

Análisis comparativo del rendimiento de materiales de construcción en el ítem de columnas de hormigón armado en Bolivia.

Comparative analysis of the performance of construction materials in the item of reinforced concrete columns in Bolivia.

Sidney Salvatierra-Quiroga¹, Javier Ruiz-Rivero², Sergio Rodríguez-Belmonte³, Joel Galarza-Arroyo⁴,
Leonardo Montaña-Araoz⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad Privada del Valle, Cochabamba - Bolivia

ORCID: ¹[0000-0002-7773-178X](https://orcid.org/0000-0002-7773-178X), ²[0000-0003-4606-1071](https://orcid.org/0000-0003-4606-1071), ³[0000-0002-0795-7310](https://orcid.org/0000-0002-0795-7310), ⁴[0000-0001-5022-633X](https://orcid.org/0000-0001-5022-633X),
⁵[0000-0001-7550-0462](https://orcid.org/0000-0001-7550-0462)

Recibido: 15 de septiembre de 2022.

Aceptado: 13 de diciembre de 2022.

Publicado: 01 de mayo de 2023.

Resumen- Dentro del ámbito de la construcción en Bolivia para poder optimizar tiempos en cuanto al cálculo del presupuesto de un proyecto, se realizó un análisis considerando ítems en cuanto a cantidad y costo, utilizando precios unitarios recomendados por revistas que tienen el fin de proporcionar al profesional relacionado al rubro de la construcción una referencia, no obstante, el cálculo del rendimiento de materiales conlleva una serie de factores que pueden variar por diversas causas y decisiones técnicas. En la presente investigación se analizó el caso concreto de los materiales utilizados para columnas de hormigón armado, demostrando que existen diferencias en cuanto a las cantidades determinadas de cemento, arena, grava, agua, alambre, clavos y acero, respecto a los datos proporcionados por las revistas.

Palabras clave: hormigón armado, columna, rendimiento, materiales, precio unitario.

Abstract— Within the field of construction in Bolivia in order to optimize times in terms of calculating the budget of a project, an analysis was carried out considering items in terms of quantity and cost, using unit prices recommended by magazines that have the purpose of providing the professional related to the construction sector a reference, however, The calculation of material performance involves a number of factors that can vary due to various causes and technical decisions. In the present investigation, the specific case of the materials used for reinforced concrete columns was analyzed, demonstrating that there are differences in terms of the determined quantities of cement, sand, gravel, water, wire, nails and steel, with respect to the data provided by the journals.

Keywords: reinforced concrete, column, performance, materials, unit price.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: derling.mendoza@utm.edu.ec (Jorge Enrique Díaz Pinzón).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Como citar este artículo: S. Salvatierra-Quiroga, J. Ruiz-Rivero, S. Rodríguez-Belmonte, J. Galarza-Arroyo y L. Montaña-Araoz, "Análisis comparativo del rendimiento de materiales de construcción en el ítem de columnas de hormigón armado en Bolivia", *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 11, no. 2, pp. 9-19 2023, doi: [10.15649/2346030X.3091](https://doi.org/10.15649/2346030X.3091)

I. INTRODUCCIÓN

La planificación de un proyecto de obra civil requiere de un análisis complejo que incluye considerar múltiples variables que pueden incidir en un desfase considerable entre la planificación y la ejecución del proyecto, para lo cual es recomendable tomar en cuenta principalmente los costos a través del presupuesto que incluye el análisis de materiales, mano de obra y otros gastos, el tiempo a través del cronograma de ejecución y el alcance del proyecto, que pueden variar en el contexto temporal y espacial [1].

El presupuesto hace referencia a un costo estimado de forma previa de un proyecto en una fecha y sitio establecido, éste en atención al requerimiento de un propietario a fin de conocer el monto de inversión, solicitar un crédito en vías de poder planificar una construcción, y para la elaboración de una propuesta de licitación y posterior contrato [2].

Para determinar el presupuesto de un proyecto civil es necesario detallar todos los ítems mediante un análisis de precios unitarios [3], para lo cual se debe enlistar estos de forma ordenada y secuencial con amplio criterio técnico [2].

Es necesario puntualizar que, la naturaleza de la estimación de costos a través del presupuesto conlleva muchos supuestos, por lo que, la incertidumbre inherente no permite tener una precisión absoluta entre la planificación del proyecto y la ejecución de este, dentro de un espacio temporal y contextual [1].

De acuerdo con la “Guía boliviana para diseño de proyectos y presentación de proyectos” [6] se define al análisis de precios unitarios como:

“Es la aplicación de métodos para la obtención del costo de una actividad por unidad de medida escogida, se compone de una valoración de los materiales, la mano de obra, equipos y herramientas más la aplicación de incidencias por uso de herramienta menor, cargas sociales, gastos generales, utilidad e impuestos.”

La elaboración del análisis de precios unitarios de cada ítem es una herramienta básica y esencial para determinar el costo parcial por ítem y posterior a ello para determinar el costo total de obra. [4] En el análisis de precios unitarios se debe considerar que el cálculo se basa en las características y finalidad de cada ítem, sus especificaciones técnicas y planos, además de incluir también los volúmenes a ejecutar. [5] Dentro del análisis de precios unitarios se debe considerar como gasto directo lo que son los materiales, mano de obra, maquinaria, herramientas y equipos de construcción, además de que también se considera en el llenado los rendimientos de materiales, que son la cantidad de materiales necesaria para la ejecución del ítem por su respectiva unidad de medición [7], [8].

Para realizar el análisis de precios unitarios por ítem y determinar el presupuesto total de obra, se utilizan formularios que consideran, como se mencionó, los gastos directos e indirectos, que en el primer caso incluyen los materiales, mano de obra, maquinaria, herramientas y equipos de construcción; el segundo caso considera los gastos administrativos, utilidad e impuestos. Como se observa en la Tabla 1, en Bolivia, el formulario de análisis de precios unitarios se encuentra estandarizado mediante el formulario B-2 [8].

