



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Propuesta de diseño de plataforma móvil en el software SAP 2000
para el mantenimiento del puente Pasamayito, Piura 2023.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Palacios Celi, Jimmy Omar (orcid.org/0000-0003-2507-2820)

ASESOR:

Dr. Galan Fiestas, Jose Edwin (orcid.org/0009-0005-9867-3637)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

PIURA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación con todo cariño y amor a mis padres, por su apoyo incondicional.

Agradecimiento

A Dios por ser mi guía en la vida y a mi querida universidad por toda la aventura estudiantil.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, GALAN FIESTAS JOSÉ EDWIN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis Completa titulada: "Propuesta de diseño de plataforma móvil en el software SAP 2000 para el mantenimiento del puente Pasamayito, Piura 2023.

", cuyo autor es PALACIOS CELI JIMMY OMAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 29 de Setiembre del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| GALAN FIESTAS JOSÉ EDWIN DNI: 44741619 ORCID: 0009-0005-9867-3637 | Firmado electrónicamente por: JGALANFI el 19-10- 2023 18:48:03 |

Código documento Trilce: TRI - 0651866





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, PALACIOS CELI JIMMY OMAR estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Propuesta de diseño de plataforma móvil en el software SAP 2000 para el mantenimiento del puente Pasamayito, Piura 2023.

", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|---|---|
| PALACIOS CELI JIMMY OMAR DNI: 45846837 ORCID: 0000-0003-2507-2820 | Firmado electrónicamente por: JPALACIOSCE18 el 20- 11-2023 10:22:22 |

Código documento Trilce: INV - 1356984



Índice de contenidos

| | |
|---|-----|
| Carátula | i |
| Dedicatoria..... | iii |
| Agradecimiento..... | iv |
| Índice de contenidos..... | vii |
| Índice de gráficos y figuras..... | x |
| Resumen..... | xi |
| Abstract..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEORICO | 3 |
| 2.1 ANTECEDENTES..... | 3 |
| 2.2 MARCO CONCEPTUAL..... | 6 |
| 2.3 MARCO LEGAL..... | 9 |
| III. METODOLOGÍA..... | 10 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 10 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 10 |
| 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis | 13 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 14 |
| 3.5. Procedimientos..... | 16 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 19 |
| 3.6.1 Descripción de la Estructura..... | 19 |
| 3.6.2 Modelamiento Estructural..... | 21 |
| 3.6.3 Materiales | 22 |
| 3.6.4 Secciones | 24 |
| 3.6.5 Cargas | 26 |
| 4. Análisis Estructural | 30 |
| 4.1 Revisión De Deformaciones | 30 |
| 4.2 Diagrama De Fuerzas Axiales | 31 |
| 4.2.1 Verticales y Bases | 31 |
| 4.2.2 Diagonales..... | 34 |
| 4.3 Diagrama de Momentos y Cortantes | 34 |
| IV. RESULTADOS | 36 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Resultado de objetivo específico No 01: | 36 |
| 4.2 | Resultado de objetivo específico No 02: | 38 |
| 4.3 | Resultado de objetivo específico No 03: | 39 |
| 4.4 | Resultado de objetivo general: | 40 |
| V. | DISCUSIÓN | 41 |
| 6.1 | Discusión para el objetivo específico N° 01: | 41 |
| 6.2 | Discusión para el objetivo específico N° 02: | 42 |
| 6.3 | Discusión para el objetivo específico N° 03: | 43 |
| VI. | CONCLUSIONES | 45 |
| VII. | RECOMENDACIONES | 46 |
| VIII. | REFERENCIAS | 48 |
| IX. | ANEXOS | 50 |
| | MEMORIA DE CÁLCULO | 52 |
| 1. | ANTECEDENTES | 52 |
| 1.1. | OBJETIVO DEL DOCUMENTO | 52 |
| 1.2. | DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA | 52 |
| 2. | NORMATIVA APLICABLE Y REFERENCIAS | 55 |
| 3. | MATERIALES | 56 |
| 3.1. | Acero ESTRUCTURAL | 56 |
| 4. | CARGAS | 56 |
| 5.1 | Cargas Permanentes (d) | 56 |
| 5.2 | Cargas vivas (I) | 56 |
| 5.3 | Carga DE VIENTO (W) | 57 |
| 5. | COMBINACIONES DE CARGA | 57 |
| 6. | MODELAMIENTO ESTRUCTURAL | 57 |
| 7.1 | materiales | 58 |
| 7.2 | secciones | 60 |
| 7.3 | cargas | 62 |
| 7. | ANÁLISIS ESTRUCTURAL | 65 |
| 8.1 | REVISIÓN DE DEFORMACIONES | 65 |
| 8.2 | DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES | 66 |
| 8.2.1 | Verticales Y BASES | 66 |
| 8.2.2 | DIAGONALES | 69 |
| 8.3 | DIAGRAMA DE momentos y cortantes | 69 |

Índice de gráficos y figuras

| | |
|--|----|
| Tabla 01 – Resistencia de los elementos | 6 |
| Figura 01 – Cargas vivas – cargas muertas | 8 |
| Figura 02 – Ángulos de la roseta | 9 |
| Tabla 02 - Operacionalización De Variables – Variable Dependiente..... | 11 |
| Tabla 03 - Operacionalización De Variables – Variable Dependiente..... | 12 |
| Figura 03 – Sección de frames | 14 |
| Figura 04 – Mapa Eólico del Perú..... | 15 |
| Tabla 04 – Cargas de Viento | 18 |
| Figura 05: Vista 3D..... | 19 |
| Figura 06: Vista en planta | 20 |
| Figura 07: Vista en Sección | 20 |
| Figura 08: Vista en Elevación | 21 |
| Figura 09: Modelo Estructural Bidimensional | 22 |
| Figura 10: Acero S235 (Verticales/ horizontales/Diagonales) | 23 |
| Figura 11: Acero S275 (Base rueda) | 23 |
| Figura 12: Acero S460 (viga puente) | 24 |
| Figura 13: Vertical y Horizontal | 24 |
| Figura 14: Diagonal | 25 |
| Figura 15: Viga puente..... | 25 |
| Figura 16: Base rueda..... | 26 |
| Figura 17: Peso de Plataformas..... | 27 |
| Figura 18: Carga viva | 28 |
| Figura 19: Carga de Viento | 29 |
| Figura 20: Diagrama de deformaciones (D+L+W) | 30 |
| Figura 21: Reacciones en la base (1.2D+1.6L) | 31 |
| Figura 22: Diagrama de fuerzas axiales (1.2D+1.6L) | 32 |
| Figura 23: Diagrama de fuerzas axiales (0.9D+1.3W)..... | 33 |
| Figura 25: Diagrama de fuerzas cortantes (1.2D+1.6L) | 35 |
| Figura 26: Carga de Viento – Elaboración propia, 2023..... | 37 |
| Figura 18: Carga viva | 39 |

Resumen

La utilización de sistemas de andamios para generar niveles de trabajo en zonas elevadas ocasiona un aumento en el costo final de cualquier partida en construcción, el uso de sistemas de andamios en la etapa final del proyecto es sumamente importante, los trabajos de arte requieren un sistema que brinde comodidad y seguridad desde el punto de vista técnico.

El uso de plataformas móviles para en la etapa final de obra es una buena alternativa ya que gracias a su a la versatilidad y desplazamientos sin tener que desmontarlos. Diseñar una plataforma de trabajo que utilice pocos elementos, no necesite mucho espacio y pueda ser desplazada con facilidad es vital para reducir los costes de alquiler y montaje.

En el mantenimiento de puentes, normalmente se utiliza equipos mecánicos y/o andamios que son montados desde el nivel de piso, lo que convierte a estas estructuras en estructuras sumamente pesadas y volumétricas.

Este trabajo de investigación aprovecha la versatilidad del sistema de andamios multidireccional para diseñar, comprobar y proponer una estructura que permita ahorro en costos y acelerar las tareas y mostrar una solución nunca antes planteada en cuanto al mantenimiento de las zonas inferiores de los puentes a nivel nacional.

Palabras clave: andamios móviles; sistema de andamios; andamio colgante; andamio en puentes.

Abstract

The use of scaffolding systems to generate levels of work in elevated areas causes an increase in the final cost of any item under construction, the use of scaffolding systems in the final stage of the project is extremely important, works of art require a system that provides comfort and safety from a technical point of view.

The use of mobile platforms for the final stage of work is a good alternative since thanks to its versatility and displacement without having to disassemble them. Designing a work platform that uses few elements, does not need a lot of space and can be easily moved is vital to reduce rental and assembly costs.

In the maintenance of bridges, mechanical equipment and/or scaffolding are normally used that are assembled from ground level, which makes these structures extremely heavy and volumetric structures.

This research work takes advantage of the versatility of the multidirectional scaffolding system to design, verify and propose a structure that allows cost savings and accelerates tasks and shows a solution never before proposed in terms of maintenance of the lower areas of bridges nationwide.

Keywords: mobile scaffolding; scaffolding system; Hanging scaffold; scaffolding on bridges.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo de la ingeniería, las estructuras auxiliares suelen utilizarse para facilitar y agilizar tareas que requieren que el cuerpo se posicione a alturas que no puede alcanzar por sí solo. Para eso necesitas una herramienta como una silla, bancos o escaleras, ya que no hay plataforma para pisar.

Tendemos a pensar en los andamios como una solución bastante moderna, pero desde la antigüedad, la gente siempre ha aspirado a construir monumentos muy altos, y para ese fin, los andamios se han utilizado como un medio ingenioso para lograr aquellas proezas. Es posible que las pinturas rupestres de Lascaux, Francia, quizás se construyeron con andamios. Los tapones de pared que rodean la obra de arte de apuntan a que se utilizó un sistema de medios auxiliares propio de la época para llegar a la parte más alta de los refugios, posiblemente hace más 17.000 años.

El andamio de bambú se ha utilizado en China y el lejano oriente durante más de 5000 años, debido a la abundancia de este material, fue el material de construcción para la construcción permanente y temporal. El andamio se fabrica en marcos con cuerdas. Es relativamente liviano, pero lo suficientemente resistente para soportar el peso de los trabajadores y el equipo.

Uno de los beneficios del bambú es que es liviano y muy ligero, lo que facilita su traslado de un lugar a otro. El peso y la durabilidad del significan que no necesita una máquina para armar el andamio y finalmente puede desmantelarlo y transportarlo a otro proyecto. El bambú todavía se usa comúnmente en otros países asiáticos.

Mientras tanto durante la época victoriana en Europa, los contratistas individuales de andamios aparecieron para participar en los proyectos que se estaban llevando a cabo en ese momento, llevados por la revolución industrial. El andamiaje utilizado en el proyecto todavía se basaba en piezas de madera de varios tamaños, con conexiones aseguradas por clavos o correas con cuerdas, para evitar el daño a las

piezas.

El desarrollo de andamios en el territorio peruano es mayormente reciente. Actualmente en nuestro país existe normativa que describe los sistemas de andamios compuestos por elementos de madera y casi nada de información al respecto. El Llamado “Boom de la Construcción” generó que el uso de sistemas de andamios certificados sea casi un requisito previo para su uso en la construcción. Sin tener en cuenta que actualmente no existe exigencias para que las empresas transnacionales obtengan una homologación en nuestro país, aplicando siempre las homologaciones de su país de origen.

El problema general de esta presente investigación es ¿Se podrá diseñar una plataforma móvil estructural para lograr el mantenimiento del tablero inferior del puente Pasamayito, Sullana – Piura?

Los problemas específicos que se presentan son:

- ¿Cuáles son los valores de viento en la zona de ubicación del puente Pasamayito?
- ¿Se podrá diseñar una plataforma estructural móvil para cubrir la ausencia de equipo especializado?
- ¿La presencia de tránsito liviano y pesado condicionará las dimensiones de la estructura móvil?

El puente Pasamayito es un elemento importante dentro del sistema de vías de la región. La ausencia de equipos especializados en mantenimiento de las zonas inferiores de tableros, genera una detección inoportuna de las fallas y/o alteraciones físicas y mecánicas de la estructura; generando pérdidas económicas ya que la estructura no mantiene el 100% de su vida útil de diseño.

Por lo tanto, la presente tesis plantea diseñar una plataforma de trabajo móvil que permita realizar inspección y mantenimiento de la zona inferior del tablero del puente,

sin tener que detener el tránsito y/o pausar la operatividad de la estructura a fin de garantizar la vida útil de diseño al 100%.

Por lo tanto, la hipótesis se define de la siguiente manera: se diseñará una plataforma móvil estructural, través del software SAP2000 para el mantenimiento del tablero inferior del puente Pasamayito – Sullana – Piura; mientras que los objetivos específicos son:

- Diseñar una plataforma móvil estructural con una resistencia mínima de 75 Km/h a cargas de viento (w) a una altura de $H=10.00\text{m}$.
- Elaborar un diseño de andamio que permita ejecutar actividades sin cierres de vía.
- Diseñar una plataforma móvil estructural con una resistencia mínima de 75 Kg/m^2 como S.U.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

En relación con el diseño de estructuras metálicas, se obtuvo resultados de un trabajo de investigación donde el autor realizó el cálculo de una solución estructural utilizada para cubrir grandes luces en los trabajos de mantenimiento de las fachadas de centros comerciales de Lima (Hinojosa, 2019).

El autor recopiló la información suficiente para una correcta ejecución y montaje de una estructura que permitiera realizar trabajos en altura: pliego de condiciones, nota de cálculo, el estudio de seguridad, los presupuestos, mediciones, y los planos. La estructura metálica que diseñó y montó tuvo estas dimensiones: 10.35m de longitud, 7.71m de ancho y de altura de 6.50m. La estructura que diseñó se basa en piezas de un sistema de andamio multidireccional de un acero S235JRH, unidos por nudos unidos en una roseta separada cada 0.50m entre sí.

Como resultado, obtuvo el resultado de que su proyecto final cumple con los requisitos de las especificaciones técnicas y especificaciones reglamentarias, más los resultados obtenidos en los cálculos estructurales, más si los perfiles que eligió cumplen con las condiciones. Sujeto a límites especificados. Se indican la rigidez y la resistencia.

Durante las investigaciones, se encontró además el trabajo de (Reyes, 2007) quien realiza el trabajo de comparar las aplicaciones de andamios multidireccionales, andamios acrow y andamios móviles en distintos proyectos de la Ciudad de México.

El autor concluye haciendo un análisis del crecimiento del sector construcción en su país y la importancia de utilizar sistemas certificados en trabajos de mucho riesgo como lo son las actividades en altura.

También podemos referirnos a (Luque, 2017) quien se refiere desde su investigación a las operaciones en altura y la prevención de riesgos de andamios como una mejora continua de las empresas mineras.

El autor concluye dando consejos sobre el correcto montaje y uso de los andamios, que pueden reducir significativamente el número de accidentes, pero por otro lado, también depende de que los obreros usen las herramientas de seguridad necesarias, y hay una empresa que necesita supervisores.

Se encontró también la investigación de (Sánchez, 2020) quien en su investigación plantea una solución de mejora de un andamio tipo volado para ascensores del tipo GEN2 REGEN basado en la Norma G050.

El autor plantea una propuesta de un nuevo diseño creado por él y que se complementa con el sistema de andamio multidireccional de una conocida marca de andamios española.

En esta actualización de andamio en volado para ascensor Gen2 Regen basada en el estándar G050, la resistencia de la plataforma, el material, el tamaño, el volumen y las mejoras se pueden analizar y diseñar en los siguientes aspectos: Accesibilidad y comodidad: mejor exposición de los equipos de elevación según G050. norma, sobre todo, vela por la necesaria seguridad e integridad de los empleados, proporcionándoles una mejor calidad de vida profesional; está mejor ofrece todos los ascensores sin obra y/o cuarto de máquinas Amplias opciones de servicio y mayor compromiso con la seguridad en el trabajo en altura según los requisitos e instrucciones de la norma G050 (Sánchez, 2020).

Terminando con los trabajos previos, se continuará con las teorías que se relacionan al tema iniciando con los sistemas de andamios, los cuales son estructuras provisionales de madera o metal, que permiten sostener superficies horizontales y elevadas para mantener personas, materiales o herramientas necesarias para realizar tareas en altura (NTP 400.034, 2012).

Con respecto a los andamios multidireccionales móviles tendremos que revisar la definición que nos brindan las normativas europeas, tales como la Norma Técnica de Prevención 695: "Las torres móviles de trabajo son estructuras de andamios tubulares ensamblados a partir de elementos prefabricados que se pueden mover manualmente sobre una superficie lisa y fija, son autoportantes y tienen una o más plataformas de trabajo, el conjunto más simple de cuatro niveles, colocados sobre cuatro postes horizontales con un poste de ayuda. Las ruedas están equipadas con un sistema de frenado y capacidad de carga suficiente. La estructura también se puede ensamblar con el marco estructural como la dimensión vertical" (INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO , 2016).

La norma EN 12810-1 requiere que todos los elementos verticales resistentes sean de aleación de acero o aleación de aluminio. Los requisitos que deben cumplir los materiales para andamios están regulados en las normas EN 12.810-1 y EN 12.811-1 y 2. Los materiales se seleccionan dependiendo de su utilización, función y

capacidad de carga. Las divergencias en los requisitos estándar son posibles siempre y cuando estén regulados por las autoridades pertinentes.

Los componentes de acero para estructuras de andamio están regulados en la norma EN 10025. Los tubos de acero deben estar conformados en frío según EN 10219.

Los tubos fabricados en acero deben cumplir con EN 39. Existen criterios para el límite elástico mínimo y el grosor mínimo para tubos de andamios. (Layher S.A, 2014). Requisitos mínimos para los componentes de acero del andamio:

| | Espesor nominal de las paredes | Límite elástico mínimo |
|--|--|------------------------|
| Elementos resistentes | $\geq 2,0 \text{ mm}$ | 235 N/mm ² |
| Componentes de la protección lateral | $\geq 1,5 \text{ mm}^*$ | 235 N/mm ² |
| Componentes de la plataforma | $\geq 2,0 \text{ mm}^*$ | 235 N/mm ² |
| Tubos de un diámetro exterior de 48,3 mm | $2,7 \text{ mm} \leq t < 2,9 \text{ mm}$ | 315 N/mm ² |
| | $t \geq 2,9 \text{ mm}$ | 235 N/mm ² |

Tabla 01 – Resistencia de los elementos

Fuente: Libro técnico Layher

2.2 MARCO CONCEPTUAL

SAP2000 es un software de elementos finitos con una interfaz gráfica 3D enfocada a objetos lista para modelar, analizar y medir la más amplia gama de escenarios de ingeniería estructural de manera 100% integrada. (Ander Esarte Eserverri, 2022).

En ingeniería mecánica e ingeniería estructural, las cargas vivas y las cargas muertas son dos tipos de fuerzas que actúan sobre los objetos. "Carga" es cualquier tipo de fuerza que actúa sobre un objeto, que puede ser de "peso inexplicable" (pesadez), presión o cualquier otro tipo de fuerza que ejerza presión sobre ese objeto.

