

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

**Desarrollo del lenguaje de programación para la automatización en Dynamo con propósito de metrados**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Civil

Por:

Paúl Josué Tiznado Canaza  
Yorani Blademir Espíritu Pérez

Asesor:

David Díaz Garamendi

**Lima, noviembre 2020**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

David Díaz Garamendi, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “Desarrollo del lenguaje de programación para la automatización en Dynamo con propósito de metrados” constituye la memoria que presentan los estudiantes Paúl Josué Tiznado Canaza y Yorani Blademir Espíritu Pérez para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 27, noviembre del 2020.



---

David Díaz Garamendi

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....26.....día(s) del mes de.....Noviembre.....del año 2020 siendo las.....9:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): ..... Ing. Ferrer Canaza Rojas....., el (la) secretario(a): ..... Ing. Roberto Roland Yoctun Rios..... y los demás miembros: ..... Ing. Fiorella Maira Zapata Antezana.....y el (la) asesor(a)... Ing. David Diaz Garamendi.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Desarrollo del lenguaje de programación para la automatización en Dynamo con propósitos de metrados". de los (las) egresados (as):

.....a)..... **PAUL JOSUE TIZNADO CANAZA**.....

.....b)..... **YORANI BLADEMIR ESPIRITU PEREZ**.....

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

#### INGENIERÍA CIVIL

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): ..... **PAUL JOSUE TIZNADO CANAZA**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	BUENO	MUY BUENO

Candidato/a (b): ..... **YORANI BLADEMIR ESPIRITU PEREZ**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Ing. Ferrer Canaza  
Rojas

  
\_\_\_\_\_  
Secretario  
Ing. Roberto Roland  
Yoctun Rios

\_\_\_\_\_  
Asesor  
Ing. David Diaz  
Garamendi

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. Fiorella Maira  
Zapata Antezana

\_\_\_\_\_  
Candidato (a)  
Paul Josue Tiznado  
Canaza

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)  
Yorani Blademir  
Espiritu Perez

# **Desarrollo del lenguaje de programación para la automatización en Dynamo con propósito de metrados**

ESPIRITU PEREZ YORANI BLADEMIR\* – TIZNADO CANAZA PAUL JOSUE\*

*EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.*

## **Resumen**

Las plataformas BIM (Building Information Modeling) ofrecen una gama de herramientas que nos permiten optimizar los procesos de cuantificación, el objetivo del artículo es la creación del lenguaje de programación visual en la interfaz de Dynamo para la automatización de metrados en un modelo tridimensional generado en Revit, mediante la elaboración de nodos específicos sobre las partidas de concreto armado de acuerdo a la Normativa Peruana, facilitando el procedimiento del metrado con respecto al método tradicional de cálculo que se fundamenta en dibujos en dos dimensiones, propensos a errores y a una labor tediosa, además teniendo la ventaja de que cualquier cambio realizado en el modelo paramétrico es actualizado de manera automática. El proyecto de prueba fue una estructura de concreto reforzado de una vivienda convencional; por consiguiente, se logró obtener la cuantificación de los metrados y la demostración de las tablas, generando un gran aporte para ingeniería civil gracias a la implementación del software Dynamo.

**Palabras Claves:** Automatización, Dynamo, Metrados, Revit.

## **Abstract**

The BIM (Building Information Modeling) platforms offer a range of tools that allow us to optimize the quantification processes, the objective of the article is the creation of the visual programming language in the Dynamo interface for the automation of metrics in a three-dimensional model generated in Revit, through the elaboration of specific nodes on the items of reinforced concrete according to the Peruvian Regulations, facilitating the metering procedure with respect to the traditional calculation method that is based on two-dimensional drawings, prone to errors and tedious work, also having the advantage that any change made in the parametric model is updated automatically. The test project was a reinforced concrete structure of a conventional house; Consequently, it was possible to obtain the quantification of the metrados and the demonstration of the tables, generating a great contribution for civil engineering thanks to the implementation of the Dynamo software.