Ahora bien, dentro del rubro de la construcción, en Bolivia existen instituciones como la “Cámara de Construcción de Cochabamba” (<https://cadecocbba.com/controladores/mision.php>), cuyo objetivo, entre otros es el de poder prestar servicio a sus empresas asociadas [9] para lo cual de forma anual publica la revista “Precios Unitarios de referencia para la construcción”, que es una revista especializada que analiza y publica el análisis de precios unitarios de diversos ítems, sirviendo de referencia para obtener un presupuesto rápido para un proyecto de obra civil [5].

Existen también revistas independientes como “Presupuesto & Construcción”, que buscan generar una herramienta de consulta en la actualización y generación de costos para la elaboración de presupuestos y construcción de edificaciones [10].

Analizando específicamente los ítems de hormigón armado, se encuentra que se dividen para un mejor análisis en los correspondientes elementos constructivos, columnas, vigas, losas, zapatas, escaleras de hormigón armado.

En el ítem de columnas de hormigón armado, dentro de los gastos directos, se encuentran los materiales, que están compuestos por cemento, arena, grava, acero estructural, madera, clavos y agua, además de que el hormigón de acuerdo con las revistas “CADECO” y “Presupuesto & Construcción” tiene una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² [10], [11].

La presente investigación tiene la finalidad de analizar y comparar de forma cuantitativa y cualitativa los rendimientos de materiales para columnas de hormigón armado, de acuerdo con rendimientos calculados frente a los datos publicados en las revistas mencionadas, tomando en cuenta que existen diferencias entre rendimientos publicados de revista a revista, esto con el objeto de tener una visión clara al momento de decidir si realizar nuestros propios cálculos o adoptar los datos proporcionados por las revistas en cuanto al rendimiento de materiales para el análisis de costos en la determinación del presupuesto de un proyecto.

Es necesario aclarar que en la investigación solo se analizó el rendimiento de materiales, pero para determinar el precio unitario del ítem se debe tomar en cuenta también la mano de obra, maquinaria y equipo de construcción, gastos generales, utilidad e impuestos.

Tabla 1: Formulario B-2 de análisis de precios unitarios.

FORMULARIO B-2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
DATOS GENERALES				
Proyecto:	<input type="text"/>			
Actividad:	<input type="text"/>			
Cantidad:	<input type="text"/>			
Unidad:	<input type="text"/>			
Moneda:	<input type="text"/>			
1. MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1				
...				
TOTAL MATERIALES				
2. MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1				
...				
SUBTOTAL MANO DE OBRA				
CARGAS SOCIALES =(% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA) (55 al 71,18%)				
IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA =(% DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES)				
TOTAL MANO DE OBRA				
3. EQUIPO, MAQUINARÍA Y HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1				
2				
...				
*	HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)			
TOTAL EQUIPO, MAQUINARÍA Y HERRAMIENTAS				
4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
				COSTO TOTAL
*	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3			
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
5. UTILIDAD				
				COSTO TOTAL
*	UTILIDAD = % DE 1 + 2 + 3 + 4			
TOTAL UTILIDAD				
6. IMPUESTOS				
				COSTO TOTAL
*	IMPUESTOS IT = % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5			
TOTAL IMPUESTOS				
TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)				
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (Con dos (2) decimales)				

Fuente: Modelo de Documento Base de Contratación del Estado - Licitación Pública.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar el objetivo del presente estudio, se procede a determinar rendimientos de materiales correspondientes a columnas de hormigón de resistencia a la compresión de 210 kg/cm² [12], siendo contrastados con datos extraídos de las revistas de precios unitarios de “CADECO” y “Presupuesto & Construcción”, específicamente de los ítems “Hormigón simple para columna R210” y “Acero estructural” [5] de “CADECO” y “Columnas de H^oA” [11] de “Presupuesto & Construcción”.

A continuación, se hace el cálculo de cada rendimiento de material para columnas de hormigón armado para un hormigón R210, cuya dosificación y propiedades de materiales fueron determinadas por Chile J. et. al. en laboratorio, por lo que, la dosificación a utilizar es 1:2:3 (Cemento, arena, grava) con agua al 11% [12]:

a. Cálculo del rendimiento de cemento, arena, grava y agua

Se considera una dosificación 1:2:3 con agua al 11% para una resistencia a la compresión del hormigón de 210 kg/cm² (ver anexo 1), obteniendo los siguientes resultados expuestos en la tabla 2:

Tabla 2: Rendimiento determinado de cemento, arena, grava y agua.

Material	Rendimiento por m ³
Cemento	357,14 kg
Arena	0,51 m ³
Grava	0,77 m ³
Agua	0,168 m ³

Fuente: Elaboración propia.

b. Cálculo del rendimiento del acero

La cuantía para elementos de hormigón armado se encuentra en general entre el 1% al 8%, pero tomando en cuenta que la sollicitación principal en columnas es la compresión y no así el corte, se puede asumir la cuantía mínima del 1%. [15].

Para fines de tener una columna genérica, se asume una sección de 25x25 cm, tomando en cuenta que la norma ACI 318-14 establece un área mínima de concreto de 600 cm² en zonas no sísmicas [16] con una altura de entrepisos de 3,00 m. [19].

Considerando los parámetros anteriores y realizando la planilla de acero conforme al detalle de armado de la columna (Anexo 2) se obtiene los resultados expuestos en la tabla 3:

Tabla 3: Rendimiento determinado del acero.

Detalle	Rendimiento por m ³
Volumen hormigón	0,187 m ³
Peso total del acero	42,37 kg
Cuantía del acero	225,97 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

El rendimiento es la cantidad de acero en kilogramos que se necesita por metro cúbico de la sección de columna, es decir 225,97 kg.

c. Cálculo del rendimiento de la madera de construcción

Para el cálculo de la madera de encofrado se consideró la sección de columna de 25 x 25 cm y una altura de 3,00 metros tomando en cuenta la altura media de entrepisos que considera la “Guía Boliviana de Construcción de Edificaciones” [19], se considera el armado de la imagen 1; la planilla de cálculo se encuentra como anexo 3.