Las autocargas son componentes del mismo peso aplicado a la estructura (como el yeso) y al material dentro de la estructura misma. Suelen ser relativamente constantes a lo largo de la vida de la estructura, por lo que también se denominan cargas permanentes.

El diseñador determina la magnitud de la carga relativamente porque está relacionada con la densidad del material, que contiene el cambio y, a menudo, es responsable de la especificación del componente. (Arqhys artículos,2023).

Las cargas vivas, llamadas también cargas probables, suman todas las fuerzas que son variables dentro de un ciclo.

La presión de los pies en la escalera de peldaños (variable en función del uso y tamaño).

- Carga de viento (si la escalera llega a estar fuera).
- Cargas en vivo (techo) producido (1) durante el mantenimiento de los usuarios, equipos y materiales y (2) durante la vida de la estructura de los objetos móviles, como las macetas y por los usuarios.
- Carga Viva (Puente), generada por los vehículos que circulen sobre la superficie del puente (Arqhys artículos,2023).

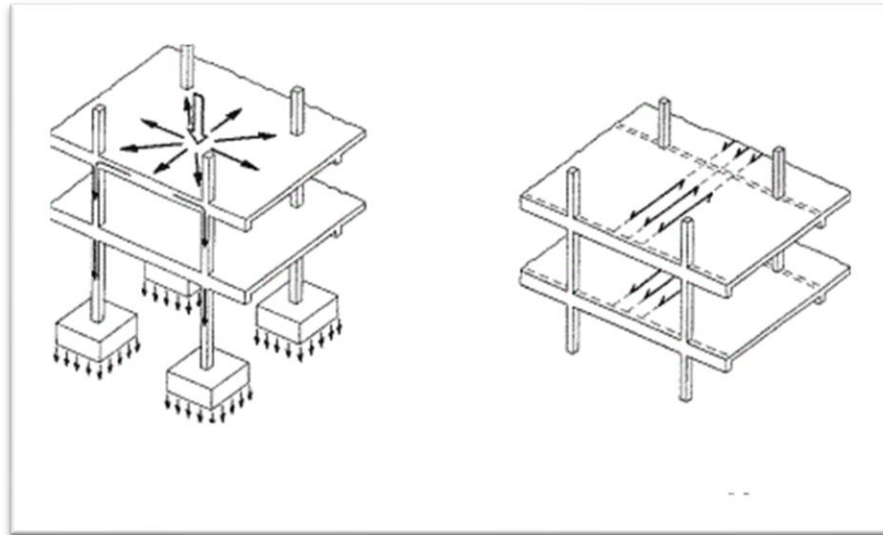


Figura 01 – Cargas vivas – cargas muertas
(Arqhys artículos,2023).

El principio de multidireccionalidad que tiene este sistema permite hacer construir una estructura con esquinas de 45° , tal y como se puede ver en el esquema. Esta condición es común a todas las posibilidades de utilización. Con una altura media de 2 m (aunque existen diferentes módulos de altura según cada fabricante) disponemos de una estructura con la que fácilmente alcanzamos las alturas de trabajo, en las cuales podemos disponer de plataformas, barandillas, con capacidad para apoyar material de trabajo (ojo, no se trata de estructuras para el almacenamiento en altura sino que pueden soportar pesos puntuales de cierto peso con material de construcción). (Luis Santalla, 2021)

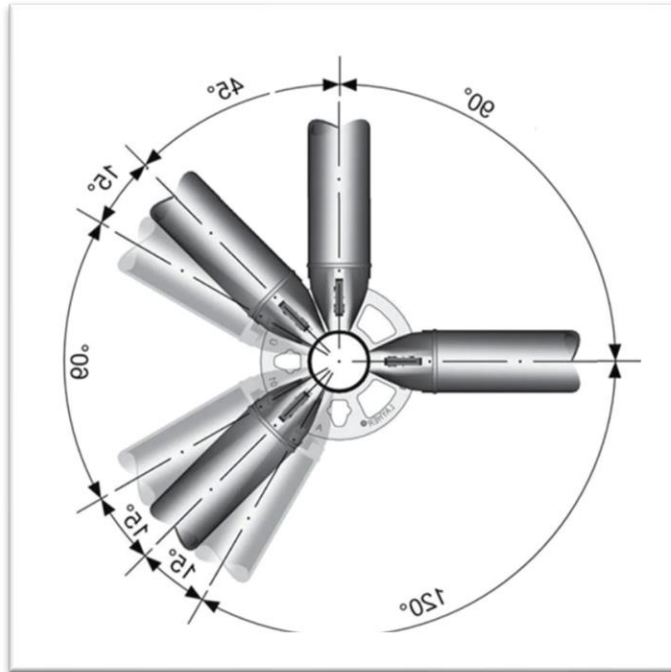


Figura 02 – Ángulos de la roseta
(Arqhys artículos,2023).

2.3 MARCO LEGAL

Las normativas utilizadas de base para ejecutar los cálculos y diseño se detallan a continuación:

- Reglamento nacional edificaciones RNE del Perú. Normativa Técnica E.020 – Cargas.
- Reglamento nacional edificaciones RNE del Perú. Normativa Técnica E.090 – Diseño de estructuras metálicas.
- UNE-EN-12811-1: Andamios. Requisitos de comportamiento y diseño general.
- NTP 400.034: Andamios. Requisitos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que utilizo formularios tanto de tablas y de figuras que ya existen en la realidad para este tipo de estructuras metálicas.

Diseño de investigación

La actual investigación tiene un diseño no experimental-correlacional, debido a que el diseño de la estructura estará basado en los resultados logrados en el software SAP2000.

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Plataforma estructural móvil.

Plataforma móvil es una estructura metálica que puede ser de diferentes características dependiendo el proyectista. Está conformada por elementos estructurales con el fin de que la estructura que se va a diseñar será funcional, estética, económica y que resisten las cargas y fueras.

Variable 2: Software SAP2000

Programa de análisis en 3D de estructuras, utilizado para el cálculo de estructuras de vigas, celosías o pórticos compuestos de acero, hormigón (concreto) armado, madera, aluminio u otros materiales. (ARCHIEXPO, 2020).

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLES | | DEFINICIÓN | | | | |
|-------------|---|---|---|---|--|--------------------|
| DEPENDIENTE | X: Propuesta de Diseño de una plataforma estructural móvil. | CONCEPTUAL | OPERACIONAL | DIMENSIONES | TECNICA | ESCALA DE MEDICIÓN |
| | | Plataforma móvil es una estructura metálica que puede ser de diferentes características dependiendo el proyectista. Esta conformada por elementos estructurales con el fin de que la estructura que se va a diseñar será funcional, estética, económica y que resisten las cargas y fueras. | El diseño de la estructura para el puente Pasamayito se logrará mediante el estudio de planos estructurales existentes del puente, cálculo de las cargas y diseño de la viga de pórtico principal utilizando el software SAP2000. | WD – WL (Kg/m ²) | - Software - Normativa - Ensayos | Razón |
| | | | | S.U (Kg/m ²) | - Software - Normativa - Ensayos | Razón |
| | | | | Carga de viento (Kg/m ²) | - Software - Normativa - Ensayos | Razón |

Tabla 02 - Operacionalización De Variables – Variable Dependiente

Fuente: Elaboración propia.

| VARIABLES | | DEFINICIÓN | | | | |
|---------------|---------------------|--|---|---|-------------------------|--------------------|
| INDEPENDIENTE | X: Software SAP2000 | CONCEPTUAL | OPERACIONAL | DIMENSIONES | TÉCNICA | ESCALA DE MEDICIÓN |
| | | Programa de análisis en 3D de estructuras, utilizado para el cálculo de estructuras de vigas, celosías o pórticos compuestos de acero, hormigón (concreto) armado, madera, aluminio u otros materiales. (ARCHIEXPO, 2020). | El uso del software SAP 2000 iniciará introduciendo al modelo un pre-dimensionamiento del prototipo de la estructura móvil, detallando el tipo de acero que la compone y la sección tubular de sus elementos. | Pre-dimensionamiento (Longitud de elementos) | - Software - Ensayos | Razón |
| | | | | Tipo de acero (S460) / Limite elástico | - Software Ensayos | Razón |
| | | | | Secciones tubular 3.2mm 2.8mm | - Software - Ensayos | Razón |

Tabla 03 - Operacionalización De Variables – Variable Dependiente

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La estructura consta de un andamio de 12m de altura, 11.1m de ancho y 12m de altura. Dicho andamio está conformado por módulos de 0.73m, 1.09m y 2.07m. La altura de estos módulos es típica e igual a 2m. Asimismo, el andamio esta soportado en ruedas metálicas que a su vez están apoyados en rieles triangulares sobre el cual se desliza el andamio.

- **Criterios de inclusión:**

Se considera solo a los elementos tubulares que cumplen función estructural tales como: Horizontales, diagonales, verticales y tubos lisos.

- **Criterios de exclusión:**

Se considera solo a los elementos no estructurales de apoyo, tales como plataformas de acceso, rodapiés, grapas ortogonales, grapas giratorias y accesorios.

Muestra:

La estructura consta de un andamio de 12m de altura, 11.1m de ancho y 12m de altura. Dicho andamio está conformado por módulos de 0.73m, 1.09m y 2.07m.

Muestreo:

No probabilístico – intencional.

Unidad de análisis:

La estructura se modelo mediante elementos **frames - Acero S235** para cada uno de sus componentes

Las secciones del andamio generalmente son tubulares.

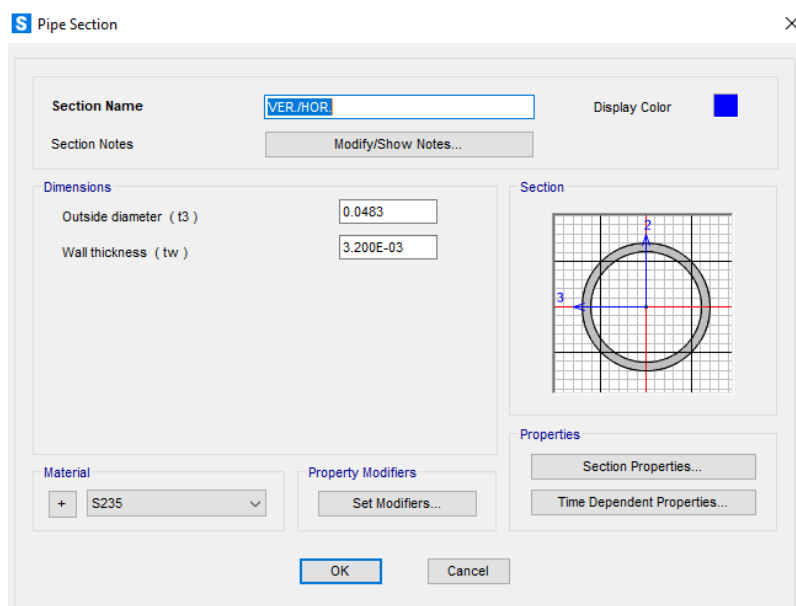


Figura 03 – Sección de frames

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

- **Análisis de documentos y normativas.**

He revisado el Atlas Eólico publicado en el año 2016, donde se evidencia que la velocidad del viento en la zona de influencia del proyecto asciende entre 75 Km/h a 90 Km/h; tomando como referencia la velocidad mínima para el desarrollo de la investigación.

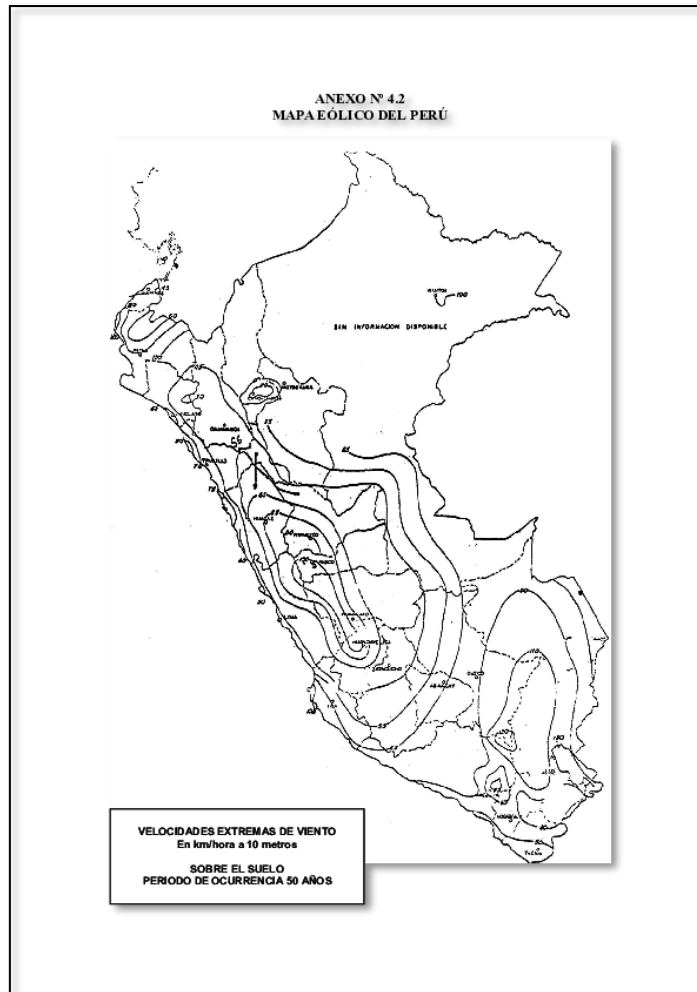


Figura 04 – Mapa Eólico del Perú

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de planos de la estructura (Puente).**

Se logró investigar y obtener los planos de diseño del puente Pasamayito.

Esta información fue utilizada para establecer el pre-dimensionamiento de la plataforma móvil estructural.

Instrumentos de recolección de datos

- Software de ingeniería SAP2000.
- Cinta métrica.
- Estación total.
- Nivel de mano.
- Teodolito.

3.5. Procedimientos

El análisis de la estructura se realizó con el programa SAP2000 mediante un modelo bidimensional. En el análisis se supuso comportamiento lineal y elástico. La estructura se modeló mediante elementos "frames" para cada uno de sus componentes. En el caso de las diagonales, se consideró rotuladas en sus extremos con una rigidez axial según sus propiedades. Debido a que las conexiones de los andamios no son infinitamente rígidas. Los apoyos a nivel de ruedas se han restringido en "X" y "Z". Cabe indicar que los elementos no estructurales como las barandas y rodapiés se han ingresado solo como peso en el modelo.

3.5.1 Parámetros de materiales

3.5.1.1 Acero Estructural

Barras corrugadas para el refuerzo de concreto armado:

S235

- Esfuerzo de fluencia: $f_y = 235 \text{ MPa}$
- Esfuerzo último: $f_u = 360 \text{ MPa}$
- Módulo de elasticidad: $E = 210\,000 \text{ MPa}$

S275

- Esfuerzo de fluencia: $f_y = 275 \text{ MPa}$
- Esfuerzo último: $f_u = 430 \text{ MPa}$
- Módulo de elasticidad: $E = 210\,000 \text{ MPa}$

S460

- Esfuerzo de fluencia: $f_y = 460 \text{ MPa}$
- Esfuerzo último: $f_u = 540 \text{ MPa}$
- Módulo de elasticidad: $E = 210\,000 \text{ MPa}$

3.5.1.2 Cargas

3.5.1.2.1 Cargas Permanentes (D)

Corresponden a bloque peso propio de los elementos estructurales y las cargas muertas adicionales como el peso propio y de plataformas.

- Peso propio: Considera la estructura principal del andamio (verticales, horizontales, vigas puentes y diagonales). Este valor lo calculo directamente el programa.
- Peso de plataformas: 0.25 kN/m^2

3.5.1.2.2 Cargas Vivas (L)

- Se ubica sobre los niveles de plataforma de trabajo y tiene un valor igual a 0.75kN/m². Este valor lo suele decidir el usuario del andamio.
- La sobrecarga se considera un 100% en un nivel de trabajo y otro 50% en un nivel de trabajo diferentes (UNE-EN-12811-1).

3.5.1.2.3 Carga De Viento (W)

Se cálculo según la norma E.020. Asimismo se considera que solo el nivel de trabajo inferior se encuentra cubierto por una lona:

| | | |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|
| ALTURAMÁXIMA: | 12.00 m | |
| VELOCIDAD DE VIENTO BASE: | 75 km/h | A 10m de altura |
| VELOCIDAD DE VIENTO DISEÑO: | 78 km/h | $V_h = V (h/10)^{0.22}$ |
| FACTOR DE FORMA(C): | 0.8 | |
| TIPO DE CUBRICIÓN | Sin cubrición | Lona |
| ANCHO TRIBUTARIO: | 1.54 m | 1.54 m |
| CARGA DE VIENTO (W) | 0.07 kN/m | 0.37 kN/m |

Tabla 04 – Cargas de Viento

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2.4 Combinaciones De Carga

A continuación, se muestran las combinaciones de carga para el diseño de los elementos metálicos que conforman la estructura:

COMB.1: 1.2D+1.6L

COMB.2: 1.2D+0.5L ± W

COMB.3: 0.9D± W

3.6. Método de análisis de datos

3.6.1 Descripción de la Estructura

La estructura consta de un andamio de 12m de altura, 15.60m de ancho y 12m de altura. Dicho andamio está conformado por módulos de 0.73m, 1.09m y 2.07m. La altura de estos módulos es típica e igual a 2m. Asimismo, el andamio esta soportado en ruedas metálicas que a su vez están apoyados en rieles triangulares sobre el cual se desliza el andamio.