**Keywords:** Automation, Dynamo, Metrados, Revit.

*\*Correspondencia de autores: Yorani Espíritu Pérez; Paul Tiznado Canaza  
Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima.*

*E-mail: [yoraniespiritu@upeu.edu.pe](mailto:yoraniespiritu@upeu.edu.pe) ; [paultiznado@upeu.edu.pe](mailto:paultiznado@upeu.edu.pe)*

## INTRODUCCIÓN

BIM (Building Information Modeling) es una tecnología moderna que reemplaza lentamente el software CAD (diseño asistido por computadora). En la actualidad, BIM es aplicado en diferentes campos de la ingeniería y la construcción. (Goedert & Meadati, 2008) situación que, en parte, se da porque la tecnología BIM se basa en modelos digitales en varias dimensiones (Porrás-Díaz et al., 2015), modelos que cuentan con beneficios adicionales a los tradicionales dibujos en dos dimensiones. Actualmente hay una necesidad de optimización en los procesos constructivos, la obtención de cantidades y datos presupuestales es una actividad sencilla pero tediosa que requiere tiempo para su desarrollo, generando incertidumbre; La metodología del trabajo personalizado permite reducir defectos en la fase de diseño mejorando así el nivel de calidad de metrados de concreto armado. (Rojas Sacatuma, 2017)

El proceso de automatización BIM (Dynamo) con propósito de metrados es importante, ya que nos facilitaría a mejorar el proceso despegue de cantidades y aportaría actualmente en el ámbito constructivo; además teniendo la ventaja de que cualquier cambio realizado en el modelo de programación será actualizado de manera rápida y eficiente.

Una de las actividades repetitivas antes, durante y después de la ejecución de una obra de edificación en cualquier tipo de obra civil viene a ser los metrados o mediciones de las cantidades de obra. Si no se tiene el suficiente cuidado, está propenso a cometer errores de sub o sobre cuantificación, provocando pérdidas de tiempo y dinero. (Huamani Fernández, 2019). Una solución a varios de los inconvenientes de metrados de obra es la aplicación de Dynamo, un software de extensión operado a través de Revit, en la cual tras una correcta interacción con el modelado puede ser adecuada a nuestra Normativa Peruana, agilizando y automatizando en gran medida el proceso de metrado. Además, es seguro suponer que el modelado paramétrico desempeñara un papel importante en el futuro, dadas las circunstancias de eficiencia que ofrece para la automatización de procesos cuantitativos.

El propósito del uso de Dynamo es enlazar la información dispersa del modelado a través de nodos y cables personalizados contenida en su interfaz, permitiendo la salida de información ajustadas a nuestras necesidades.

En el presente documento se exponen los resultados de la investigación basada en el impacto de la utilización de la Dynamo, en la elaboración de metrados en el casco estructural del proyecto evaluado. Se presenta el procedimiento para la elaboración de plantillas mediante la creación de nodos y se muestra los resultados obtenidos en la ejecución de la interfaz.

### **Antecedentes**

El nivel de conocimiento e implementación BIM en los estudiantes, se encuentra en una fase inicial entonado con los profesionales. Siendo la desinformación un factor clave en la gran cantidad de usuarios que no usan el BIM. (Vizcarra Aparicio, 2007)

Usando esta herramienta de programación visual (Dynamo), enlazada a Revit, podemos generar secuencias de comandos con la que desarrollemos funciones propias de Revit, por ejemplo se

puede automatizar el proceso de generar filtros, y se podrán adaptar a nuestras necesidades. Además, el lenguaje de programación no conlleva un periodo de aprendizaje excesivo. (Lepe, 2019) el diseño paramétrico reduce el tiempo de modelado y potencia significativamente la obtención de metrados de obra. Y el modelo BIM y su correcta clasificación redujo los errores habituales de modelado y metrado. (Huamani Fernández, 2019)

Se pudo comprobar que los metrados realizados por la metodología BIM son más exactos que los métodos tradicionales ya que en los cuadros comparativos se aprecia esta diferencia tanto en cuantificación como en el presupuesto. (Barrionuevo Cuestas, 2016)

## **Metodología**

La metodología utilizada para la presente investigación hace referencia al método científico experimental. El desarrollo de la metodología se enfoca en el estudio del impacto de Dynamo en el cálculo de metrados de estructuras en concreto armado, frente al método tradicional de cálculo. Elaborar un metrado de obra resulta una labor compleja dada, la magnitud de los proyectos de construcción.