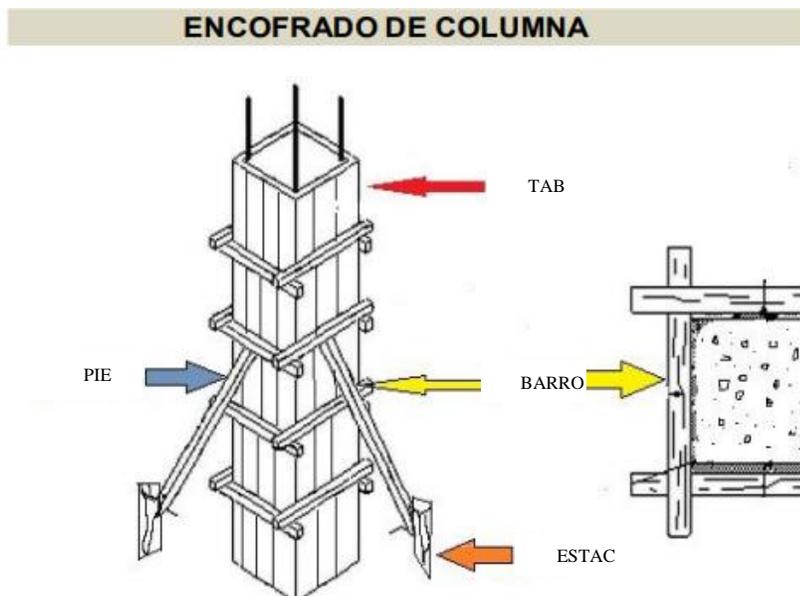


Imagen 1: Detalle de encofrado de columna.
Fuente: Barroso (2019).

La cuantía total de madera de encofrado es de 73,94 pie² por metro cúbico, considerando las secciones y altura de la columna.

d. **Cálculo del rendimiento de clavos y alambre de amarre**

De acuerdo con Barroso, considera el uso de clavos de 2" y 2 ½" para el encofrado [17] (ver anexo 4), además de alambre de amarre N° 8 para el refuerzo de acero (anexo 4), obteniendo los siguientes resultados expuestos en la tabla 4:

Tabla 4: Rendimiento determinado de clavos y alambre

Material		Rendimiento por m ³	
Clavos	2"	0,624 kg	1,13 kg
	2 ½"	0,399 kg	
Alambre	N° 8	1,308 kg	1,44 kg

Fuente: Elaboración propia.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 5 se resume el rendimiento de todos los materiales que se utilizan para la elaboración del hormigón armado para columnas, tomando en cuenta que los resultados se encuentran respaldados con el procedimiento expuesto en los anexos 1, 2, 3 y 4; respecto a los datos de las revistas fueron obtenidos por extracción directa de las mismas.

Existe una particularidad en cuanto a la cantidad de acero de la revista "CADECO", ya que este material se encuentra analizado dentro de un ítem aparte que es denominado "Acero de refuerzo", por ende, el ítem de columnas es denominado "Columnas Hormigón Simple", este tipo de análisis no repercute en cuanto a la cantidad de hormigón simple, pero sí repercute en cuanto a la cantidad de acero respecto a las cantidades determinadas por elaboración propia y la revista "Presupuesto & Construcción".

Tabla 5: Rendimientos de los materiales en Ítem de Columnas de H° A°.

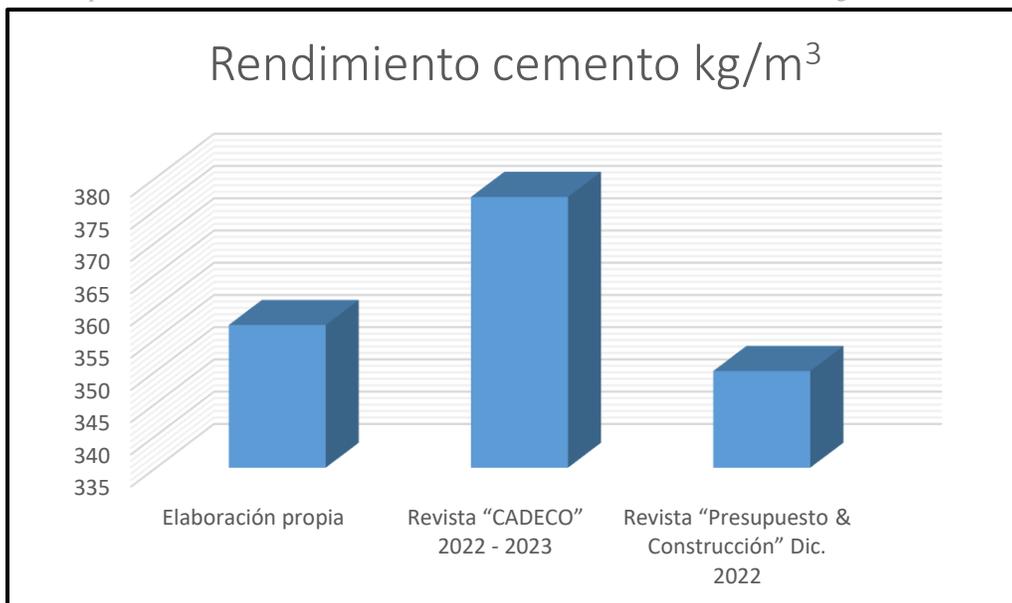
ITEM: COLUMNAS DE H° A°					
N°	Material	Unidad medición por m ³	Rendimiento material		
			Elaboración propia	Revista "CADECO" 2022 2023 [5]	Revista "Presupuesto & Construcción" Dic. 2022 [11]
1	Cemento	Kg	357,14	377,00	350,00
2	Arena	m ³	0,51	0,60	0,45
3	Grava	m ³	0,77	0,60	0,92
4	Agua	Lts	0,168	0,162	-
5	Madera de construcción	pie ²	73,94	80,00	80,00
6	Clavos	Kg	1,13	1,80	2,00
7	Alambre	Kg	1,44	0,04	2,00
8	Acero	Kg	225,97	1,05 (117,02)	125,00

Fuente: Elaboración propia en base a datos de las revistas "CADECO" y "Presupuesto & Construcción".