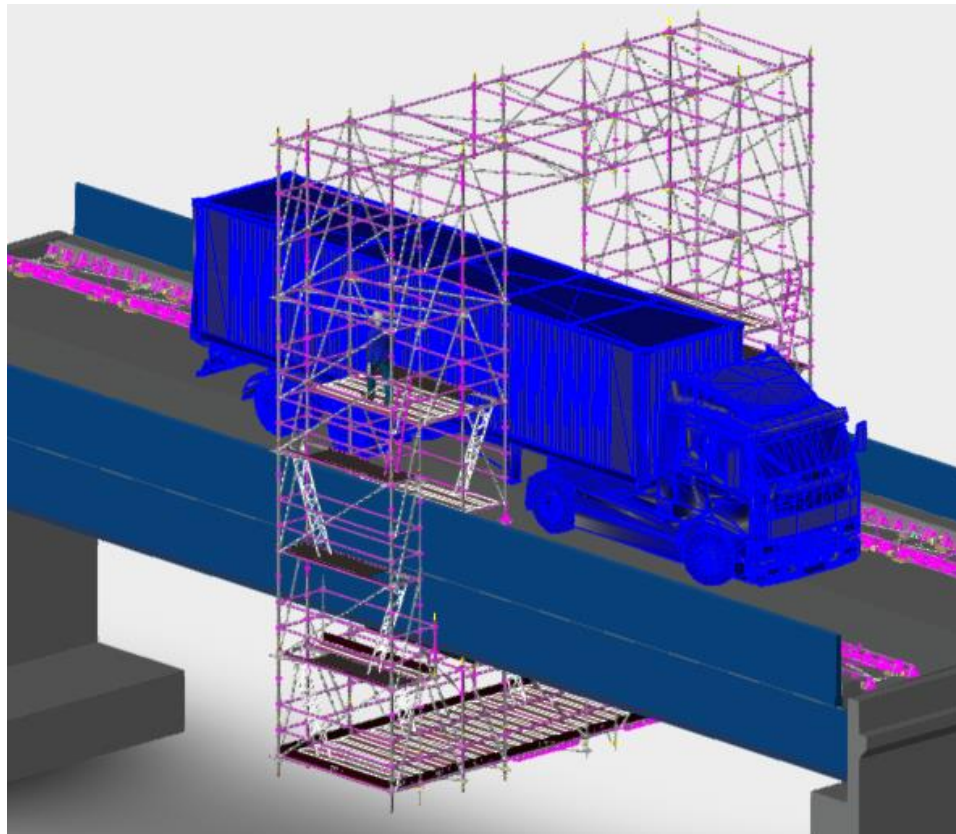


Figura 05: Vista 3D

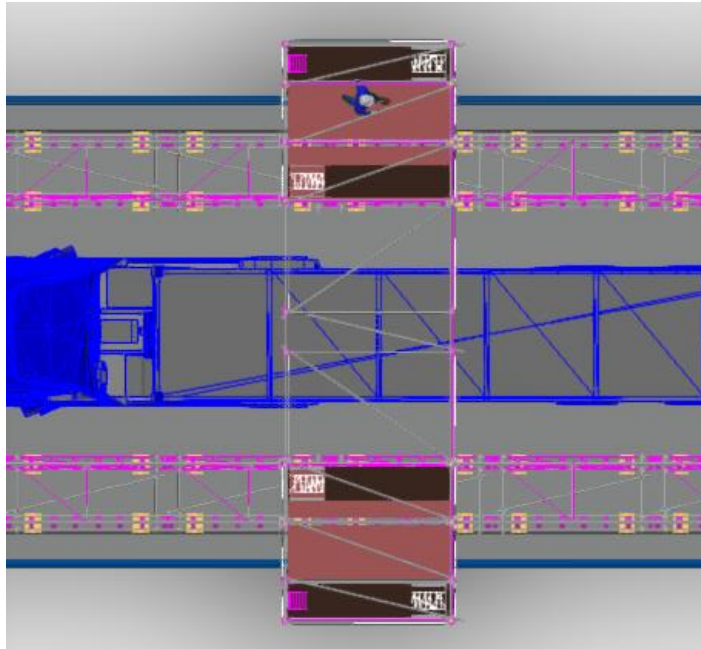


Figura 06: Vista en planta

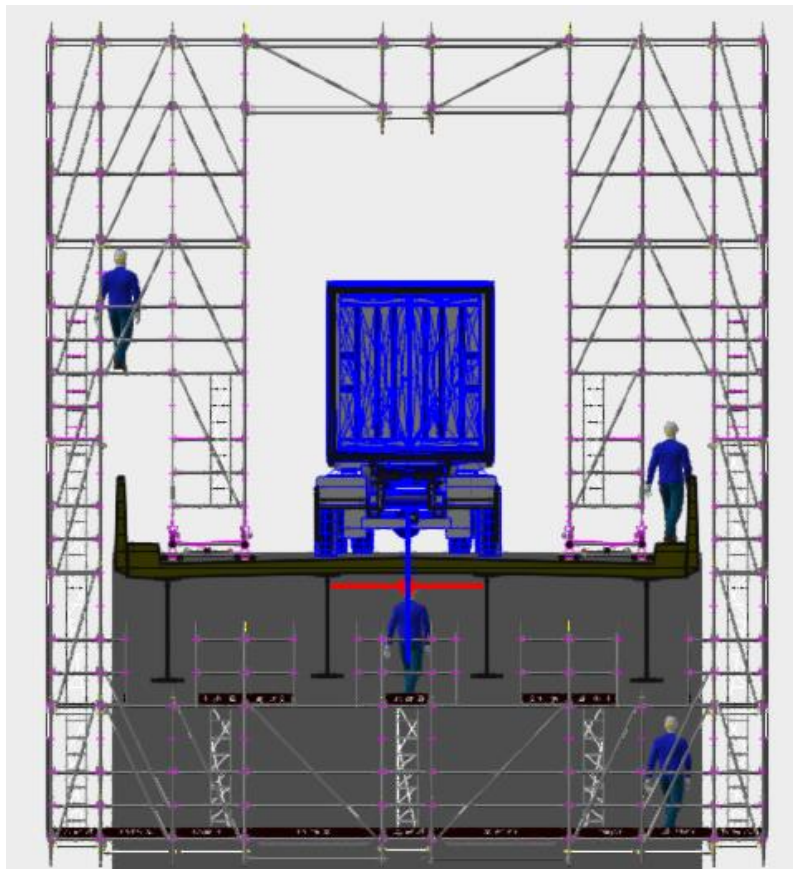


Figura 07: Vista en Sección

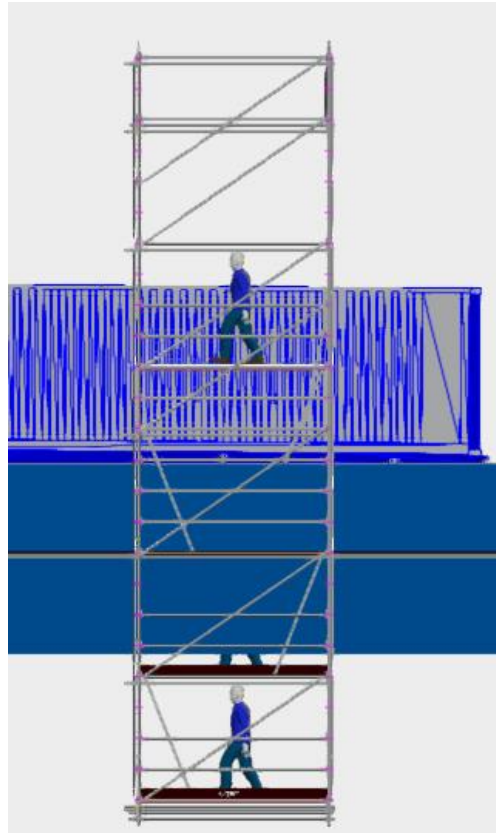


Figura 08: Vista en Elevación

3.6.2 Modelamiento Estructural

El análisis de la edificación se hizo con el programa SAP2000 mediante un modelo bidimensional. En el análisis se supuso comportamiento lineal y elástico. La estructura se modeló mediante elementos “frames” para cada uno de sus componentes. En el caso de las diagonales, se consideró rotuladas en sus extremos con una rigidez axial según sus propiedades. Debido a que las conexiones de los andamios no son infinitamente rígidas. Los apoyos a nivel de ruedas se han restringido en “X” y “Z”. Cabe indicar que los elementos no estructurales como las barandas y rodapiés se han ingresado solo como peso en el modelo.

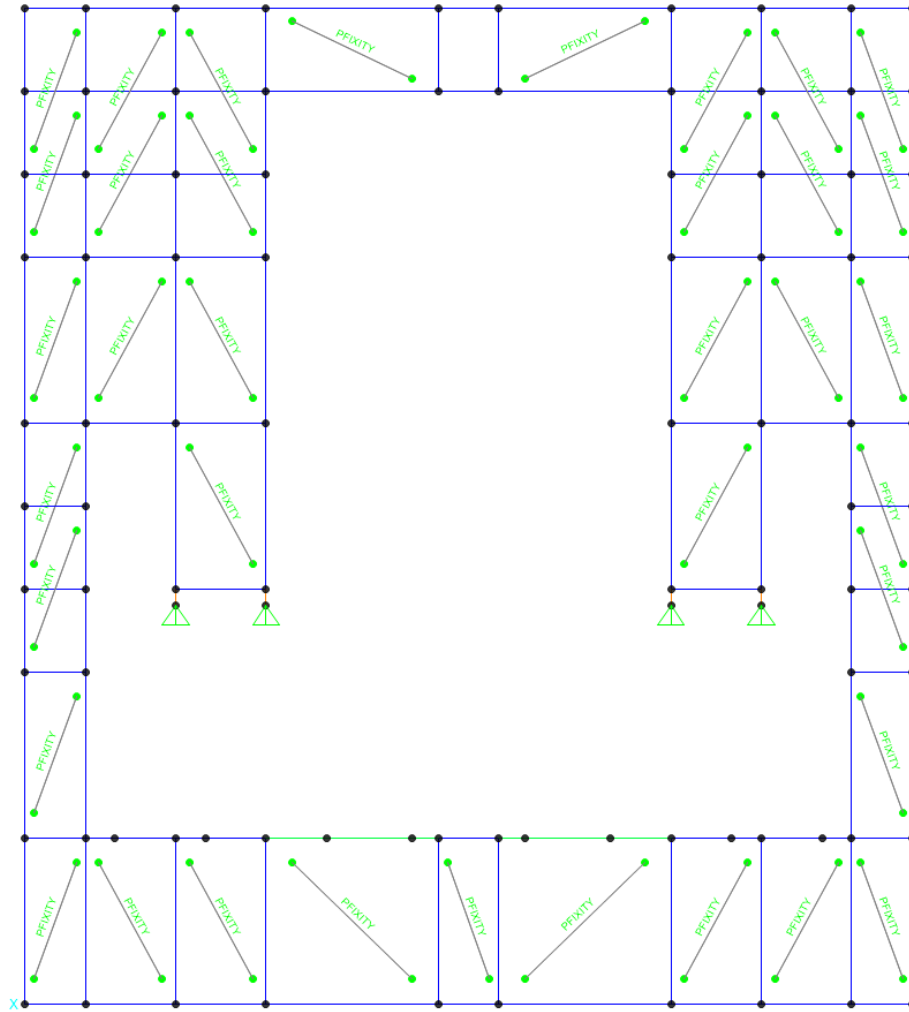


Figura 09: Modelo Estructural Bidimensional

3.6.3 Materiales

Los materiales se definen según códigos europeos y sobre cada elemento:

S Material Property Data ×

General Data

Material Name and Display Color: S235 ■

Material Type: Steel

Material Grade: S235

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.100E+08

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 80769231.

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 235000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 360000.

Expected Yield Stress, Fye: 258500.

Expected Tensile Stress, Fue: 396000.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 10: Acero S235 (Verticales/ horizontales/Diagonales)

S Material Property Data ×

General Data

Material Name and Display Color: S275 ■

Material Type: Steel

Material Grade: S275

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.100E+08

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 80769231.

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 275000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 430000.

Expected Yield Stress, Fye: 302500.

Expected Tensile Stress, Fue: 473000.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 11: Acero S275 (Base rueda)

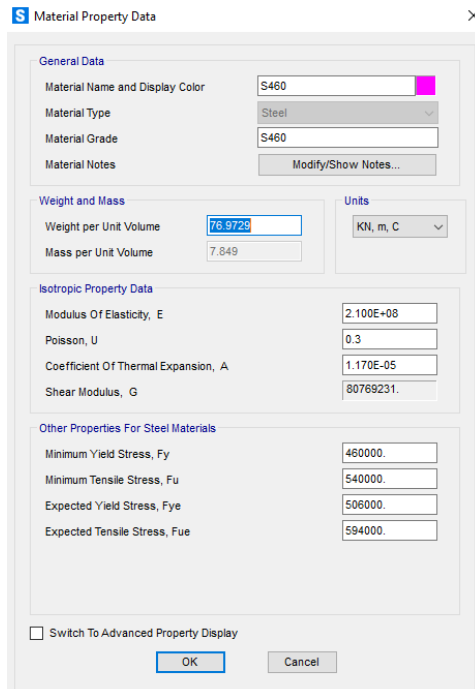


Figura 12: Acero S460 (viga puente)

3.6.4 Secciones

Las secciones del andamio generalmente son tubulares. A excepción de la sección de la viga puente que se modela como una sección equivalente.

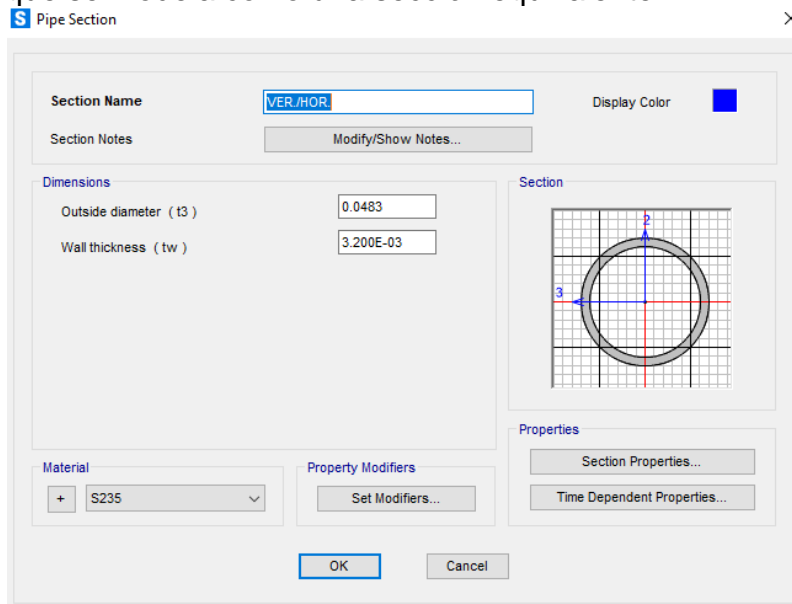


Figura 13: Vertical y Horizontal

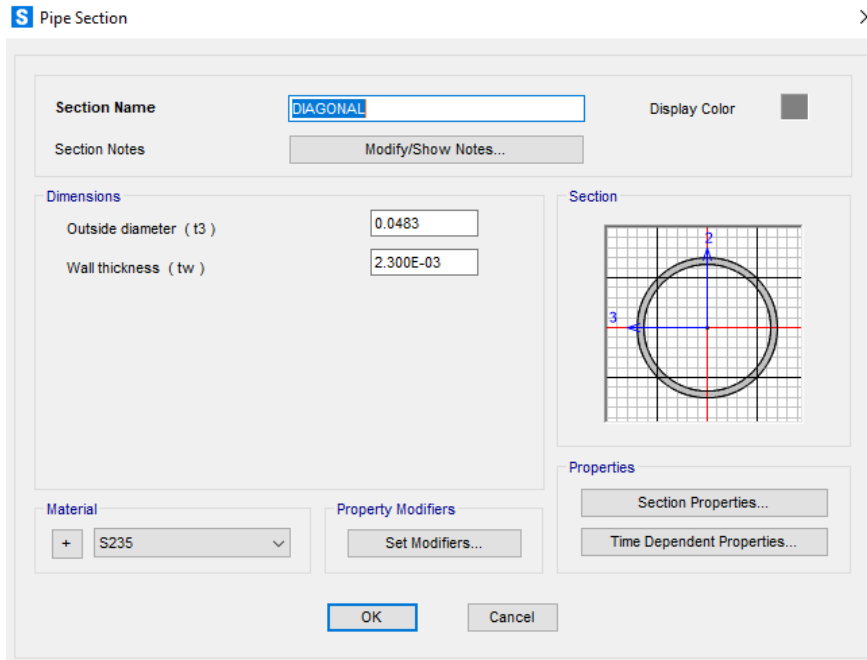


Figura 14: Diagonal

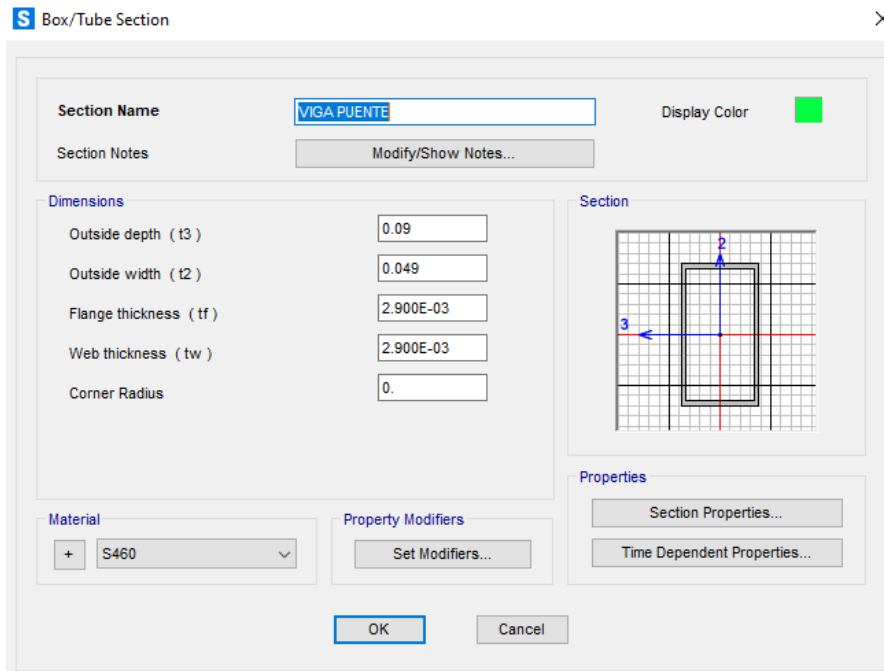


Figura 15: Viga puente

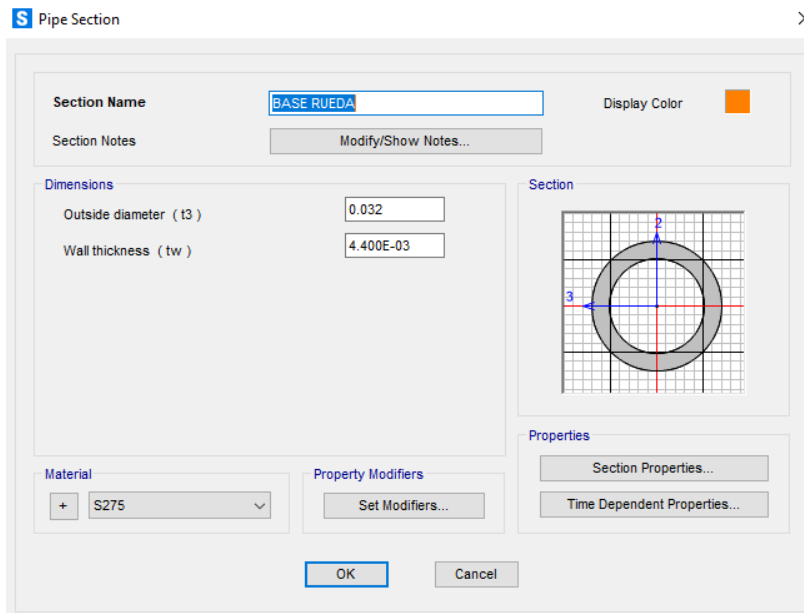


Figura 16: Base rueda

3.6.5 Cargas

Las cargas verticales se han aplicado uniformemente distribuida sobre los elementos que soportan las plataformas, mientras que las cargas horizontales se aplicaron sobre las verticales.