Para obtener los metrados es necesario partir de un modelo CAD, de donde se tomarán en cuenta, las diversas especialidades, arquitectura, estructura e instalaciones, a su vez cada una de ellas en función al tipo de elemento a evaluar.

En el presente trabajo de investigación, se aplicó la metodología mostrada en la Ilustración 1, para elaborar el metrado del modelo estructural tridimensional de una vivienda convencional. Los recursos e instrumentos que fueron necesarios para el desarrollo de la metodología adoptada, se muestran en la Tabla 1.

Uno de los objetivos consiste en obtener un modelo 3D de la totalidad de los elementos de estructurales del proyecto, al cual se le desea calcular el metrado. Al finalizar el cálculo, el modelo contará con información almacenada sobre los metrados de casco estructural de la vivienda convencional, producto de la aplicación del lenguaje de programación mediante Dynamo.

Dynamo es un entorno de desarrollo integrado (IDE), la interfaz de usuario consta de dos espacios de trabajos separados con código de programa y vista previa de fondo. El flujo de programa está controlado por datos; los cálculos se realizan en el nodo que actualmente recibió todos los datos de su entrada. (Salamak et al., 2019)

En la creación de los nodos personalizados se tomó presente los items de la “Norma Técnica de metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas” en la especialidad de estructura, esto con el objetivo de facilitar el proceso de obtención de cantidades de obra e integrar en una única base de datos la información correspondiente al proyecto.