Como se observa en las Figuras 1, 2 y 3, para determinar el rendimiento del cemento, arena y grava se consideró una dosificación (1:2:3), los pesos específicos considerados se encuentran en la tabla 2, determinando rendimientos de 357,14 kg/m³, 0,51 m³/m³ y 0,77 m³/m³ respectivamente; respecto a los rendimientos de cemento, arena y grava expuesto en las revistas "CADECO" y "Presupuesto & Construcción" es necesario mencionar que si bien se conoce que el hormigón es proyectado para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², no se especifica la dosificación utilizada, por lo que las características y propiedades de los materiales son desconocidas, aspecto que fue controlado en el cálculo de rendimientos de elaboración propia.

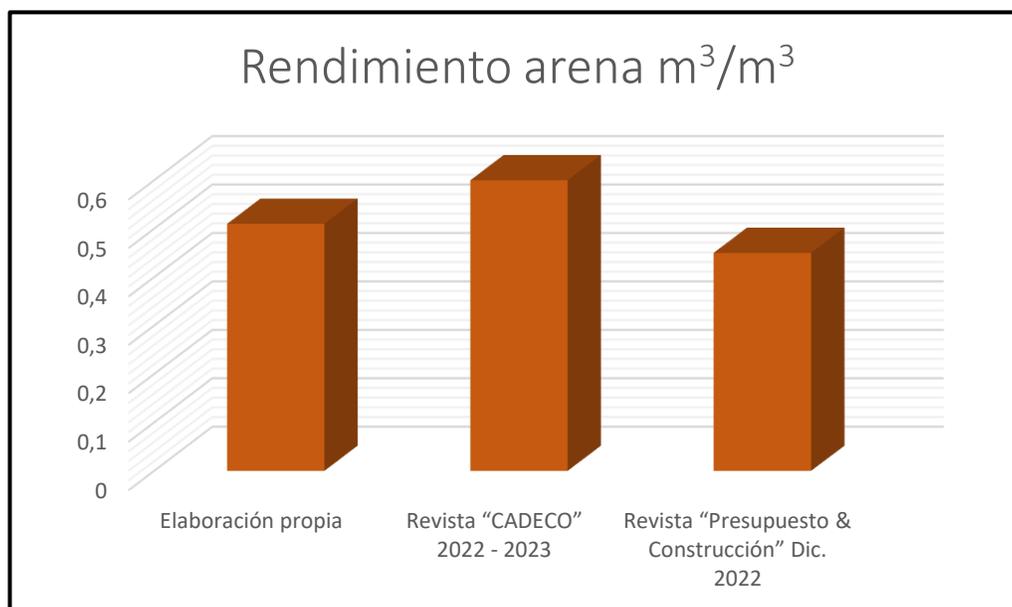
Esto deja en evidencia que si bien los rendimientos expuestos en las figuras 1, 2 y 3 consideran una resistencia del hormigón de 210 kg/cm², para el cálculo de dosificaciones existen múltiples variables a considerar según normas y procedimientos que conllevan particularidades para cada material, entre estas variables están el tipo de agregado fino y grueso que se utiliza, la granulometría, el peso específico, porcentaje de humedad, contenido de aire, relación agua/cemento entre otros parámetros.

La figura 1, muestra los rendimientos del cemento, donde la mayor cantidad la presenta la revista "CADECO" y a contraparte la revista "Presupuesto & Construcción" presenta la menor cantidad, un valor conservador es el de elaboración propia, tomando en cuenta que se puede decidir el tipo de dosificación y relación agua/cemento, además de otros parámetros determinados en laboratorio; asimismo se denota que a mayor cantidad de cemento, menor cantidad de arena y grava ingresan en la mezcla, por lo que esta decisión nos permite optimizar costos de acuerdo a los precios vigentes en el mercado al momento de realizar determinado proyecto.