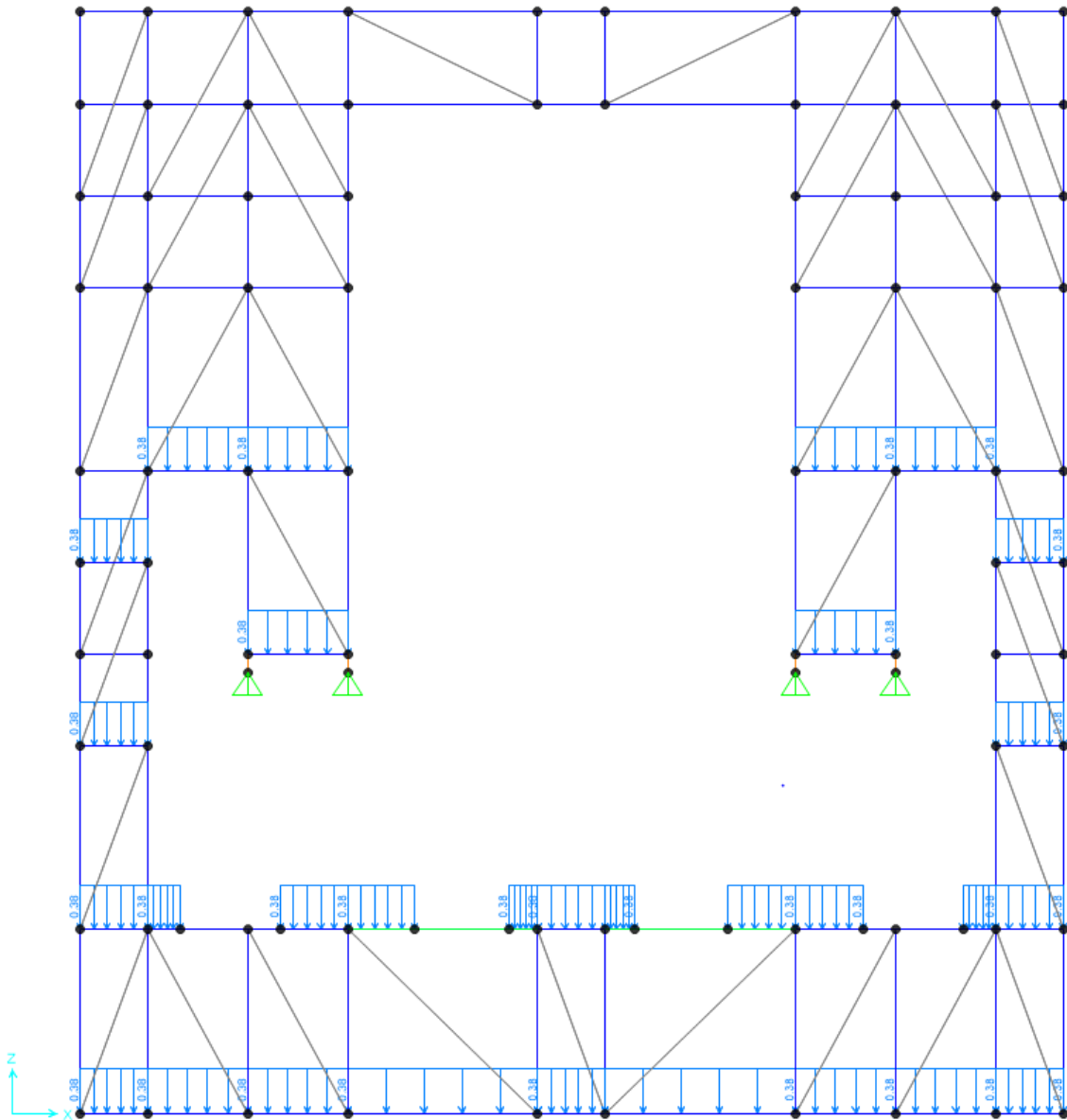


Figura 17: Peso de Plataformas

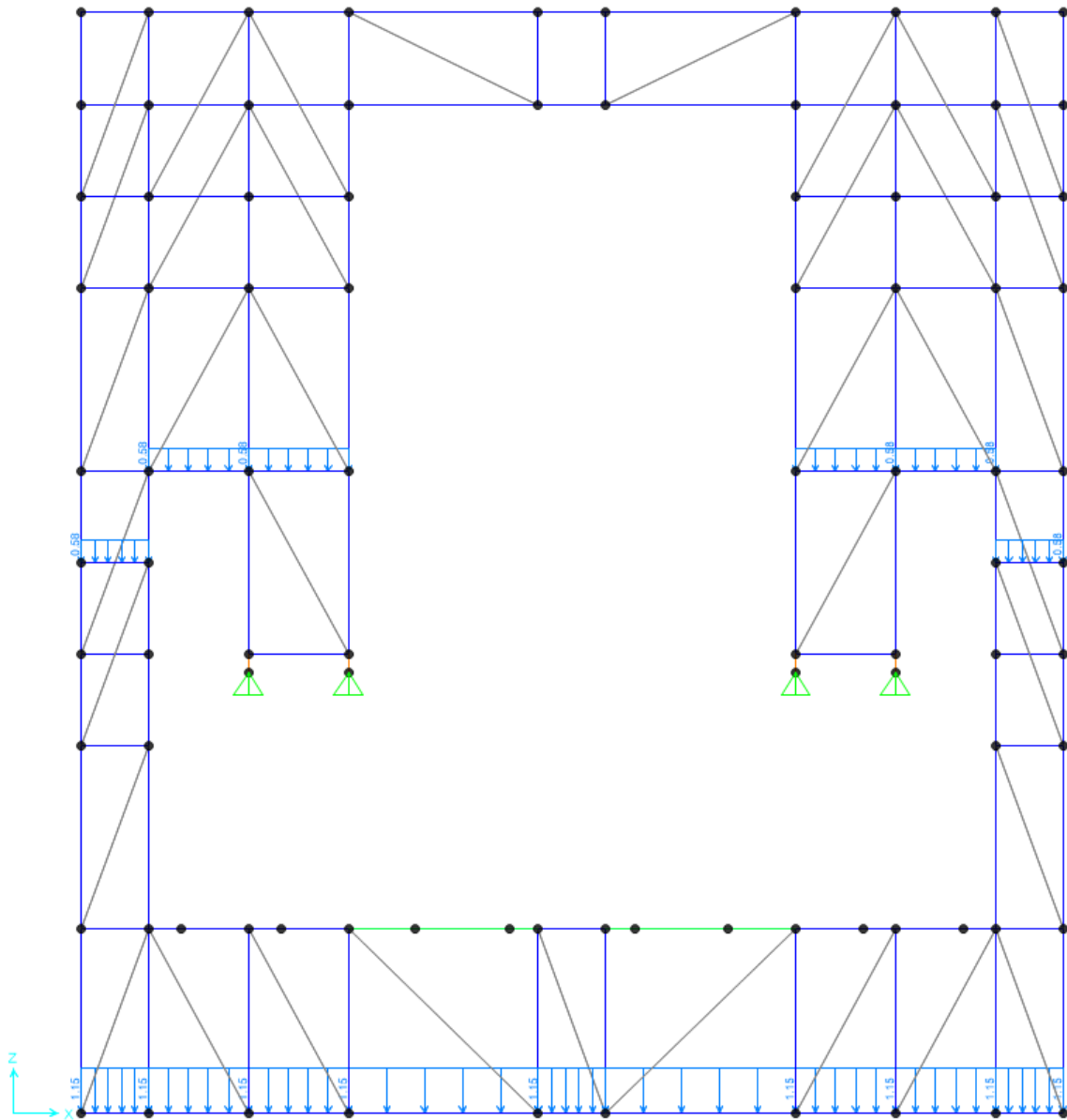


Figura 18: Carga viva

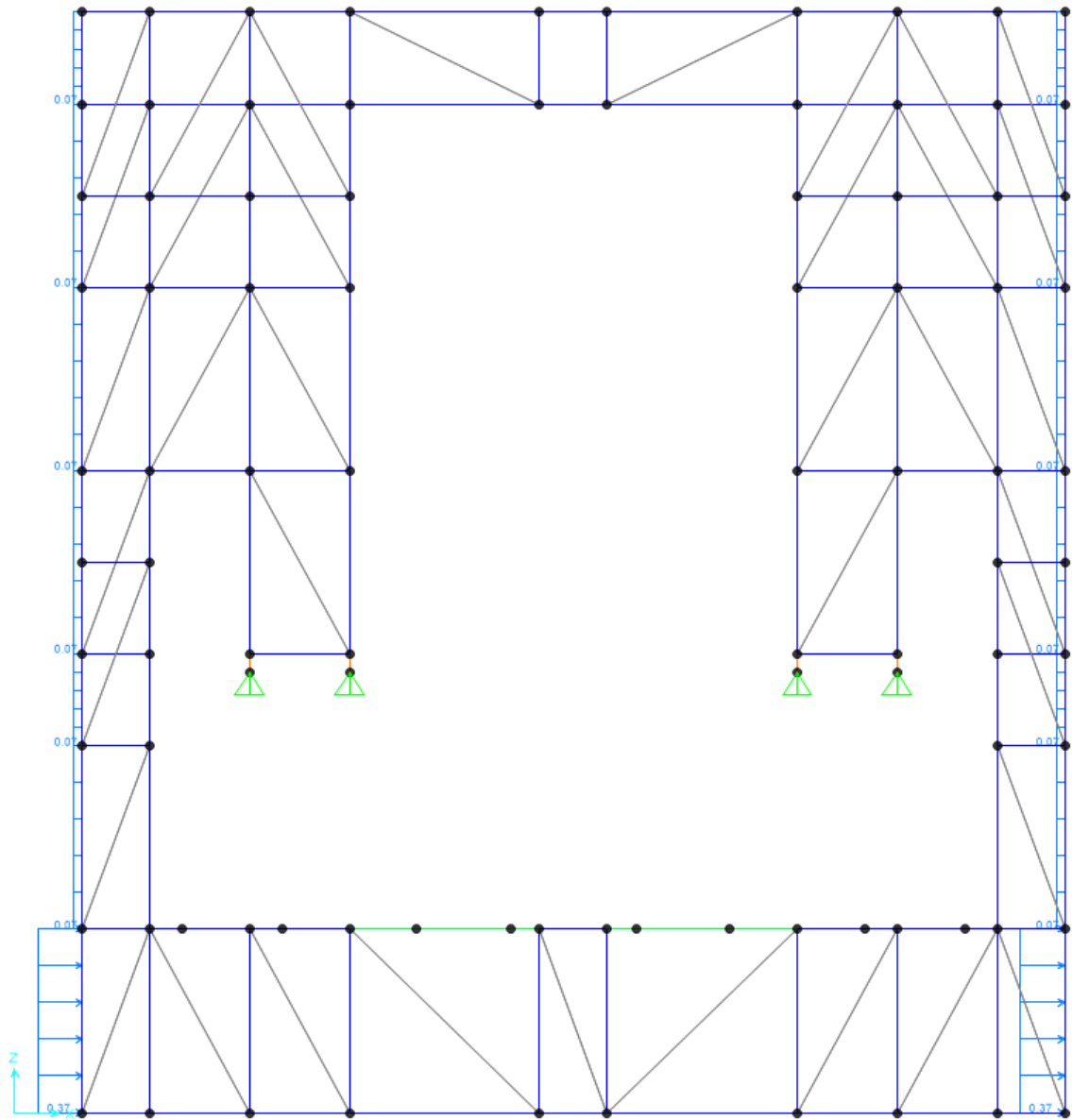


Figura 19: Carga de Viento

4. Análisis Estructural

4.1 Revisión De Deformaciones

La deformación máxima obtenida es 28.5mm y 31mm en la dirección X-X e Y-Y, respectivamente.

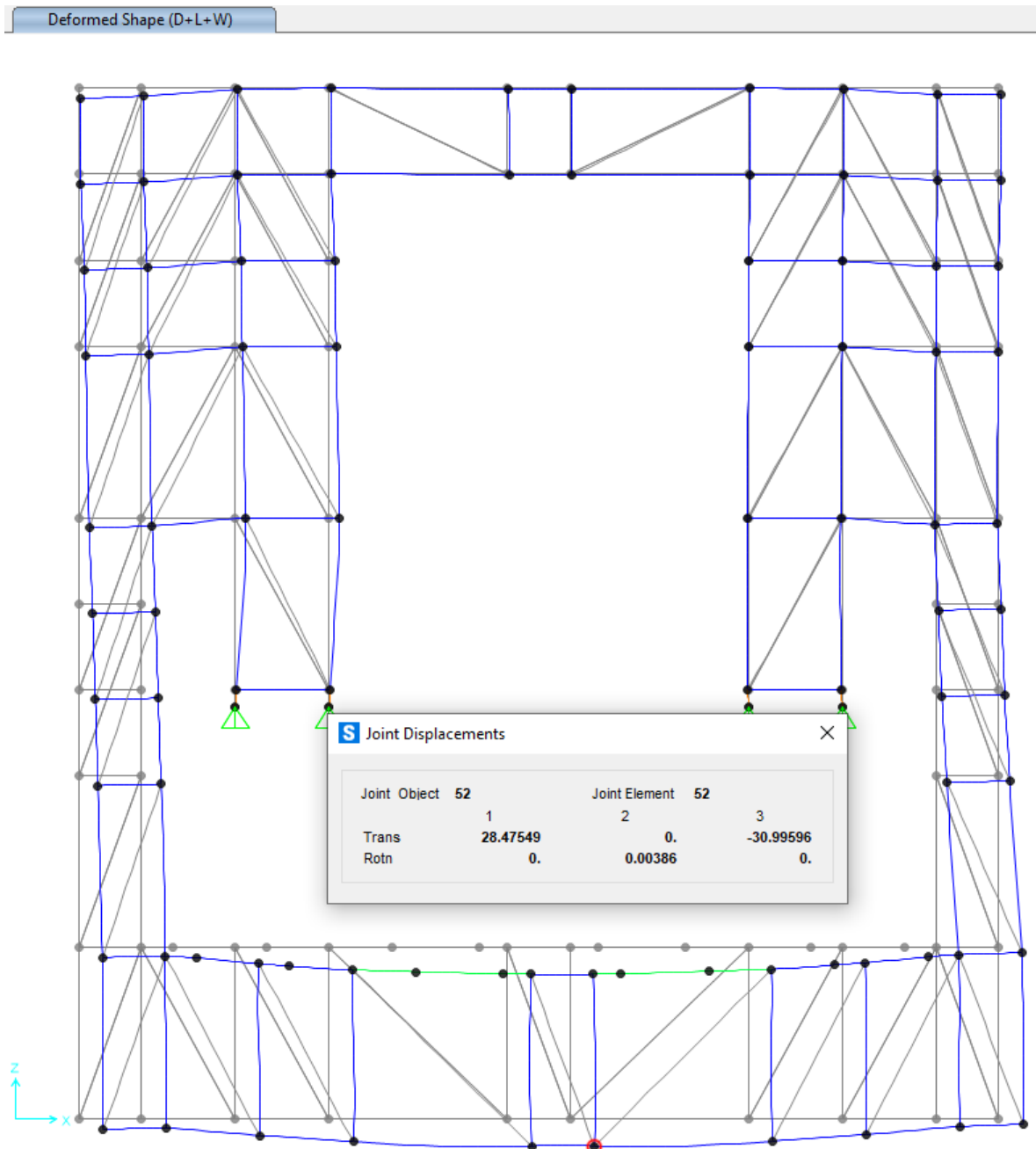


Figura 20: Diagrama de deformaciones (D+L+W)

4.2 Diagrama De Fuerzas Axiales

4.2.1 Verticales y Bases

A continuación, se muestran los diagramas de fuerzas axiales para las combinaciones de diseño:

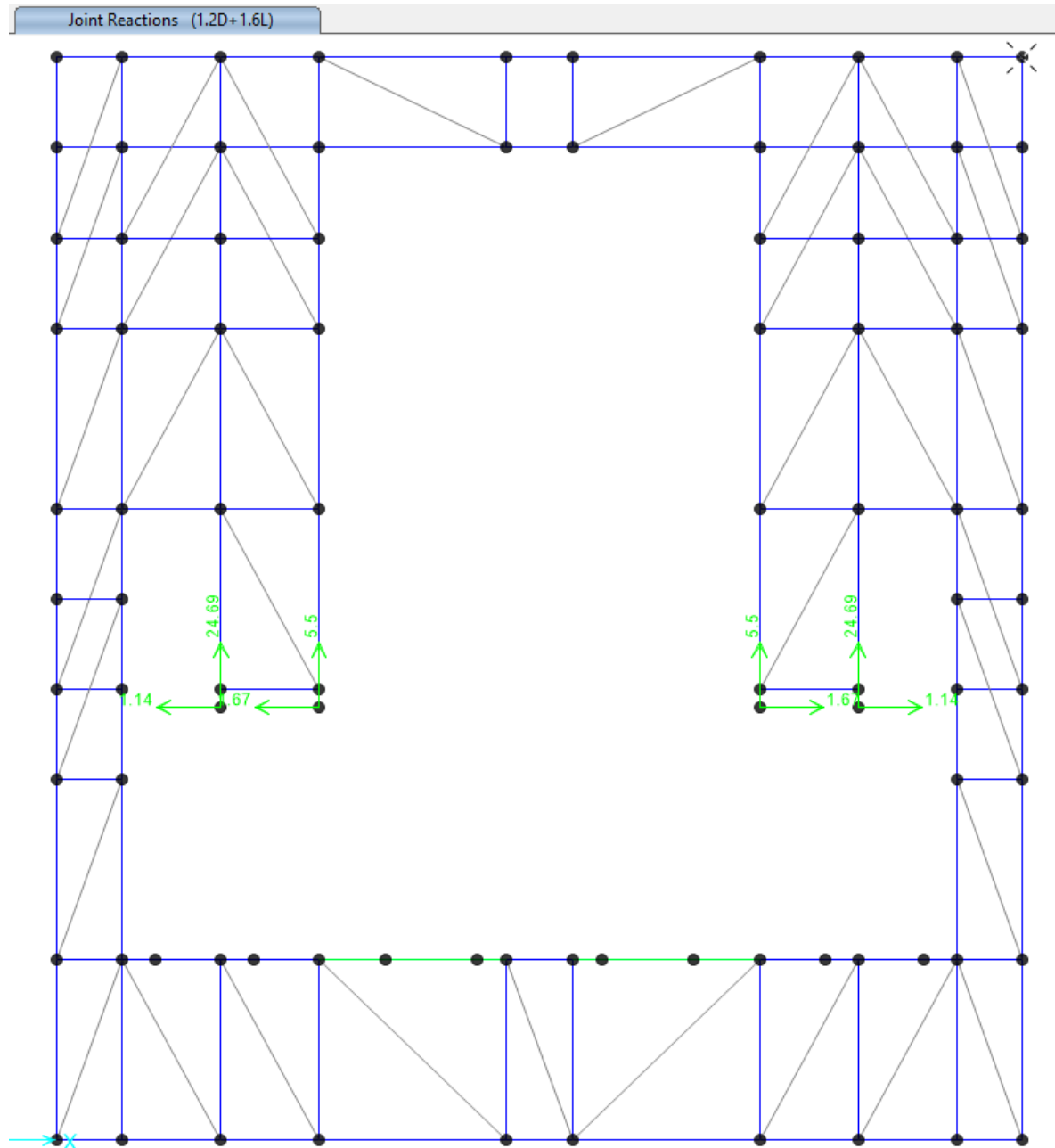


Figura 21: Reacciones en la base (1.2D+1.6L)