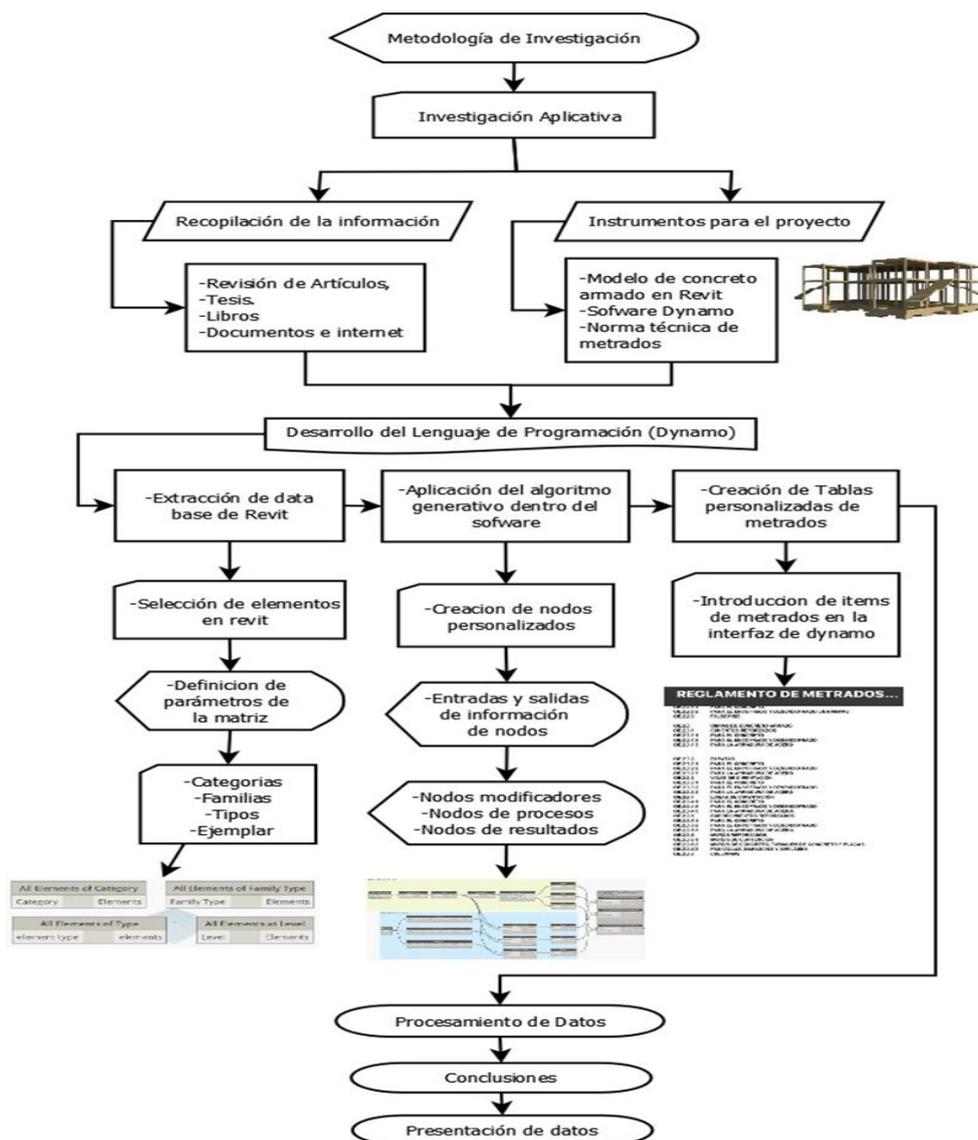


Ilustración 1 Metodología empleada para la elaboración de metrados automáticos en Dynamo-Revit. Fuente: Elaboración Propia

### Limitaciones

El algoritmo planteado se limita a la especialidad de hormigón armado en las partidas y subpartidas de concreto y cálculo de acero en todos los elementos estructurales.

### Elementos estructurales y acero de refuerzo

Para el proyecto desarrollado, los elementos estructurales y acero de refuerzo están definidos en el modelo obtenido a nivel de casco estructural.

Tabla 1. Recursos e Insumos empleados para elaboración de automatización de metrados. Fuente: Elaboración Propia

RECURSOS E INSTRUMENTO	UNIDAD	CANTIDAD
Laptop Intel Core i7-7700HG, 3.8 Ghz, RAM 16GB, Tarjeta de Video Nvidia, Gforce Gtx, Disco Duro de 500Gb	Unidad	2
Modelador de aprendizaje en el manejo del software Revit Dynamo	Horas	50
Licencia Educacional del software Autodesk Revit 2020	-	2
Estudios de la estructura en concreto armado en el modelo de aplicación	Unidad	1

## Desarrollo del Lenguaje de Programación Dynamo.

En la cinta de opciones de la interfaz de Revit, se definen los parámetros compartidos, los cuales son necesarios e independientes de los elementos y las familias, a parte de los modelos por defecto para la creación de tablas de cuantificación.

Los parámetros compartidos creados se añaden a los parámetros del proyecto; agrupan todas las categorías por defecto en Revit

Definidos los parámetros compartidos, se fijan a los parámetros del proyecto Revit, adicionando en las múltiples categorías y de tipo texto, la misma que sirven para filtrar mediante la programación en dynamo. Los parámetros compartidos creados se visualizan posteriormente en la interfaz de Revit formando parte de las propiedades de cada elemento estructural creado. (zapatas, columnas, vigas, losa aligerada, etc.).

En el cálculo de despegue de cantidades en Revit, las inserciones de tablas de planificación por defecto son modificados manualmente por filtros para desglosarse por cada elemento creado de acuerdo a las necesidades de cada proyecto o especialidad, esta actividad toma mucho tiempo al ser generados manualmente, como los filtros para el desglose de cantidades. En tal sentido definidos los parámetros compartidos estas se aprovechan para la utilización de filtros mediante la interfaz de Dynamo.