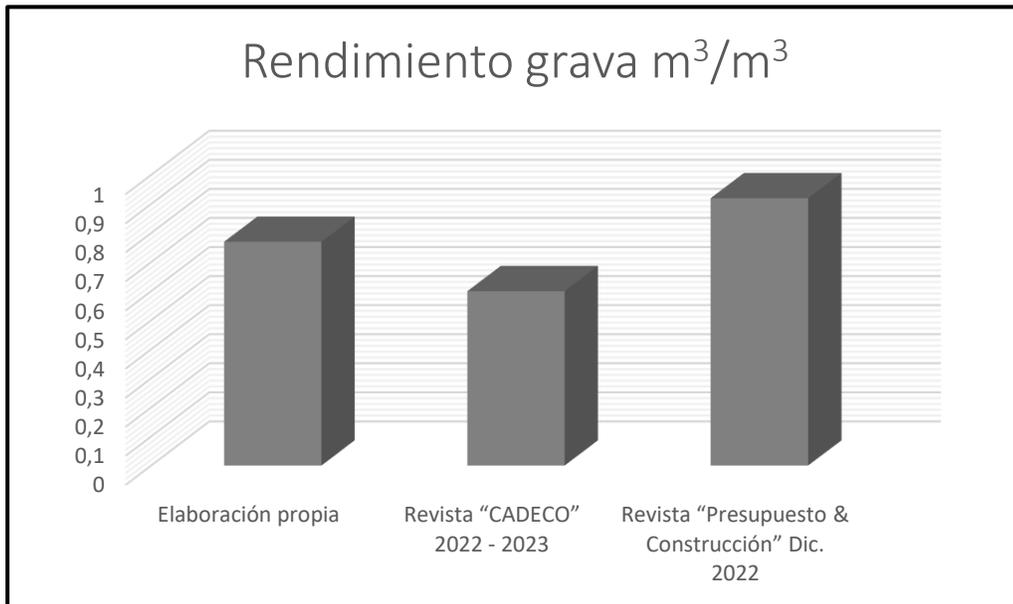


Grafica 1: Rendimiento material cemento.
Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de las figuras 2 y 3, se puede observar que la revista que presenta mayor cantidad de arena y grava es "Presupuesto y Construcción", con un valor de 0,45 m³ y 0,92 m³, recordando que la arena es el agregado fino dentro de la mezcla de hormigón, la grava es el agregado grueso y el cemento se considera como ligante; en este sentido volvemos a indicar que a mayor cantidad de agregados, se utiliza en la mezcla menor ligante, por lo que, como puede observarse y comparar en las figuras 1, 2 y 3 se cumple dicha aseveración.

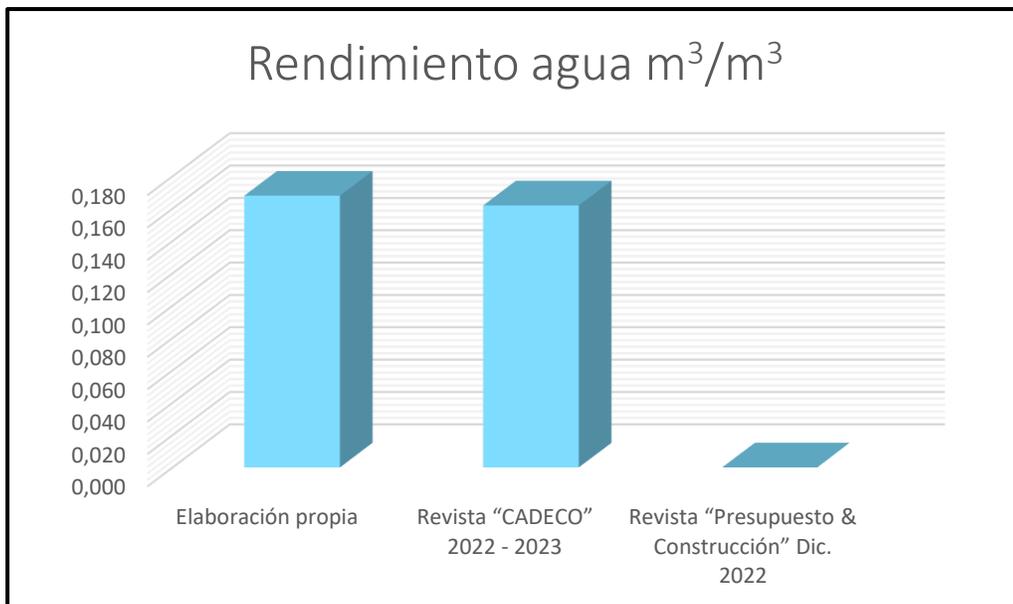


Grafica 2: Rendimiento material arena.
Fuente: Elaboración propia.



Grafica 3: Rendimiento material grava.
Fuente: Elaboración propia.

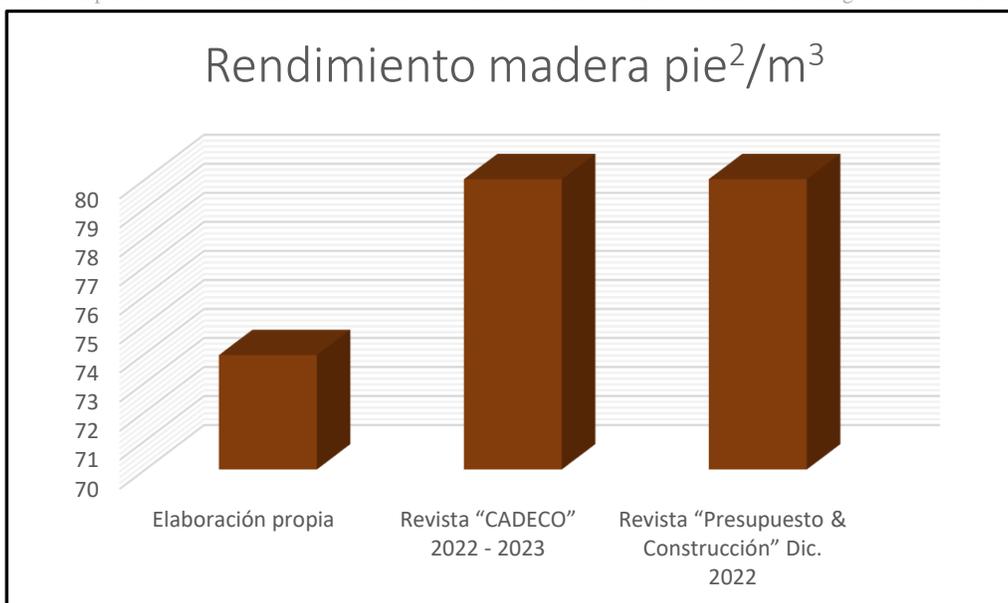
En la figura 4 se observa que la cantidad de agua es similar entre lo calculado y lo expuesto en la revista "CADECO", aclarando que la revista "Presupuesto & Construcción" no expone el agua considerada para su hormigón; por otra parte, es necesario hacer mención que la cantidad de agua se encuentra definida por la relación agua/cemento, la cual repercute en la trabajabilidad de la mezcla y se encuentra estandarizada por la norma ACI [16].



Grafica 4: Rendimiento material agua.
Fuente: Elaboración propia.