4.2.2 Diagonales

4.3 Diagrama de Momentos y Cortantes

A continuación, se muestran los diagramas de momentos flectores y fuerzas cortantes para las combinaciones de diseño:

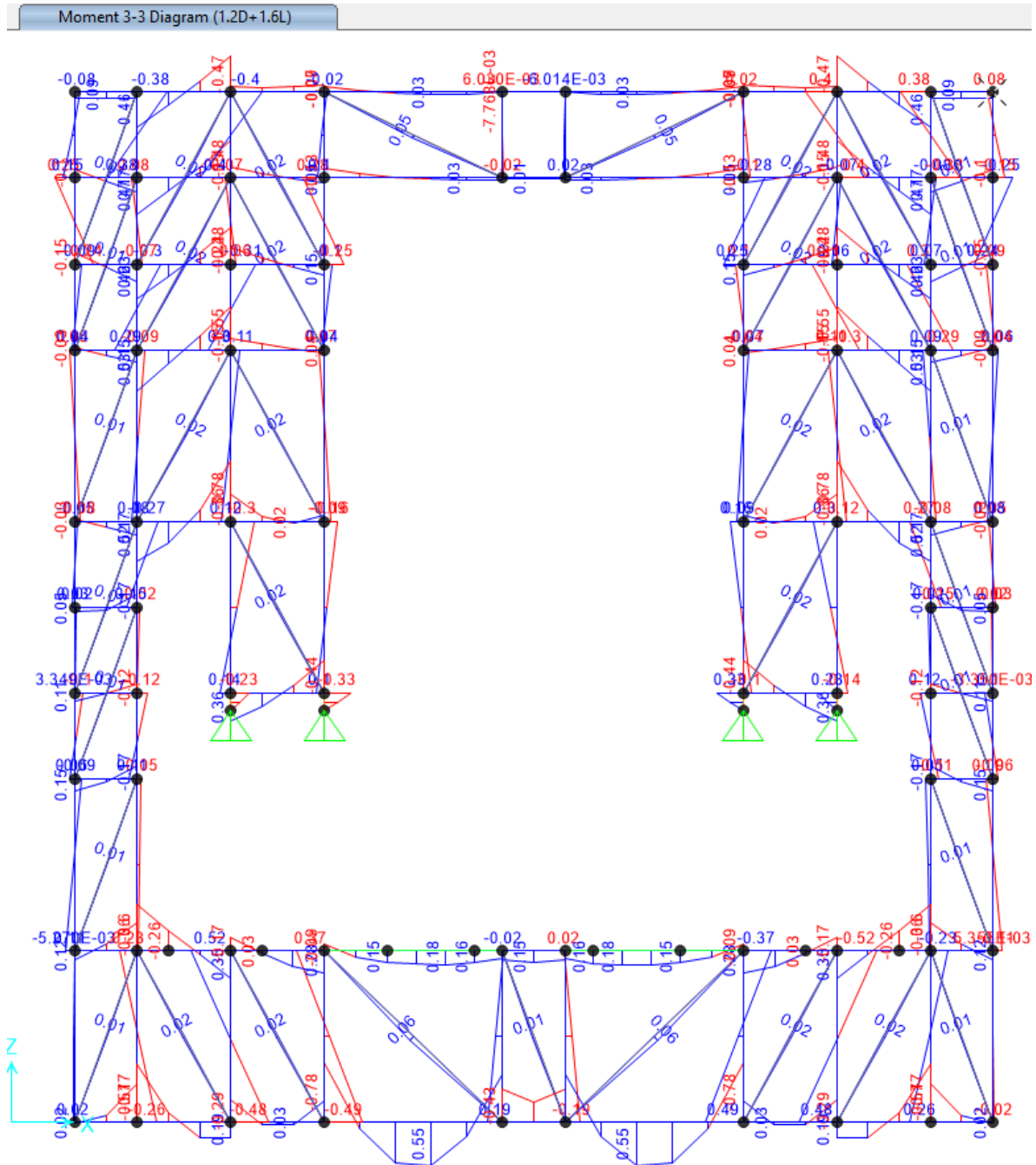


Figura 24: Diagrama de momentos flectores (1.2D+1.6L)

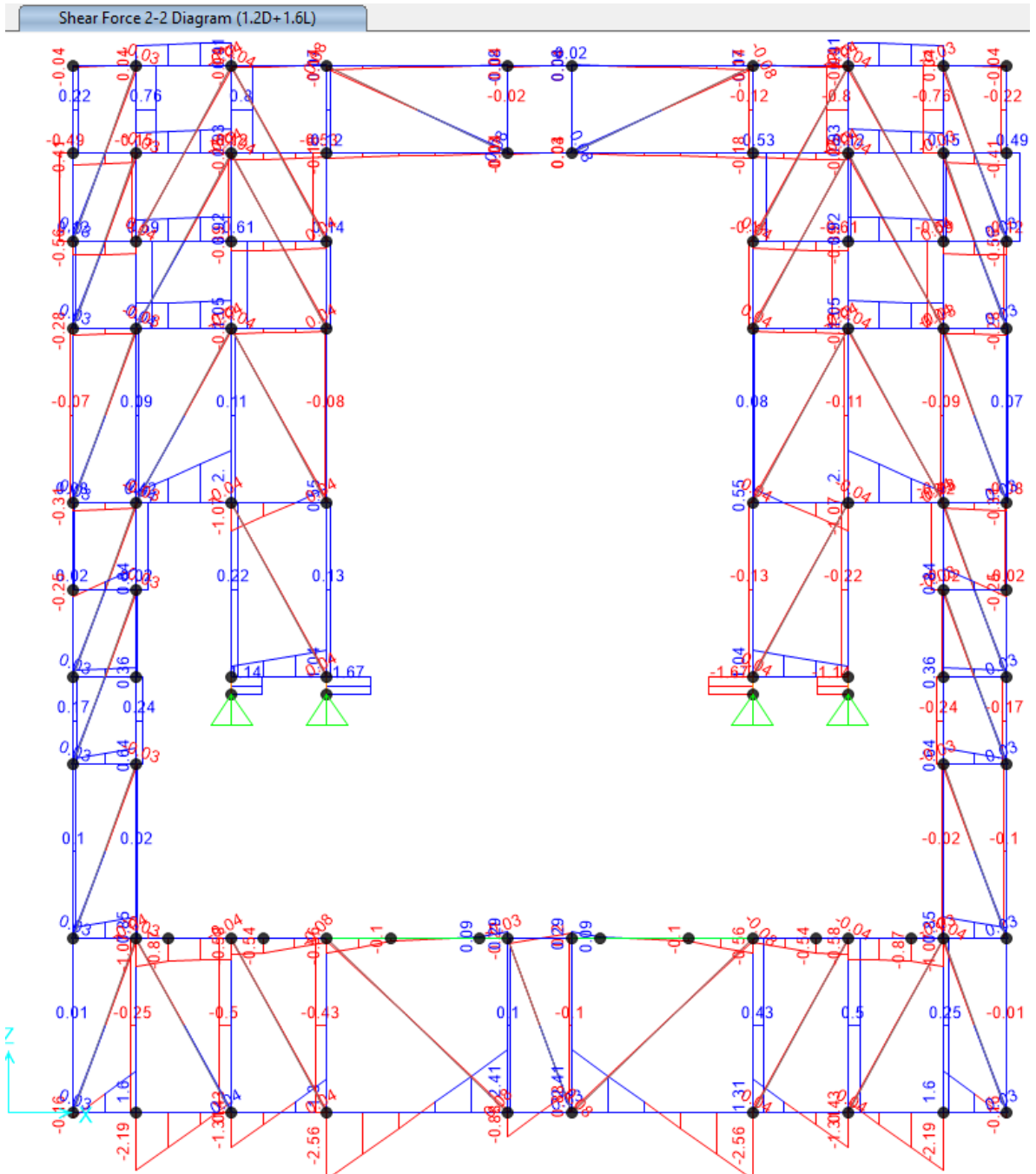


Figura 25: Diagrama de fuerzas cortantes (1.2D+1.6L)

IV. RESULTADOS

4.1 Resultado de objetivo específico No 01:

De acuerdo con el análisis de cargas aplicado en el software, se obtuvo un resultado favorable con respecto al logro de resistencia requerida.

Para ello se consideró los siguientes parámetros:

| PARAMETROS | TIPO DE CUBRICIÓN | |
|----------------------------|-------------------|------------------------|
| | SIN CUBRICIÓN | LONA |
| ALTURA MAXIMA | 12.00m | |
| VELOCIDAD DEL VIENTO BASE | 75 km/h | A 10m de altura |
| VELOCIDAD DE VIENTO DISEÑO | 78 km/h | $V_h = V(H/10)^{0.22}$ |
| FACTOR DE FORMA © | 0.8 | |
| ANCHO TRIBUTARIO | 1.54 | 1.54m |
| CARGA DE VIENTO (W) | 0.07 kN/m | 0.37kN/m |

Tabla 0: Tabla de parámetros
Elaboración propia, 2023

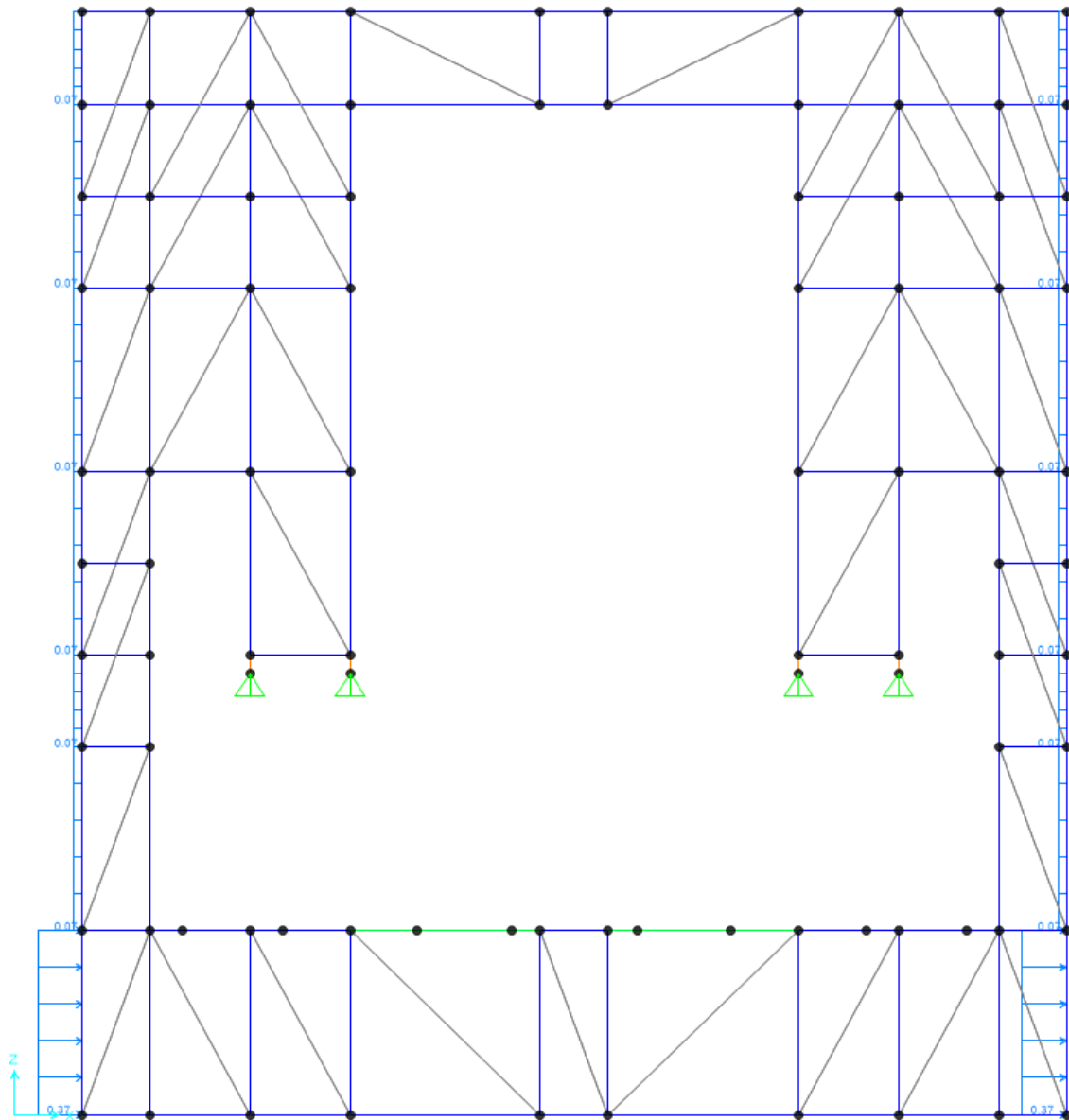


Figura 26: Carga de Viento – Elaboración propia, 2023

:Se aplicó la carga de viento (W) a toda la longitud de la estructura, teniendo dos resultados favorables:

1. Se considera una carga de 0.07kN/m en la zona de acceso a nivel inferior, debido a que esta no presenta cobertura que ejerza resistencia.
2. Se considera una carga de 0.37 kN/m en la zona del nivel inferior debido a

que esta contempla la instalación de lona, misma que ayuda a proteger a los operarios y confinar la zona de trabajo; por lo tanto ejerce mayor resistencia a las fuerzas horizontales.

4.2 Resultado de objetivo específico No 02:

Se logró el diseño de una estructura móvil en 3D, respetando las dimensiones del puente Pasamayito.

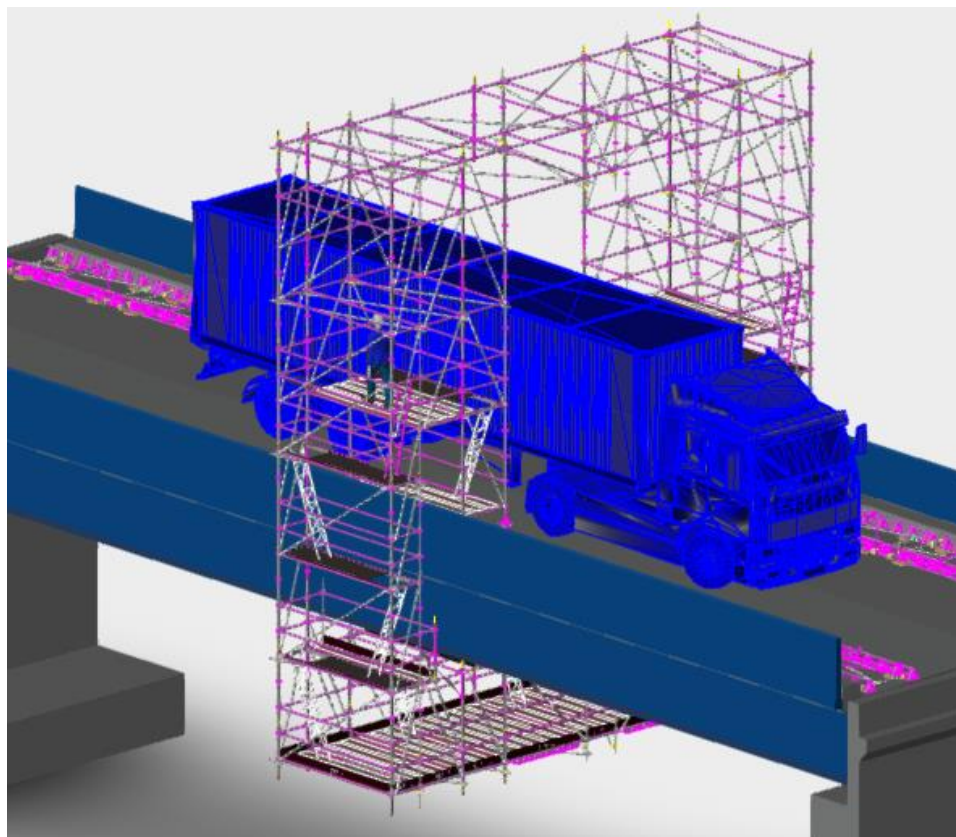


Figura IV-1 Vista 3D

Además de lograr la fluidez del tránsito durante las actividades de mantenimiento. Esto gracias al sistema propuesto, el cual permite mantener una luz libre de hasta 2.40m para tránsito de vehículos livianos y pesados.

Los apoyos de la estructura de andamios, abarcan 1.09m a cada lado, y son

suficientes para lograr apoyos resistentes de toda la estructura.

4.3 Resultado de objetivo específico No 03:

El objetivo específico N° 03, planteaba alcanzar una S.U de 75 Kg/m²; sin embargo en la presente investigación dicho valor fue superado, ya que se logró alcanzar 115 Kg/m²; lo cual favorece a las actividades que se planteen sobre la plataforma de trabajo.