Una vez desarrollados los parámetros en Revit el proceso de programación corresponde a Dynamo cuyo algoritmo agrupa los elementos preestablecidos mediante una codificación de tres dígitos, dados en la ventana de trabajo de Revit en la descripción de cada elemento, sirve como filtro para llamar y generar la salida de información que se requiere, codificando según el agrupamiento al que pertenece.

## Código de Elementos

Cada elemento estructural contiene un código de identificación usado por Dynamo, como ejemplar ver la Ilustración 2.

CÓDIGO DE ELEMENTOS	CÓDIGO DE ELEMENTOS	CÓDIGO DE ELEMENTOS
SC 001 COL_	SG 001 VIGA_	φ 3/8"
<b>Tipo de elemento</b> C= Columna cuadrada, circular, T, L. T= Columneta	<b>Tipo de elemento</b> V= Peraltada/chata A= Aligerada T= Vigüeta/Amarre C= Cimentación	<b>Diámetro de Varillas</b>
<b>Numero de Elemento</b> La enumeración debe ser consecutiva 001 ; 002 ; 003 ; 004 ; 005 ...	<b>Numero de Elemento</b> La enumeración debe ser consecutiva 001 ; 002 ; 003 ; 004 ; 005 ...	<b>Tipo de elemento</b>
<b>Descripción de elemento</b> Se describe el elemento seguidamente de sus dimensiones	<b>Descripción de elemento</b> Se describe el elemento seguidamente de sus dimensiones	CM Columna VG Viga CT Columneta VT Vigüeta L Losa Z Zapata
SC C 001 COL CUADRADA .40 x .40 m	SG V 001 VIGA PERALTADA .25 x .40 m	φ 3/8" CM

Ilustración 2. Código ejemplar de elementos y Acero de Refuerzo para Revit -Dynamo. Fuente: Elaboração Propria

El objetivo de la programación visual en Dynamo es constituido por códigos, nodos y cables de entrada y salida, ensamblando un diagrama de red visual, en tal sentido, se creó las partidas en la especialidad de estructuras.

La elaboración automatizada de nodos con propósitos de metrados en Dynamo, se inicia con la obtención de paquetes por defecto de Autodesk y otros descargados desde la comunidad Dynamo. En la creación del algoritmo para medición de concreto en los diversos elementos estructurales se tuvo en cuenta la siguiente estructuración mostrada en el ejemplar, Ilustración 3, se aprecia la codificación de concreto en zapatas, selección de categorías, (All categories), todos enlazados a través de cables, atravesando por un proceso de filtrado previamente codificado para el elemento estructural de zapatas "SFZ", la inserción del nodo Element.SetParameterByName permite la ubicación mediante el "code block", en el parámetro creado en la interfaz de Revit. así como el "code block" de unidad, al ejecutar el flujo de trabajo la creación finaliza con los resultados en las tablas establecidas Ilustración 6. La cadena para la armadura de acero en columnas se muestra en la Ilustración 4, cuya salida de datos contempla el mismo mecanismo bajo la codificación y filtrado de la información buscada, generando finalmente el llenado de las tablas de cuantificación en Revit.