La incidencia de la relación agua/cemento como se mencionó repercute en la trabajabilidad de la mezcla y por ende en cuanto a algunos factores técnicos, es decir, mientras mas agua se coloque en la mezcla, mayor será su trabajabilidad, pero la mezcla tendrá una consistencia blanda, por lo que es probable que se produzca la "segregación" de la mezcla. Por otro lado, el poner poca agua repercute en que nuestra mezcla sea menos trabajable y presente una consistencia seca, lo que puede ocasionar un mal vibrado y la aparición de cangrejas; por esta razón es necesario en función a la cantidad de agua y cemento determinar la relación óptima que de acuerdo con la NB 1225001 es de 0,45 [20], que en el caso de la cantidad de agua determinada la relación a/c es de 0,47.

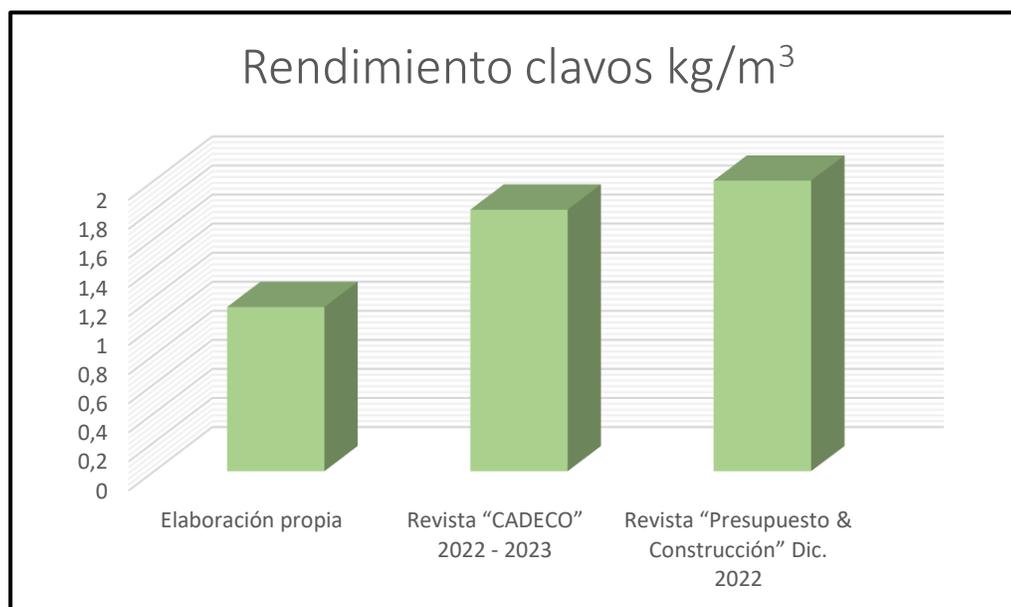
El agua no es un factor determinante en cuanto al presupuesto del proyecto, ya que la incidencia en cuanto a su costo unitario es mínima, siendo despreciable como en el caso de la revista de "Presupuesto & Construcción", pero como se expuso en el párrafo anterior, su relevancia se encuentra en cuanto a su trabajabilidad.



Grafica 5: Rendimiento material madera.
Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del rendimiento de la madera para encofrado está en función a las secciones de la columna, su altura y los elementos considerados para la estabilidad del encofrado. En la figura 5 se observa similitud en cantidad en cuanto a los datos presentados por las revistas, existiendo una diferencia mínima respecto a la cantidad determinada considerando una sección convencional, con una altura bastante utilizada.

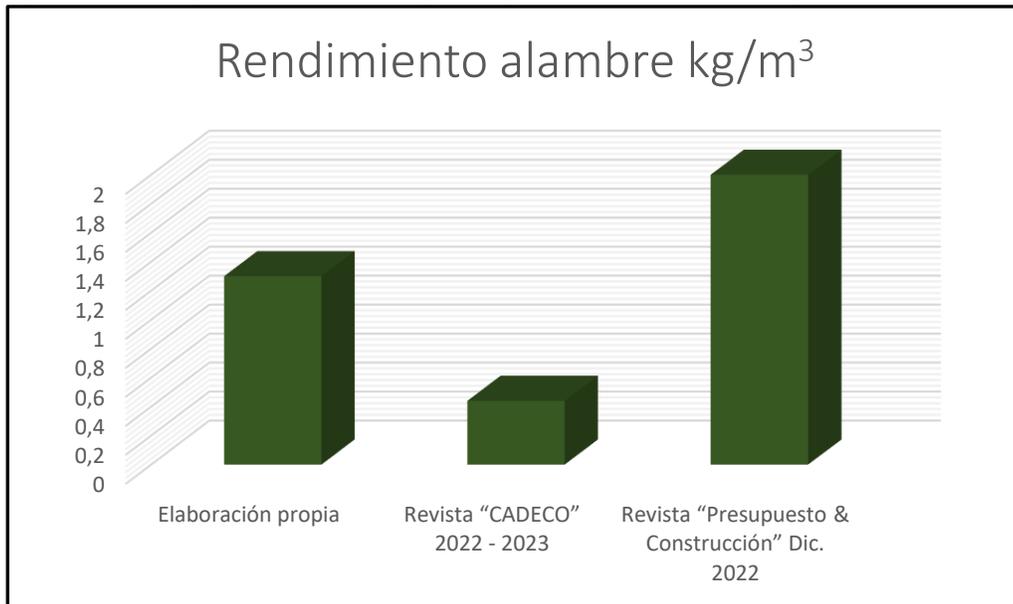
Los múltiples parámetros son los que llevan a las variaciones en la cantidad de madera, desde la sección del elemento a encofrar, tipo de madera, sistema constructivo, cantidad de usos, entre otros menos importantes. Es necesario resaltar la importancia de la cantidad de usos, ya que este factor puede incrementar o decrementar considerablemente el rendimiento de la madera de encofrado, a su vez comprometiendo la calidad del elemento columna.; por lo datos y resultados obtenidos, existe similitud en cuanto al criterio de reutilización de la madera.



Grafica 6: Rendimiento material madera.
Fuente: Elaboración propia.

