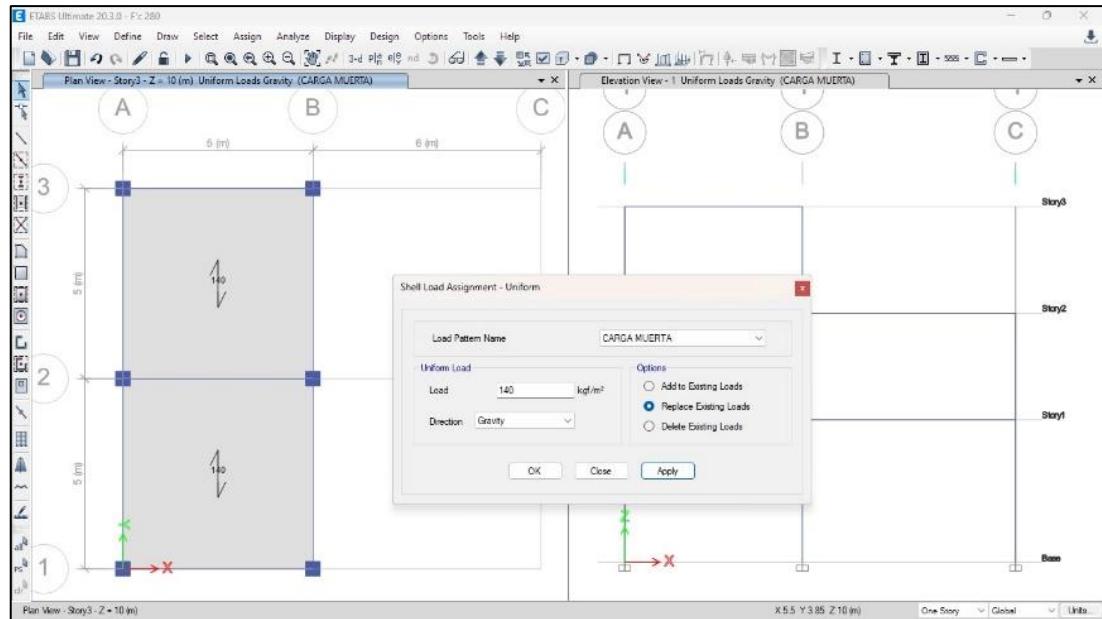
Para la carga muerta del segundo nivel se va a considerar una sección de CM=240 kg/m² y la otra de CM=140 kg/m², debido a que en la última solo se considera el piso acabado (140 kg/m²).

Figura 10
Asignación de carga muerta para el segundo nivel



Para la carga muerta del tercer nivel se va a considerar sólo el piso acabado (140 kg/m²), por ser el último nivel (techo).

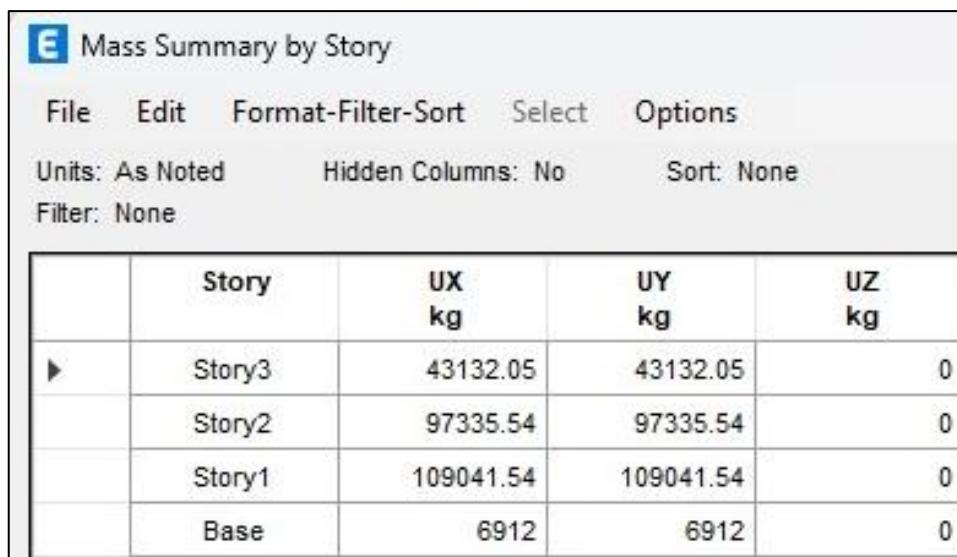
Figura 11
Asignación de carga muerta para el tercer nivel



Entonces después de haber realizado el modelado con el software ETABS, se tiene el siguiente resultado respecto a las masas tanto para X o Y.