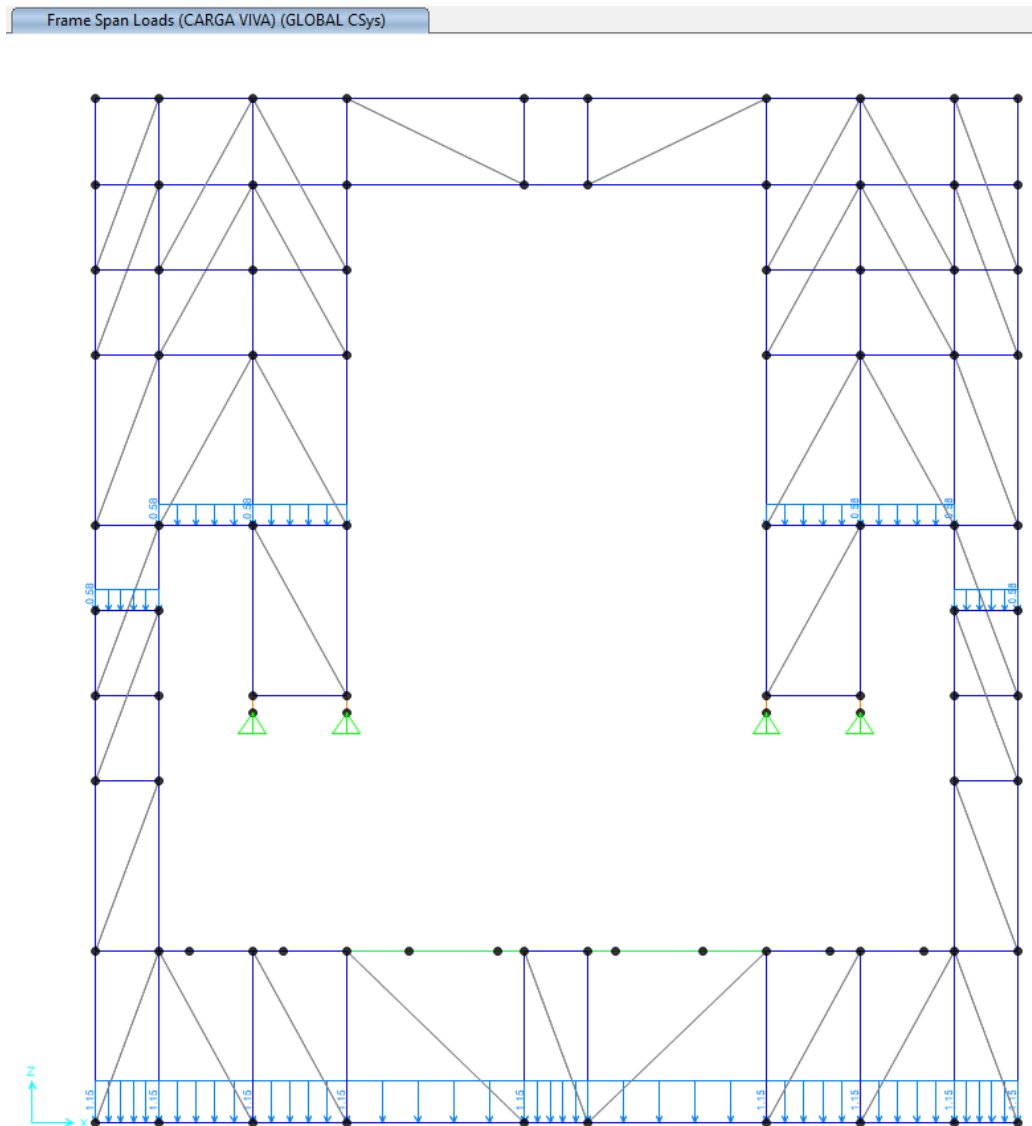


Figura 18: Carga viva

4.4 Resultado de objetivo general:

Se logró diseñar una estructura móvil a través del software SAP 2000, que cumpla con los requisitos de diseño que garantice seguridad, estabilidad y rigidez.

se realiza la verificación de la resistencia de cada uno de los elementos de acuerdo con la normativa E.090 del diseño de estructura metálicas.

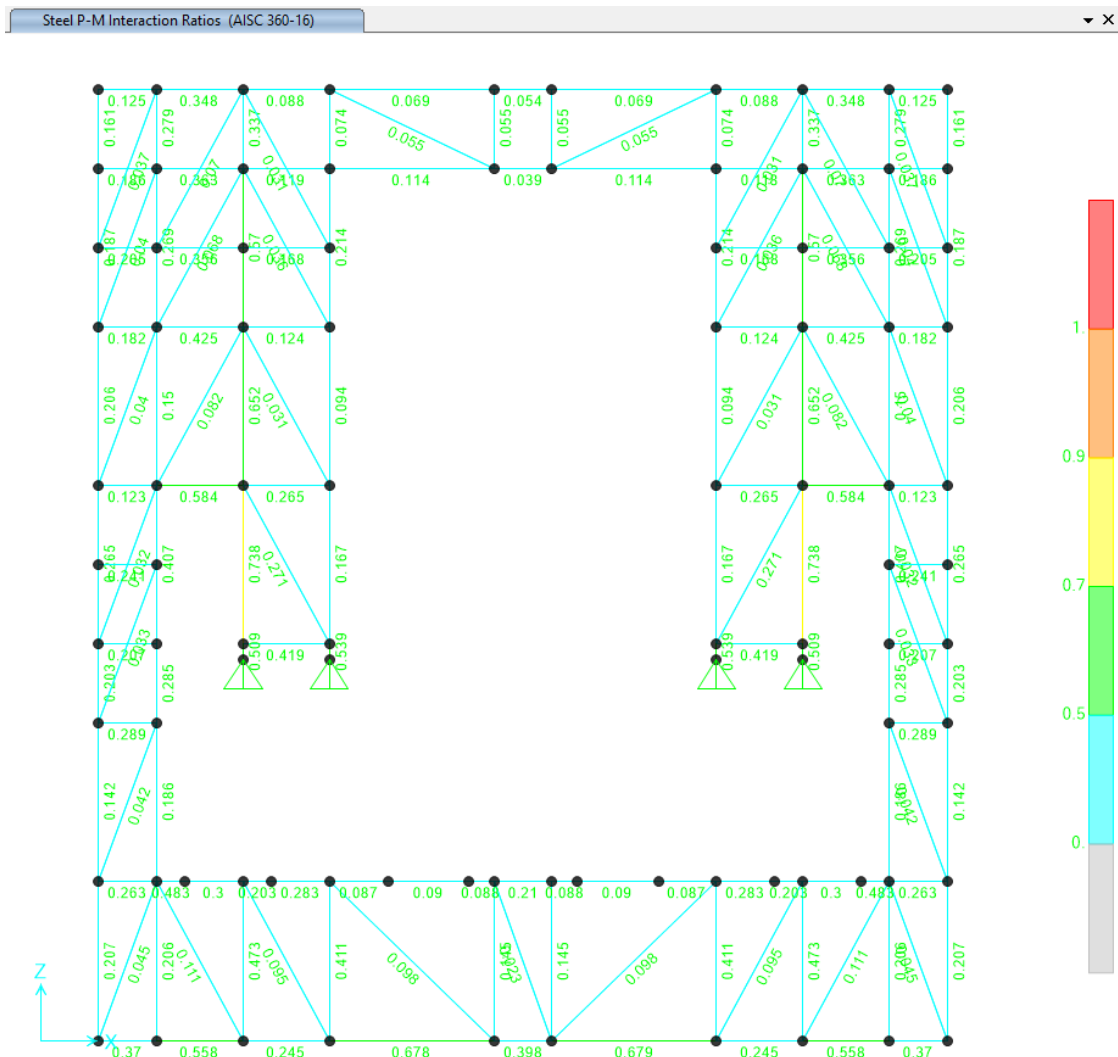


Figura IV-2 Diagrama de ratios de diseño

Según la figura, se muestran las siguientes ratios máximo de capacidad por elemento:

- Vertical:0.74 – 74% es MENOR DE 100% **VALIDO!!!**
- Horizontal: 0.48 – 48% MENOR DE 100% **VALIDO!!!**
- Viga puente: 0.68 – 68% MENOR DE 100% **VALIDO!!!**
- Base rueda: 0.54 – 54% MENOR DE 100% **VALIDO!!!**

Por tanto, el ratio del diseño se toma como el mayor e igual a 0.74, Lo que significa que el elemento más crítico está trabajando a un 74% de su capacidad.

V. DISCUSIÓN

6.1 Discusión para el objetivo específico N° 01:

Según Hinojoza,2021, el autor recogió la información necesaria para una acertada ejecución y montaje de una estructura que permitiera realizar trabajos en altura: pliego de condiciones, memoria de cálculo, el estudio de salud y seguridad, los presupuestos, mediciones, y los planos. La estructura metálica que diseñó y montó tuvo las siguientes dimensiones: 10.35m de longitud, 7.71m de ancho y de altura de 6.50m. La estructura que diseñó se basa en elementos de un sistema de andamio multidireccional de un acero S235JRH, unidos por nudos unidos en una roseta separada cada 0.50m entre sí.

Las plataformas de acero de 3.07m de Longitud tienen una capacidad de carga según EN 12811 (Grupo 04) = 3.0 kN/m².



Figura 27: Resistencia de plataformas

Fuente: Hinojoza, 2021

Por lo tanto, los valores obtenidos en el diseño actual, se mantienen muy por debajo de los calculados por el autor, ya que en la presente investigación presentamos valores de 0.07 kN/m, lo que representa 77% de carga aplicada.

6.2 Discusión para el objetivo específico N° 02:

La empresa española Accesus Komplet cuenta con un sistema de plataforma colgante que permite realizar mantenimientos periódicos en la zona inferior de puentes en España.



Figura28: Puente Oxalca – México

Fuente: Accesus Komplet

Este sistema actualmente no es utilizado en Perú, por lo que la solución propuesta propone una alternativa a medios auxiliares que existen fuera del país.

6.3 Discusión para el objetivo específico N° 03:

En la investigación de Sanchez, 2020 propone un andamio en volado para ascensores tipo Gen2 Regen basado en la norma G050, se pudo analizar y diseñar la mejora con respecto a la resistencia de la plataforma, material ,medidas, alcances y con respecto a la mejora en cuanto a accesibilidad y comodidad.

Esto es logrado en la actual investigación, ya que según los datos obtenidos en

el programa, se logra alcanzar una sobrecarga de uso de 115 Kg/m², tal como se detalla en la siguiente gráfica:

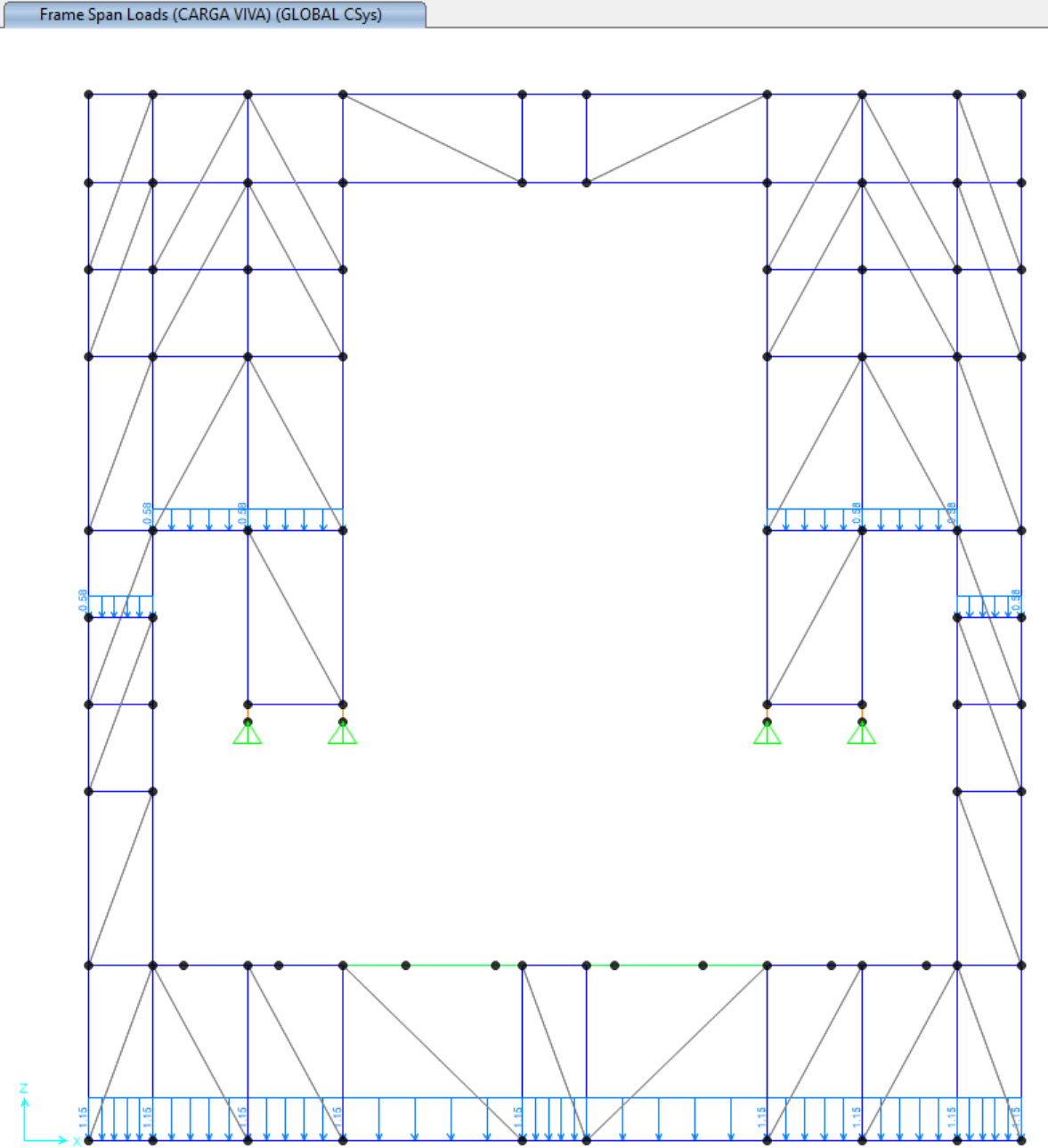


Figura V-1 Carga viva

VI. CONCLUSIONES

- Diseñar una plataforma móvil estructural con una resistencia mínima de 75 Km/h a una altura de $H=10.00\text{m}$.

De acuerdo con los parámetros descritos en la Tabla 04 – Cargas de Viento Se logró alcanzar resistencias bajos dos escenarios:

- Con lona: 0.37 kN/m^2
- Sin cubrición: 0.07 kN/m^2

- Elaborar un diseño de andamio que permita ejecutar actividades sin cierres de vía.

De acuerdo con la figuras N° 06 – 07, Se logró diseñar una estructura aporticada con una luz libre de 4.87m ; lo que garantiza el libre tránsito vehicular sobre la estructura.

- Diseñar una plataforma móvil estructural con una resistencia mínima de 75 Kg/m^2 como S.U.

Se logró alcanzar una S.U de hasta 115 kN/m^2 .

VII. RECOMENDACIONES

- De la disponibilidad y operación:
 - Verificar los proveedores de andamios existentes en el mercado.
 - Contar con stock suficiente para las actividades a ejecutar.
 - El sistema de andamio debe cumplir con las maniobras de montaje y uso de la plataforma que se quiere lograr.

- De los componentes del andamio multidireccional:
 - Los elementos de andamio no deben contener muestras de abolladuras y corrosión así cumplir el buen desempeño mecánico de los elementos.

- De la utilización de sistemas de andamios en puentes y obras civiles:
 - El sistema debe ser auto estables y lograr en todo momento con sistemas de protección lateral y anticaídas de herramientas y materiales.

- De la propuesta:
 - Debe situarse y asignar una área de montaje que permita el montaje total o parcial del andamio para seguir el desplazamiento.
 - Debemos cuidar en todo momento sobre cargar los niveles de trabajo, de acuerdo con las limitaciones del diseño.
 - La capa de rodadura debe estar libre de escombros y se debe delimitar el nivel

inferior para evitar circular por la zona inferior del andamio. .

- Probar que la propuesta de la plataforma de andamio multidireccional móvil es más eficiente que el uso de andamio con las técnicas tradicionales.
- Explotar la mayor cantidad de área posible en los niveles de trabajo, respetando la S.U de 75 Kg/m
- Al ser una estructura de diseño especial, se requiere de operarios calificados y de experiencia en montaje de sistemas de andamios multidireccionales.

REFERENCIAS

- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (Noviembre de 2004). *www.boe.es*.
Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-19311>
- Angosto, L. Á. (2011). *Organización, Planificación y Optimización de Paradas de Planta para Mantenimiento Programado. Ejemplo Práctico*. Cartagena, Colombia.
- ARCHIEXPO. (2020). *ARCHIEXPO*. Obtenido de <https://www.archiexpo.es/prod/dlupal-gmbh-ing-software/product-72021-1151727.html>
- Choisy, A. (1904). *El arte de construir en Egipto*. Paris.
- Hinojosa, D. A. (2019). Propuesta de aplicación de plataforma de andamio multidireccional móvil para cubrir grandes luces optimizando los costos de producción de revestimientos en la construcción de centros comerciales. Lima.
- INACAL. (1984). *ANDAMIOS. Definiciones y clasificación*. Lima.
- Islas, J. (2016). *Manual de Procedimientos para Inspección y Mantenimiento de Puentes*. Tecamachalco - Ciudad de Mexico.
- Las Cumbres Cimbras y Andamios. (2021). *Andamios Las Cumbres*. Obtenido de <https://www.andamioslascumbres.com.mx/blog/articulos/5-ventajas-de-usar-andamios-en-una-construccion>
- Layher España . (2020). *www.layher.es*. Obtenido de <https://www.layher.es/plataforma-de-trabajo-para-tableros-de-puentes/>
- Layher S.A. (2014). *GUIA PARA USUARIOS PROFESIONALES*. Alemania.
- Mastrocola , V., & Yopez, E. (2007). *MANTENIMIENTO DE PUENTES METALICOS TIPO TRABE, BAILEY Y DE ARMADURA*. Quito.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2006). *GUÍA PARA INSPECCIÓN DE PUENTES*.
- Norma Técnica de Prevención . (2014). *Andamios tubulares de componentes*

prefabricados (I): normas constructivas. España.

NTP 400.034. (2012). *ANDAMIOS. Requisitos.* Lima.

Ondoño, F. (2021). *PROALT INGENIERIA* . Obtenido de <https://www.proalt.es/andamios-en-grandes-obras-de-la-ingenieria/>

OSHA INSTITUTE. (2021). *www.osha.es.* Obtenido de <https://www.osha.es/conocemas>

Pecho, Y. (Agosto de 2017). *IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PUENTES EN EL PERÚ.* 45.

Pisqueras, V. Y. (2018). *Mantenimiento de Puentes . Gestion de Mantenimiento de Infraestructuras .*

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (2010). *NORMA G.050 Seguridad durante la Construcción.* Lima.

Reyes, R. S. (2007). *Selección, proyecto, supervisión y control de andamios tubulares, suspendidos y multidireccional, para diversos tipos de obras de ingeniería civil.* Ciudad de Mexico.

Santalla, L. (2021). *Teoria de Construcción.* Obtenido de <https://teoriadeconstruccion.net/blog/experiencias-con-andamios/>

Vega, G. (2020). *www.garciavega.co.* Obtenido de <https://garciavega.co/que-es-un-sistema-de-andamio-multidireccional-certificado/>

Perez,L.(2019)www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Otros-Estudios/Atlas-Eolico/AtlasEolicoLibro.pdf

IX. ANEXOS

IX.I ANEXO I

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: Diseño de una plataforma estructural móvil a través del software SAP 2000 para el mantenimiento del tablero inferior del puente Pasamayito – Sullana, Piura 2023.