De las figuras 6 y 7 se observa que la cantidad de clavos y alambre para un metro cúbico de hormigón son de 1,13 y 1,44 kg respectivamente, en comparación de los 1,80 y 0,04 kg de la revista "CADECO", y los 2,00 kg para clavo y alambre de la revista "Presupuesto & Construcción"; se evidencia similitud en cuanto a las cantidades, ahora bien, en los cálculos propios realizados para el clavo se consideró el uso de clavos de 2" y 2 1/2", que en Bolivia son comercializados por kilo, lo cual sustenta la cantidad expuesta por la revista de "Presupuesto & Construcción", pero en grandes cantidades puede representar una incidencia en el presupuesto del proyecto.

El rendimiento de alambre de la revista "CADECO" se encuentra dentro de otro ítem que es "Acero de refuerzo", donde se observa que se utiliza el 4,00% por metro cúbico, cuando en una equivalencia del rendimiento de elaboración propia y la revista "Presupuesto & Construcción" se utiliza el 1,44% y 2,00% respectivamente, siendo un valor conservador que repercute mínimamente en la elevación del precio unitario del ítem.



Grafica 7: Rendimiento material madera.
Fuente: Elaboración propia.

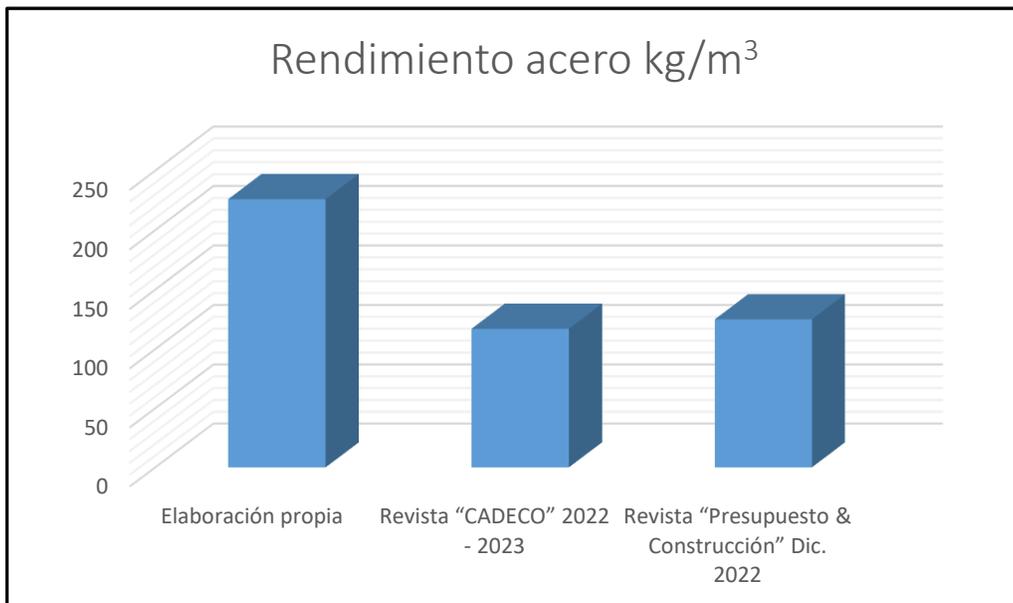
Como anteriormente se mencionó, la cantidad de acero expuesto en la revista "CADECO" corresponde al análisis del ítem de "Acero de refuerzo", donde se aclara que el ítem tiene la unidad de medición "kilogramo" es decir el rendimiento del acero se mide en kg/kg y considerando que la cantidad es de 1,05 kg/kg quiere decir que la revista considera una 5% en demasía, cantidad que se considera por desperdicio, lo cual fue considerado también al momento de calcular los rendimientos de acero de elaboración propia con un 10%, pero se desconoce el porcentaje de desperdicio considerado por la revista de "Presupuesto & Construcción".

El hecho de considerar de forma independiente el acero de refuerzo representa la ventaja que se puede trabajar con cualquier tipo de sección de columna y refuerzos de acero, donde se obtiene la cantidad mediante la planilla de aceros y simplemente se le incrementa el 5% por desperdicio a través del producto del 1,05 kg/kg.

Por tanto, comparando los resultados de cantidad de acero, se observa que los de elaboración propia de 225,97 kg, respecto a los de la revista "Presupuesto & Construcción" 125,00 kg presentan una amplia variación, ahora bien, para comparar la cantidad de la revista "CADECO" se debe disminuir el 10% de la cantidad de elaboración propia y a ese valor añadir el 5% que considera la revista, obteniendo 117,02 kg

Es necesario recalcar que para determinar la cantidad de acero se asumió una sección de columna de 25 x 25 cm con una altura de 3,00 metros, considerando una cuantía de 1%, respecto a la revista "Presupuesto & Construcción" se desconoce la sección y altura de columna, así como la cuantía asumida, en cuanto a la revista "CADECO" la diferencia se encuentra en que asume un 5% de desperdicio respecto a los 10% que se asume en el cálculo de elaboración propia.

Existe bastante variación en cuanto al rendimiento del acero, tomando en cuenta las particularidades para su determinación, se denota mayor practicidad en cuanto su manejo como un ítem por separado.



Grafica 8: Rendimiento material madera.
Fuente: Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES

Existe diferencia en cuanto a las cantidades de materiales determinadas y de revistas para la ejecución del ítem de columna de hormigón armado.

Los resultados obtenidos mediante elaboración propia en cuanto al rendimiento de cemento, arena y grava presentan similitud respecto a los datos proporcionados por las revistas, existiendo la ventaja que al calcular rendimientos propios se puede controlar parámetros de los materiales y de esta forma optimizar el uso del material y dosificación. Existe una proporcionalidad inversa en cuanto al cemento y los agregados, es decir a mayor cantidad de cemento en la mezcla menor cantidad de agregados (arena/grava) considerando el metro cúbico.