Figura 12

Resumen de masas por cada nivel de piso.



	Story	Ux kg	Uy kg	Uz kg
►	Story3	43132.05	43132.05	0
	Story2	97335.54	97335.54	0
	Story1	109041.54	109041.54	0
	Base	6912	6912	0

3. RESULTADO

El término de este metrado manual y de la evaluación según el modelado por el software

ETABS tiene como resultante un cuadro comparativo para los datos, que se muestran a continuación:

Tabla 9
Comparación de masa total del metrado

Nº de pisos	Resumen de peso del metrado de carga manual	Resumen de masa del metrado de carga ETABS	
	Peso total (Kg)	Ux Kg	Uy kg
<i>Piso n° 01</i>	103857.15	109041.54	109041.54
<i>Piso n° 02</i>	87166.65	97335.54	97335.54
<i>Piso n° 03</i>	42178.90	43132.05	43132.05

Se aprecia en la tabla 9 que el metrado realizado convencionalmente es menor en comparación del elaborado con el software ETBAS, que para el primer nivel respecto a X, Y con el peso total del metrado manual se diferencia en 5184.39kg, para el

segundo nivel respecto a X, Y con el peso total del metrado manual se diferencia en 10168.89kg y Para el tercer nivel respecto a X, Y con el peso total del metrado manual se diferencia en 953.15kg

4. DISCUSIÓN

Con los resultados de este análisis se evidencia, que, si bien los métodos tradicionales de metrado de carga siguen siendo ampliamente utilizados en la práctica, presentan limitaciones significativas en términos de precisión y capacidad para modelar la complejidad estructural. Por otro lado, los enfoques computacionales avanzados, como el método de los elementos finitos, ofrecen una mayor precisión al considerar la interacción

entre diferentes componentes de la estructura y las cargas aplicadas.

Además, se encontró que la inclusión de cargas dinámicas, como las cargas sísmicas, es fundamental para evaluar adecuadamente la seguridad de las edificaciones, especialmente en regiones propensas a terremotos. Los métodos computacionales permiten simular estas condiciones de carga dinámica con mayor precisión, lo que resulta en un diseño más seguro y confiable de las estructuras.

5. CONCLUSIÓN

En conclusión, este estudio recalca cuán importante es adaptar los enfoques integrales y precisos para el metrado de carga en edificaciones. Si bien es cierto el uso de lo tradicional es relevante para ciertos contextos y su aplicación beneficia el desarrollo de ciertas cuestiones, pero los avances en la tecnología computacional ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la precisión y eficiencia del proceso de diseño estructural. Por esta razón se hace una

recomendación a los profesionales de la ingeniería civil y arquitectura que consideren la implementación de herramientas computacionales avanzadas en sus prácticas de diseño, con el fin de garantizar la seguridad y estabilidad de las edificaciones en el futuro. Se concluye que hay una diferencia entre el total de la masa elaborado manualmente y por el software, por lo tanto, es permisible evaluar con ayuda computacional para obtener resultados más acertados y sin menos margen de error.

6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Bartolomé Ramos, A. S. (2019). Metrado de Cargas Verticales. *En Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Lima: PUCP.
- Blanco Blasco, A. (s.f.). Requisitos Generales para el Análisis y Diseño. *En Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado* (pág. 305). Lima.
- Delgado Contreras, G. (2011). Metrado de Cargas. *En Diseño de Estructuras Aporticadas de Concreto Armado*. Lima: EDICIONES EDICIVIL S.R.L.
- Humpine Colquehuanca, A. (2018). *Metrado de cargas de gravedad en edificaciones*. Juliaca.
- IBM STRUCTURE. (2020). *Especialización Sismorresistente en Concreto Armado*
- ETABS & SAFE*. Cusco. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-andina-del-cusco/analisis-estructural-ii/sesion-06-metrados-y-asignacion-de-cargas/20672929>
- Morales Morales, R. (s.f.). *Diseño en Concreto Armado*. ICG.
- (Diciembre de 2020). Perú Patente n° E.020.
- (Diciembre de 2020). Perú Patente n° E.030.
- Rupay Vargas, M. G., Godiño Poma, F., & Lopez Yarango, J. (2018). structuración y diseño sísmico de edificaciones. MJ Rupay Vargas, *Estructuración y diseño sísmico de edificaciones*. Huancayo.
- Rupay Vargas, M. (2022). Apuntes Análisis Estructural II: *Análisis Sísmico Estático*. La Merced: sn.