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DISEÑO METODOLOGICO | POBLACIÓN DE MUESTRA |
|---|---|---|---|---|--|
| <p>Problema General: ¿Se podrá diseñar una plataforma móvil estructural para lograr el mantenimiento del tablero inferior del puente Pasamayito, Sullana – Piura?</p> <p>Problemas Específicos: -¿Cuáles son los valores de viento en la zona de ubicación del puente Pasamayito? -¿Se podrá diseñar una plataforma estructural móvil para cubrir la ausencia de equipo especializado? -¿La presencia de tránsito liviano y pesado condicionará las dimensiones de la estructura móvil?</p> | <p>Objetivo General: Se diseñará una plataforma móvil estructural, través del software SAP2000 para el mantenimiento del tablero inferior del puente Pasamayito – Sullana – Piura</p> <p>Objetivos Específicos: -Diseñar una plataforma móvil estructural con una resistencia mínima de 75 Km/h a una altura de H=10.00m. - Elaborar un diseño de andamio que permita ejecutar actividades sin cierres de vía. - Diseñar una plataforma móvil estructural con una resistencia mínima de 75 Kg/m² como S.U.</p> | <p>Hipótesis General: Se diseñará una plataforma móvil estructural, través del software SAP2000 para el mantenimiento del tablero inferior del puente Pasamayito</p> | <p>Variable Independiente: Software SAP2000.</p> <p>Variable Dependiente: Diseño de una plataforma estructural móvil.</p> | <p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: Diseño de estructura metálica.</p> <p>Diseño y esquema de la Investigación: No Experimental - Longitudinal</p> | <p>Población: La población de esta investigación está conformada por el total de la estructura metálica.</p> <p>Muestra: La muestra utilizada en la presente investigación está conformada por cada elemento estructural de la nave.</p> |

IX.II ANEXO II
NOTA DE CALCULO

MEMORIA DE CÁLCULO

ESTRUCTURA MÓVIL PARA PUENTE
JULIO 2023

1. ANTECEDENTES

1.1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El objetivo del presente documento es realizara la evaluación estructural del andamio móvil que sirve para realizar el mantenimiento de un puente.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura consta de un andamio de 12m de altura, 11.1m de ancho y 12m de altura. Dicho andamio está conformado por módulos de 0.73m, 1.09m y 2.07m. La altura de estos módulos es típica e igual a 2m. Asimismo, el andamio esta soportado en ruedas metálicas que a su vez están apoyados en rieles triangulares sobre el cual se desliza el andamio.

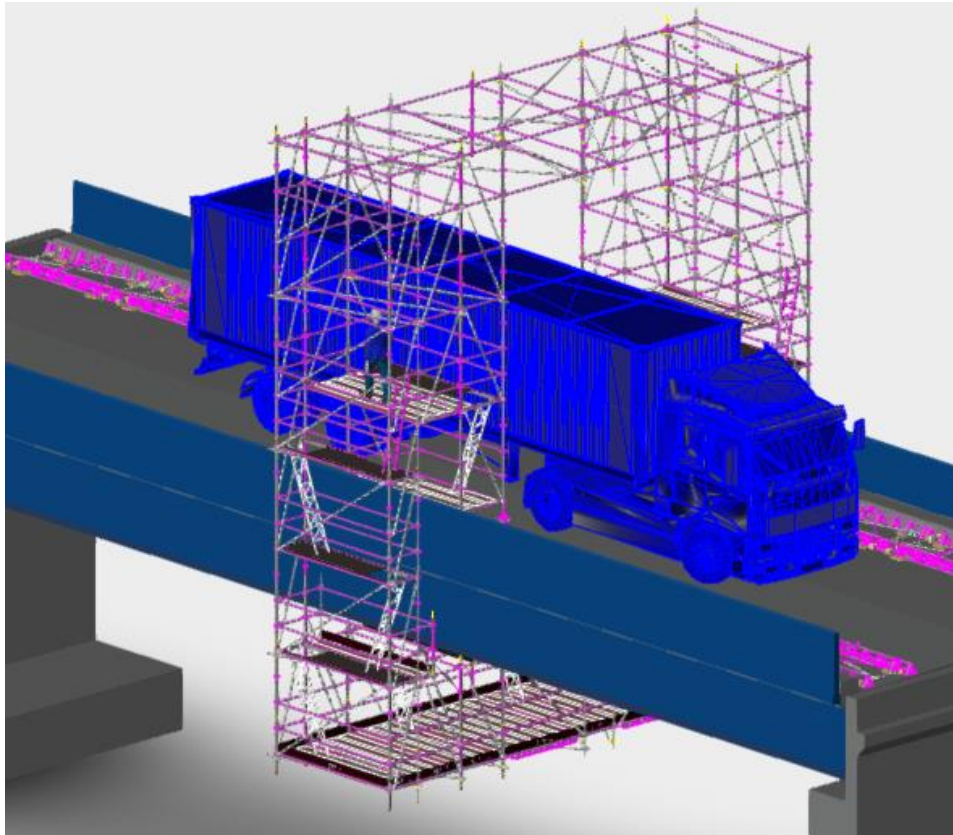


Figura 1-1 Vista 3D

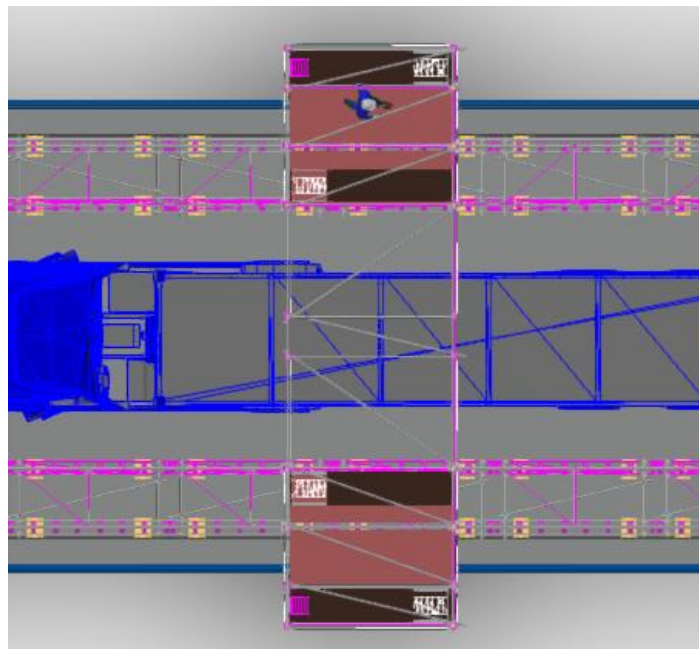


Figura 1-2 Vista en planta

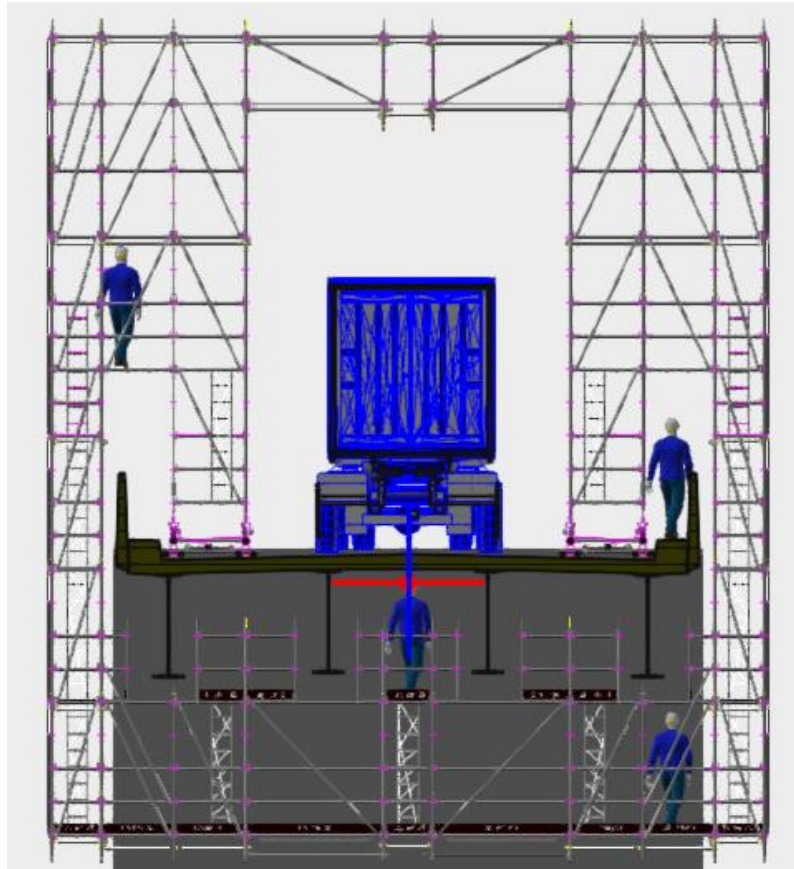


Figura 1-3 Vista en sección

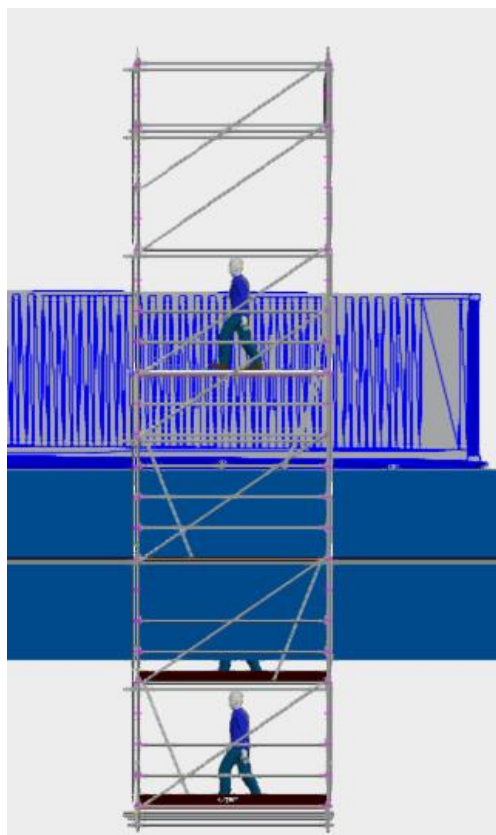


Figura 1-4 Vista en elevación

2. NORMATIVA APLICABLE Y REFERENCIAS

Las normativas que servirán de base para realizar los cálculos y diseño de la estructura son las siguientes:

- Reglamento nacional edificaciones RNE del Perú. Normativa Técnica E.020 – Cargas.
- Reglamento nacional edificaciones RNE del Perú. Normativa Técnica E.090 – Diseño de estructuras metálicas.
- UNE-EN-12811-1: Andamios. Requisitos de comportamiento y diseño general
- NTP 400.034: Andamios. Requisitos

3. MATERIALES

3.1. Acero ESTRUCTURAL

Barras corrugadas para el refuerzo de concreto armado:

S235

- Esfuerzo de fluencia: $f_y = 235$ MPa
- Esfuerzo último: $f_u = 360$ MPa
- Módulo de elasticidad: $E = 210\,000$ MPa
- S275
- Esfuerzo de fluencia: $f_y = 275$ MPa
- Esfuerzo último: $f_u = 430$ MPa
- Módulo de elasticidad: $E = 210\,000$ MPa
- S460
- Esfuerzo de fluencia: $f_y = 460$ MPa
- Esfuerzo último: $f_u = 540$ MPa
- Módulo de elasticidad: $E = 210\,000$ MPa

4. CARGAS

5.1 Cargas Permanentes (d)

Corresponden a este grupo el peso propio de los elementos estructurales y las cargas muertas adicionales como el peso propio y de plataformas.

- Peso propio: Considera la estructura principal del andamio (verticales, horizontales, vigas puentes y diagonales). Este valor lo calculo directamente el programa.
- Peso de plataformas: 0.25 kN/m²

5.2 Cargas vivas (l)

- Se ubica sobre los niveles de plataforma de trabajo y tiene un valor igual a 0.75 kN/m². Este valor lo suele decidir el usuario del andamio.
- La sobrecarga se considera un 100% en un nivel de trabajo y otro 50% en un nivel de trabajo diferentes (UNE-EN-12811-1).

5.3 Carga DE VIENTO (W)

- Se cálculo según la norma E.020. Asimismo se considera que solo el nivel de trabajo inferior se encuentra cubierto por una lona:

| | | |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|
| ALTURA MÁXIMA: | 12.00 m | |
| VELOCIDAD DE VIENTO BASE: | 75 km/h | A 10m de altura |
| VELOCIDAD DE VIENTO DISEÑO: | 78 km/h | $V_h = V (h/10)^{0.22}$ |
| FACTOR DE FORMA(C): | 0.8 | |
| TIPO DE CUBRICIÓN | Sin cubrición | Lona |
| ANCHO TRIBUTARIO: | 1.54 m | 1.54 m |
| CARGA DE VIENTO (W) | 0.07 kN/m | 0.37 kN/m |

5. COMBINACIONES DE CARGA

A continuación, se muestran las combinaciones de carga para el diseño de los elementos metálicos que conforman la estructura:

COMB.1: 1.2D+1.6L

COMB.2: 1.2D+0.5L ± W

COMB.3: 0.9D± W

6. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL

El análisis de la edificación se hizo con el programa SAP2000 mediante un modelo bidimensional . En el análisis se supuso comportamiento lineal y elástico. La estructura se modelo mediante elementos “frames” para cada uno de sus componentes En el caso de las diagonales, se considero rotuladas en sus extremos con una rigidez axial según sus propiedades. Debido a que las conexiones de los andamios no son infinitamente rígidas. Los apoyos a nivel de ruedas se han restringido en “X” y “Z”. Cabe indicar que los elementos no estructurales como las barandas y rodapiés se han ingresado solo como peso en el modelo.

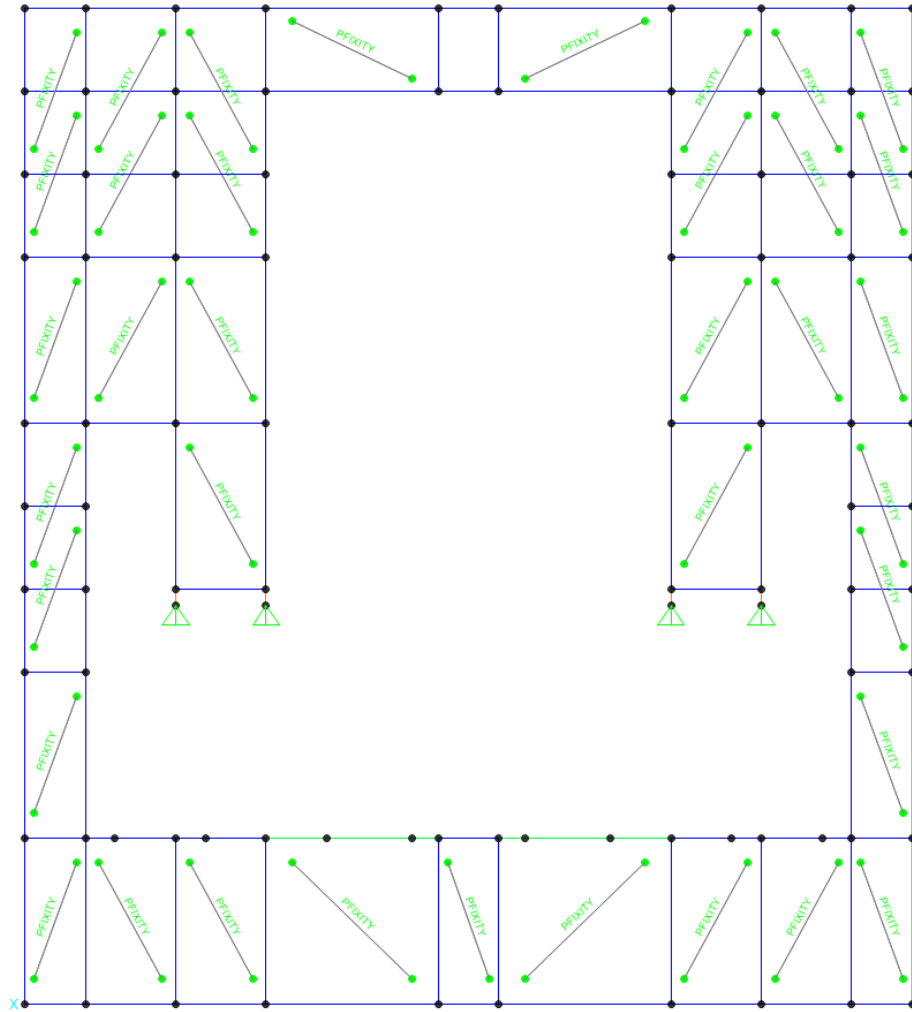


Figura 6-1 Modelo estructural bidimensional

7.1 materiales

Los materiales se definen según códigos europeos y sobre cada elemento:

S Material Property Data X

General Data

Material Name and Display Color: S235 ■

Material Type: Steel

Material Grade: S235

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.100E+08

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 80769231.

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 235000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 360000.

Expected Yield Stress, Fye: 258500.

Expected Tensile Stress, Fue: 396000.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 6-2 Acero S235 (Verticales/ horizontales/Diagonales)

S Material Property Data X

General Data

Material Name and Display Color: S275 ■

Material Type: Steel

Material Grade: S275

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.100E+08

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 80769231.

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 275000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 430000.

Expected Yield Stress, Fye: 302500.

Expected Tensile Stress, Fue: 473000.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 6-3 Acero S275 (Base rueda)

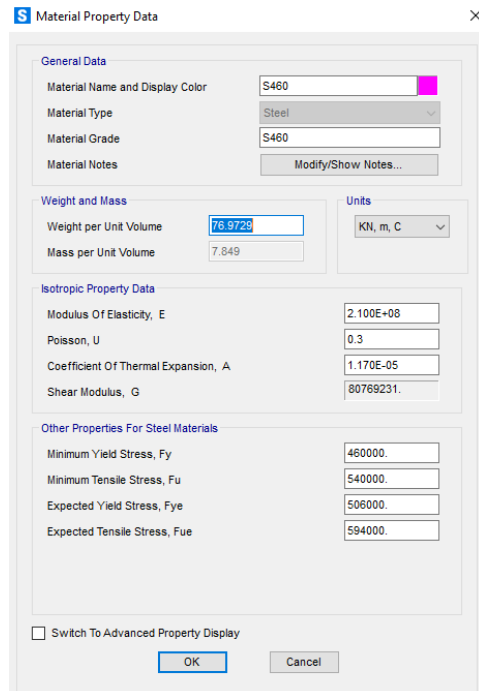


Figura 6-4 Acero S460 (viga puente)

7.2 secciones

Las secciones del andamio generalmente son tubulares. A excepción de la sección de la viga puente que se modela como una sección equivalente.