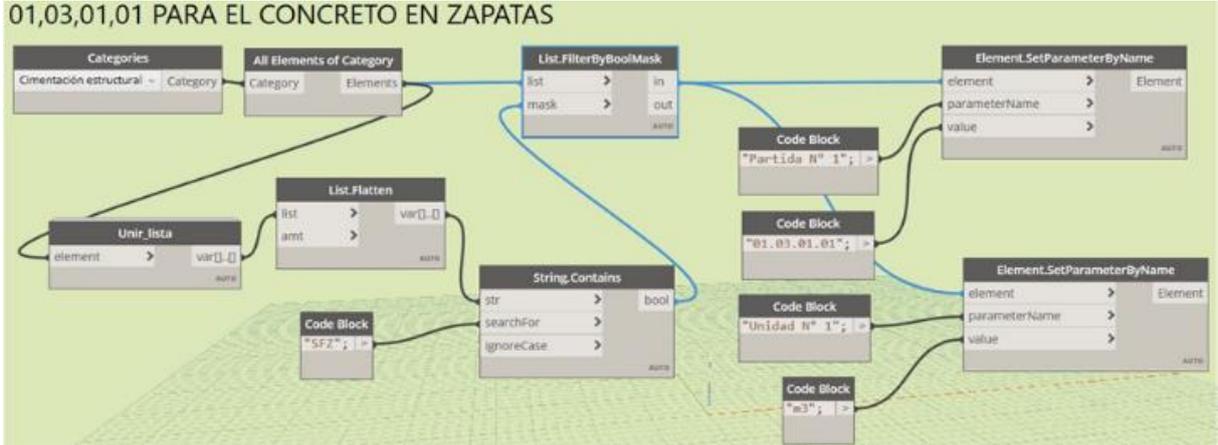


Ilustración 3. Codificación para Concreto en Zapatas, mediante Nodos y cables en Dynamo. Fuente: Elaboración Propia

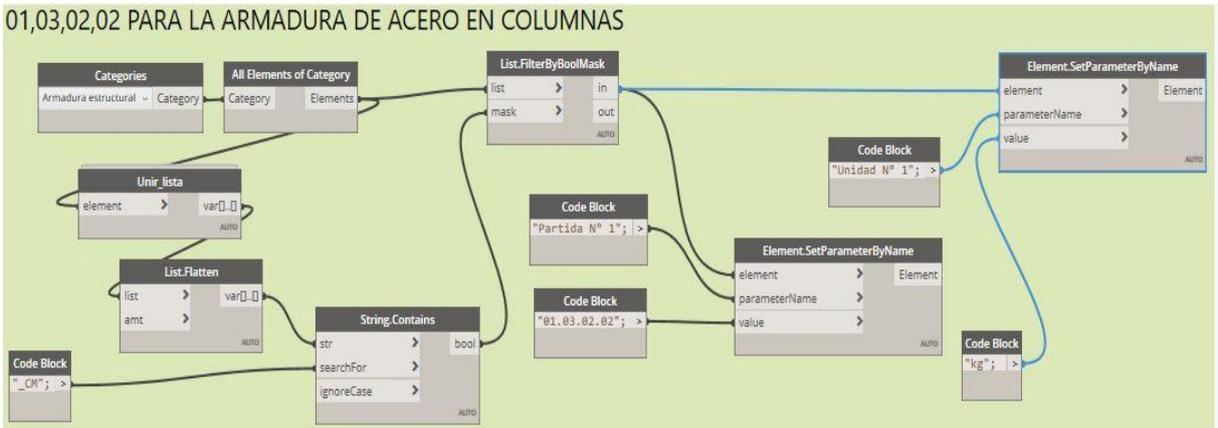


Ilustración 4. Codificación para el Acero de Refuerzo en Columnas. estructura de nodos y cables en Dynamo. Fuente Elaboración Propia

## **Resultados**

En la Ilustración 6, se muestra el resultado final de la automatización en Dynamo con propósitos de metrados, a partir de un modelo 3D en estribos empleados en toda el edificación. La tabla de cuantificación muestra las enumeraciones de partidas pertenecientes, la unidad y el total general de los elementos metrados en columnas, entre otros parámetros. La Ilustración 5, muestra los ítems de partidas y sub partidas de cada elemento estructural creado y evaluado a través de dynamo.

Durante el proceso de ensamblaje de nodos fue necesario una correcta codificación para la ejecución en dynamo, además se tuvieron que obtener nuevos paquetes de nodos descargados desde la comunidad BIM. dada la versión 2.5 de Dynamo para Revit 2021 sin el cual el flujo de trabajo se vería interrumpido.