En cuanto a la cantidad de agua, si bien una de las revistas no la considera tomando en cuenta la baja incidencia en cuanto al aspecto económico dentro del análisis de precio unitario, es importante controlar la relación agua/cemento, ya que esta relación define la trabajabilidad de la mezcla, que dentro la presente investigación existe similitud de resultados entre lo calculado y lo propuesto por la otra revista, considerando una relación óptima a/c próxima a 0,45.

El rendimiento del encofrado es similar entre lo calculado y lo propuesto por las revistas, donde la cantidad de usos del encofrado es lo que define en realidad el incremento o decremento de su rendimiento, y, por ende, afecta al presupuesto y la calidad de la columna, de no ser considerado adecuadamente.

El alambre de amarre y clavos presentan semejanza en cuanto a sus rendimientos, por lo que, se puede utilizar los datos proporcionados por las revistas.

Respecto al rendimiento del acero, se evidencia excesiva variación en cuanto a lo calculado y el valor propuesto por la revista “Presupuesto & Construcción” producto de las características particulares de cada sección de columna, por lo que se encuentra que el manejo que realiza la revista “CADECO” como un ítem aparte es más adecuado junto con la planilla de aceros, que de acuerdo con la experiencia del proyectista asume un porcentaje de pérdida del acero entre 5 a 10%

Si bien existe variación en cuanto a los resultados, la misma no es amplia, por lo que, para determinar un presupuesto de un proyecto es válido poder utilizar los precios unitarios con los rendimientos establecidos por las revistas “CADECO” y “Presupuesto & Construcción”, considerando que el presupuesto puede ser optimizado si se calcula el rendimiento del cemento, arena, grava y acero.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar la investigación haciendo un análisis completo de los gastos directos (mano de obra, maquinaria y equipo de construcción) e indirectos (gastos generales, utilidad e impuestos).

Para poder determinar un parámetro de diferencia en cuanto a costos, se recomienda hacer un estudio de caso con costos actualizados de ferreterías y de las revistas en sus últimas ediciones.

VI. REFERENCIAS

- [1] Heerkens, Gary R. Project management. McGraw Hill Professional, 2002. [En línea]. Disponible: Trung tâm Thư viện và Tri thức số - Library and Digital Knowledge Center (vnu.edu.vn).
- [2] Ortiz, Gonzalo Patiño. Planeamiento de un presupuesto de construcción. No. 4. Univ. Nacional de Colombia, 2005. [En línea]. Disponible: Planeamiento de un presupuesto de construcción - Gonzalo Patiño Ortiz - Google Libros
- [3] Macchia, José Luis. Cómputos, costos y presupuestos. Nobuko. 2021. [En línea]. Disponible: [https://books.google.com.bo/books?hl=es&lr=&id=qLszEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Macchia,+J.+L.+\(2021\).+C%C3%B3mputos,+costos+y+presupuestos.+Nobuko.&ots=5zp7SsmDr8&sig=ud6tpGXxJiXpKUwnMi9TsEeHW_0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.bo/books?hl=es&lr=&id=qLszEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Macchia,+J.+L.+(2021).+C%C3%B3mputos,+costos+y+presupuestos.+Nobuko.&ots=5zp7SsmDr8&sig=ud6tpGXxJiXpKUwnMi9TsEeHW_0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).
- [4] Puentes Leal, Carlos Yesid. "Elaboración de una base de datos de presupuestos análisis de precios unitarios para los proyectos de infraestructura de la Secretaria de Planeación del Municipio de Piedecuesta.", 2013. [En línea]. Disponible: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/548>.
- [5] CADECO. Precios Unitarios de referencia para la construcción 2022-2023. Cámara de la Construcción Cochabamba. 2022.
- [6] VVyU . “Guía boliviana para diseño y presentación de proyectos”. Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda. Estado Plurinacional de Bolivia. 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.oopp.gob.bo/wp-content/uploads/2020/antiguos/Guia-Boliviana-para-diseno.pdf>.
- [7] Pérez, J. Análisis de precios unitarios de construcciones tradicionales en Tapia Pisada en Boyacá y Santander. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 2020.
- [8] SICOES. Modelo de Documento Base de Contratación – Licitación Pública. Sistema de Contrataciones Estatales. Estado Plurinacional de Bolivia. 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.sicoes.gob.bo/portal/normativa/decretos.php>.
- [9] Sitio web: <https://cadecocbba.com/controladores/mision.php> revisado en fecha 15 de enero de 2023.
- [10] Sitio web: <https://revistapyc.com/> revisado en fecha 16 de enero de 2023.
- [11] Presupuesto & Construcción. Guía de productos y servicios. 2022.
- [12] Meza Latorre, Percy Alexi. "Propiedades del concreto f'c= 210 kg/cm2 elaborado con agregado hormigón y clasificado en el distrito de Echarati, Cusco-2021." 2021. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62479>.
- [13] Giordani, Claudio. Morteros y hormigones. Apuntes de la cátedra Ingeniería Civil I, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario. Argentina. 2017.

- [14] Palma, Hernán. Análisis de precios unitarios. Apuntes de la materia de Dirección de Obras y Valuaciones, Ingeniería Civil, Universidad Mayor de San Simón. 2009.
- [15] Loayza León, J. L., & Chávez Porras, R. F. Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles. 2015.
- [16] American Concrete Institute. ACI 318-14. Building Code Requirements for Structural Concrete. 2014.
- [17] Barroso Isaguirre, D. Diseño estructural y análisis económico comparativo entre encofrado tradicional de columnas y un encofrado alternativo basado en la presión que ejerce el concreto. 2019.
- [18] ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19)”, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI. 2019.
- [19] Dirección General de Vivienda y Urbanismo. “Guía Boliviana de Construcción de Edificios”. Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda. 2015.
- [20] Instituto Boliviano de Normas de Calidad. “Norma de hormigón estructural - NB 1225001”. 2022.