El cálculo de metrados automáticos en la especialidad de estructuras impacta y modifica de manera significativa, el método tradicional de modelos en 2D, cuyo proceso es largo y tedioso, sumándole a ello la fácil accesibilidad que se tiene en comparación a los software de venta que muchas veces son pocos adquiridos para proyectos de viviendas convencionales de poca envergadura.

En el cálculo de Acero de refuerzo en los diversos elementos estructurales se observa una gran fortaleza teniendo en cuenta que el metrado en los modelos 2D, es una labor muy extensa y propensa a errores, situaciones ligadas al gran número de elementos pertenecientes al acero de refuerzo

Con el desarrollo del lenguaje de programación visual en Dynamo, fue posible observar que la integración de Revit-Dynamo permite un buen flujo de trabajo, entendible en la medida que se conozcan las funciones de los diversos nodos.

Durante el desarrollo del lenguaje de programación en Dynamo se encontraron ciertas limitaciones respecto al equipo y la tarjeta de video que usan, siendo esta un aspecto importante dado que tras la ejecución de Dynamo se ocupa la tarjeta gráfica, tardando el procesamiento de datos.

En general se observa que la implementación de Dynamo para Revit tras su correcto uso, genera una gran ventaja para la realización de los metrados automáticos, contribuyendo significativamente en la precisión y rapidez de los cálculos.

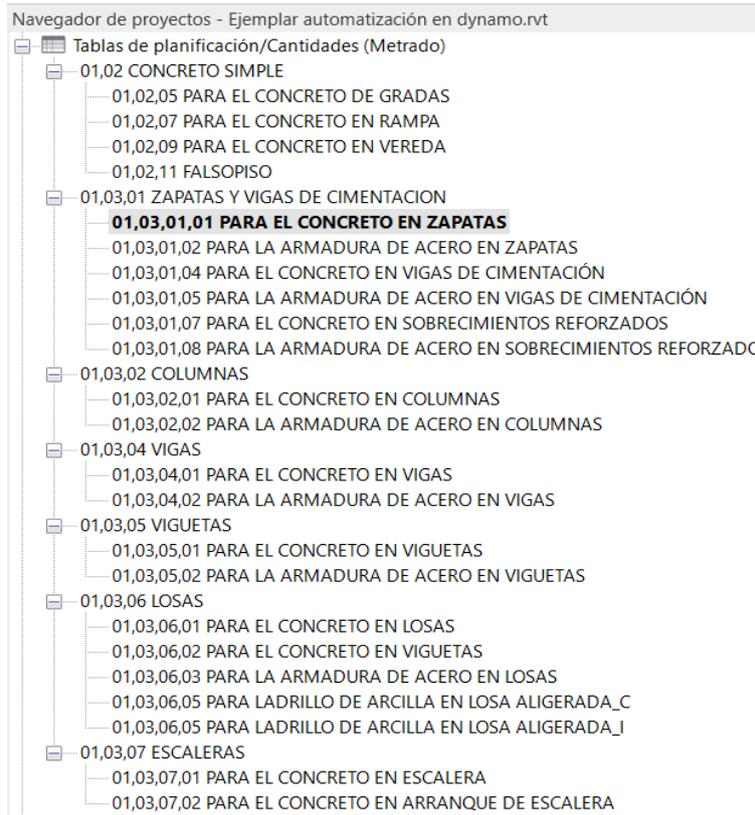


Ilustración 5. Items creados para elaboración de metrados en la especialidad de Concreto Armado. Fuente: Propia

<b>&lt;01.03.02.02 PARA LA ARMADURA DE ACERO EN COLUMNAS&gt;</b>									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Partida N°	Anfitrión	Ubicación	Uso	Ø	Peso (kg/m)	Unidad	Cantidad	Longitud total	Peso Total (kg)
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	2	2.64	1.478
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	2	2.64	1.478
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	2	2.64	1.478
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	2	2.64	1.478
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-B	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	2	2.64	1.478
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	2	2.64	1.478
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	2	2.64	1.478
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	2	2.64	1.478
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	4	5.28	2.957
01.03.02.02	Columna L	3-A	Estribos	Ø3/8_CM	0.56	kg	3	3.96	2.218
Total general: 191									424.301

Ilustración 6. Resultados Obtenidos tras la ejecución de Dynamo en el ejemplar de Aceros de Refuerzos (estribos) . Fuente: Propia

## CONCLUSIONES

Para la disminución de la incertidumbre de los metrados de estructuras en concreto armado, resulta apropiado un modelo 3D bien elaborado durante el proceso constructivo virtual, ya que la información se contiene en una base de datos única, a ello se incorpora un sistema de códigos de elementos permitiendo que cada uno de ellos pueda ser rastreados por dynamo, y consiguientemente un correcto metrado en los ítems adecuados.

los autores presentaron la programación en la interfaz de dynamo y Con un modelo 3D bien elaborado y Dynamo se reduce la posibilidad de olvidar elementos al momento de generar las tablas de cuantificación, ya que la información se contiene en una base de datos única. por ende, se reduce la incertidumbre en olvidar parte de los elementos modelados.

En la ilustración 6 en aceros de refuerzo, se obtuvieron los siguientes resultados: Para los estribos en columnas T y L “Ø 3/8” la cantidad de 424.301 kg con 191 elementos muestreados. Y para las barras longitudinales “Ø 5/8” la cantidad de 617.851 kg con 104 elementos muestreados.

Para el modelo 3D evaluado, la tabla de cuantificación resulta: 6.05 metros cúbicos de concreto en zapatas y 22.58 metros cúbicos de concreto en todo el proyecto ( columnas, vigas, losas , viguetas, rampas, veredas, gradas)

Con el fin de reducir tiempo e incrementar la eficiencia en el despegue de cantidades se recomienda la integración de la información del proyecto tanto de elementos estructurales y el acero de refuerzo en una sola plataforma como Revit estructural. La utilización de modelos en 3D se complementan en una mejor gestión de la información mediante dynamo, extrayendo y ajustando los parámetros requeridos según lo solicitado.

Dynamo presenta múltiples utilidades siendo una de ellas la cuantificación de metrados por especialidades, además los ensamblajes de nodos pueden ser compartidos entre usuarios permitiendo un mayor beneficio y aporte en la comunidad BIM-Dynamo.

El desarrollo de las tablas de planificación se ajusta a la Norma técnica de metrados para obras de edificación, en el despliegue de partidas según corresponda. Para futuras investigaciones se propone la complementación de ítems de arquitectura e instalaciones eléctricas y sanitarias, además la creación del modelo 3D mediante los algoritmos de Dynamo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrionuevo Cuestas, J. (2016). *Modelado inteligente para compatibilizar, metrados y presupuestos de la especialidad de Estructuras de un polideportivo-Puerto Inca-Huanuco-2014*. 185.
- Goedert, J. D., & Meadati, P. (2008). Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(7), 509–516.
- Huamani Fernández, H. (2019). *Propuesta De Modelado En Objetos Bim Para Automatización De Metrados De Acuerdo a La Norma Técnica Aplicada a Una Edificación En Huamanga-Ayacucho-2019*. 200.

- Lepe, M. B. (2019). *Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO*.
- Porras-Díaz, H., Sánchez-Rivera, O. G., Galvis-Guerra, J. A., Jaimez-Plata, N. A., & Castañeda-Parra, K. M. (2015). Tecnologías “Building Information Modeling” en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concreto reforzado. *Entramado*, 11(1), 230–249.
- Rojas Sacatuma, J. (2017). *Análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados, especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK*. 229.
- Salamak, M., Jasinski, M., Plaszczyk, T., & Zarski, M. (2019). Analytical Modelling in Dynamo. *Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*, 18(2), 36–43. <https://doi.org/10.31490/tces-2018-0014>
- Vizcarra Aparicio, J. M. (2007). *Implantación del Building Information Modeling (BIM) en las competencias de la enseñanza universitaria*. 1–215.