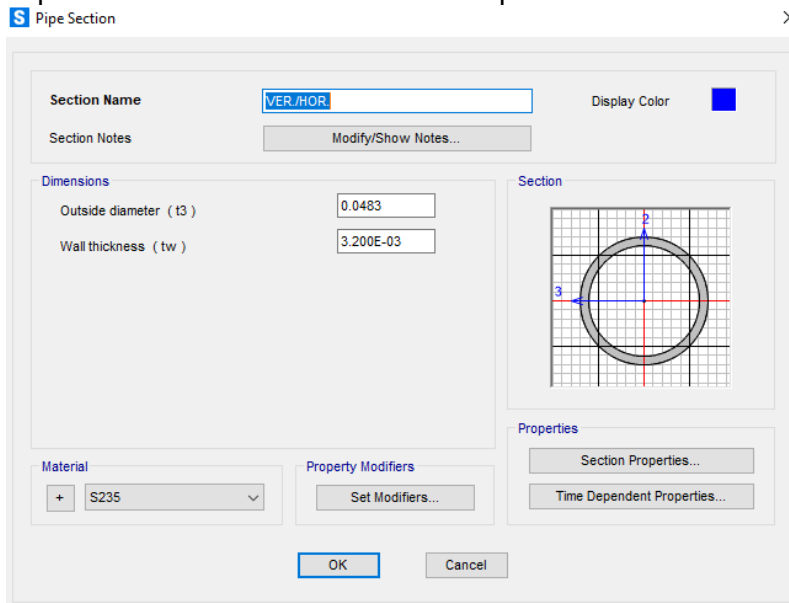


Figura 6-5 Vertical y Horizontal

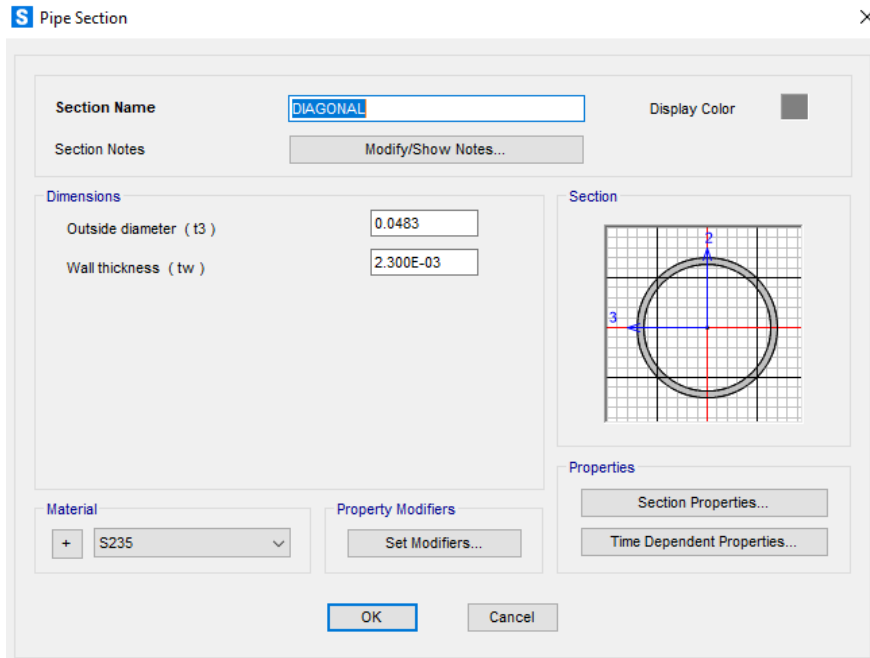


Figura 6-6 Diagonal

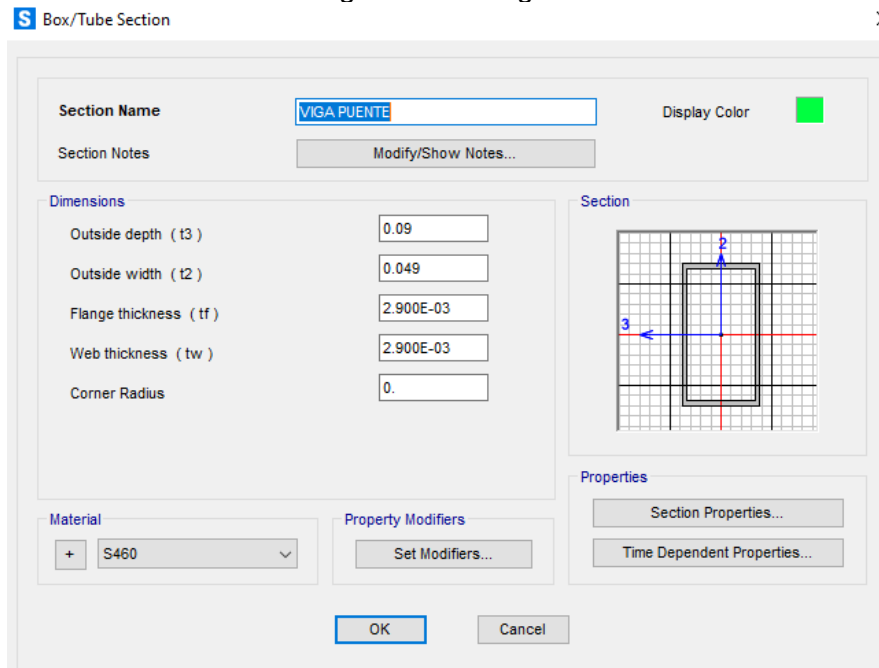


Figura 6-7 Viga puente

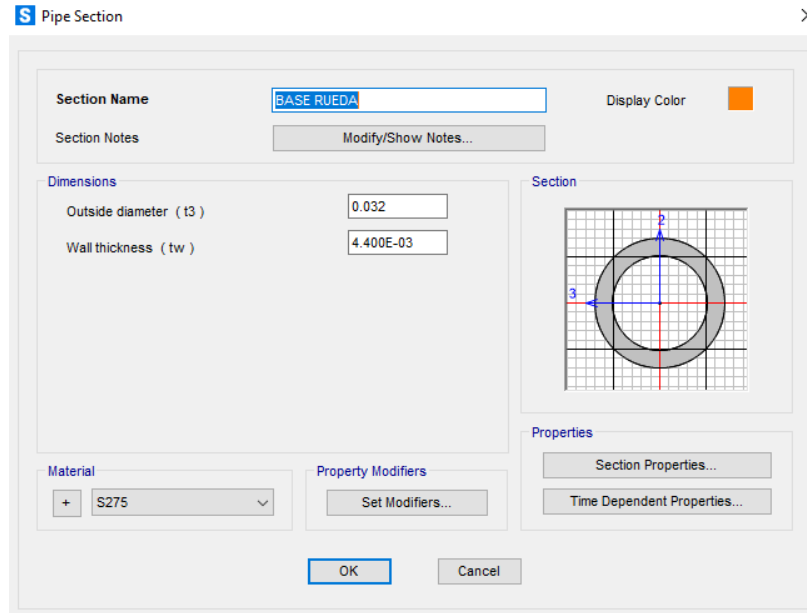


Figura 6-8 Base rueda

7.3 cargas

Las cargas verticales se han aplicado uniformemente distribuida sobre los elementos que soportan las plataformas, mientras que las cargas horizontales se aplicaron sobre las verticales.

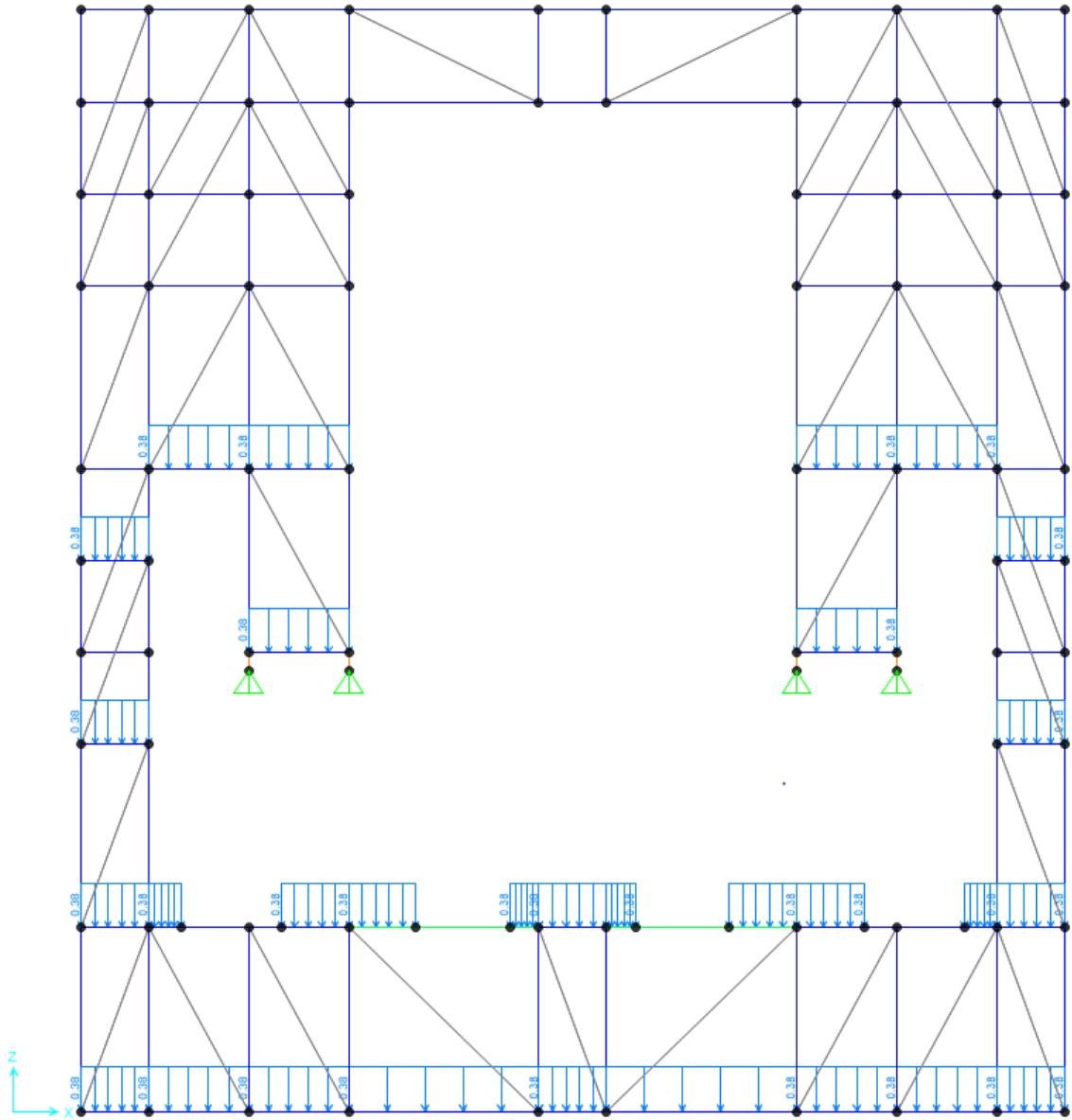


Figura 6-9 PESO DE PLATAFORMAS

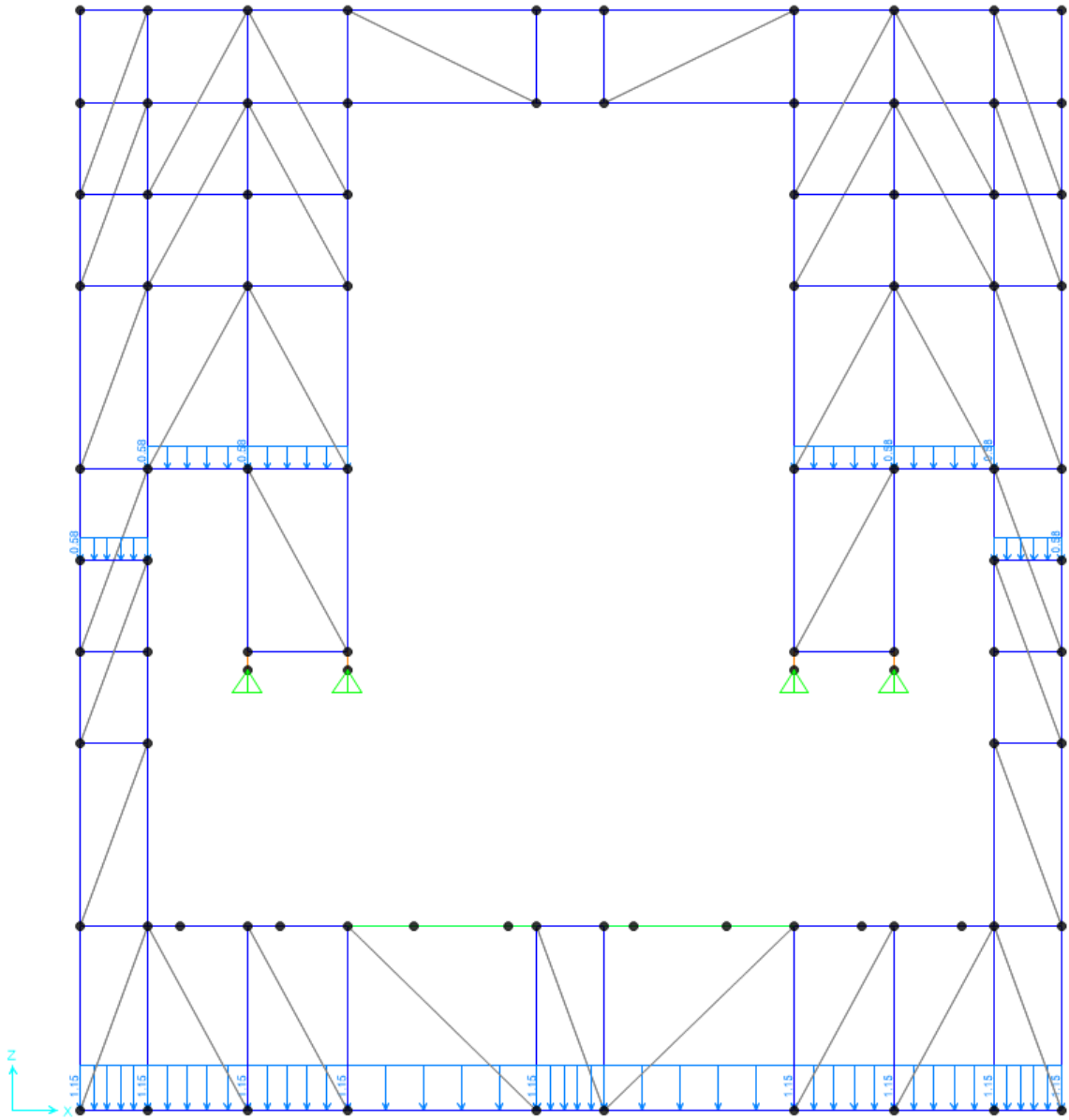


Figura 6-10 CARGA VIVA

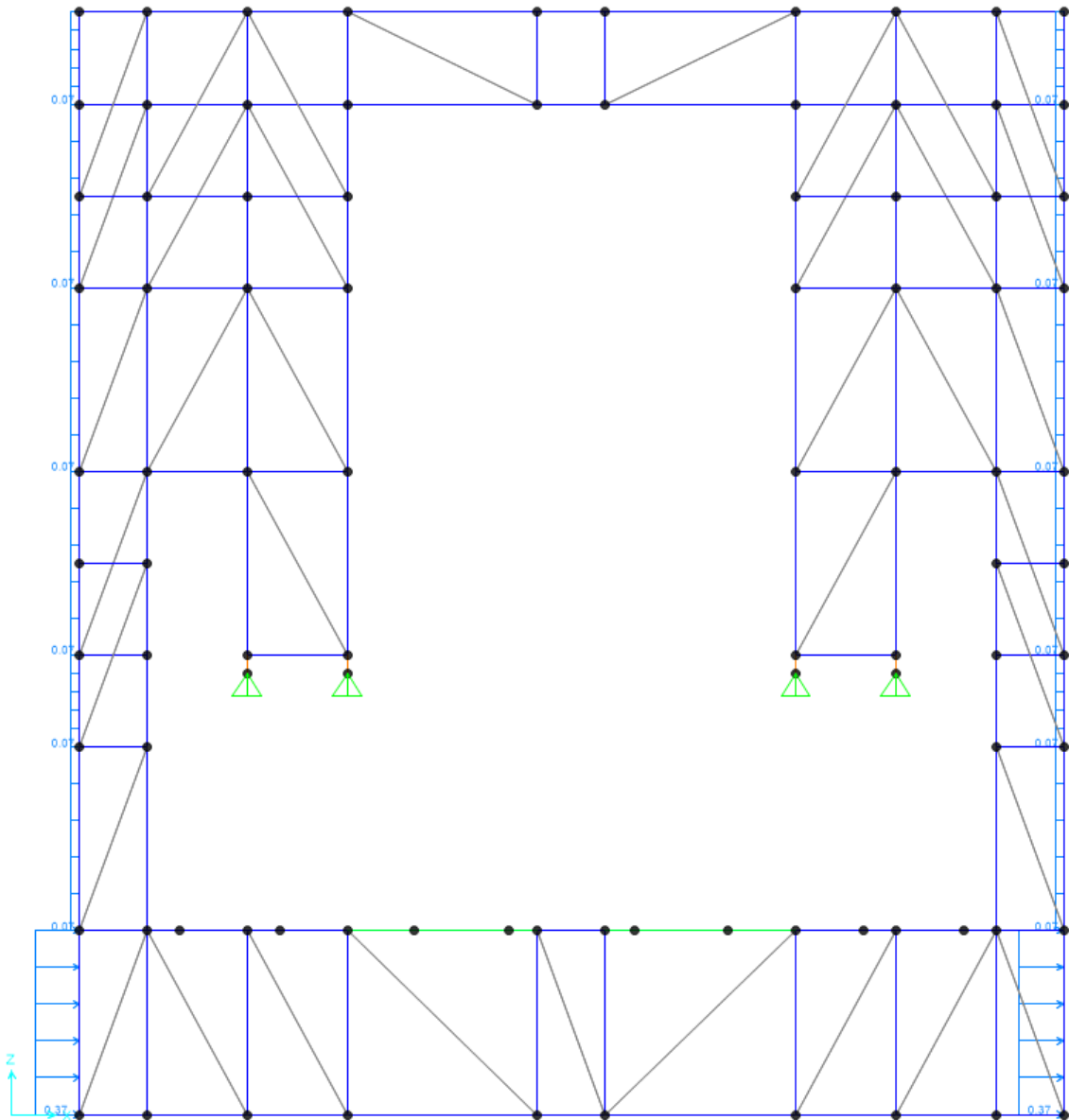


Figura 6-11 CARGA DE VIENTO

7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

8.1 REVISIÓN DE DEFORMACIONES

La deformación máxima obtenida es 28.5mm y 31mm en la dirección X-X e Y-Y, respectivamente.

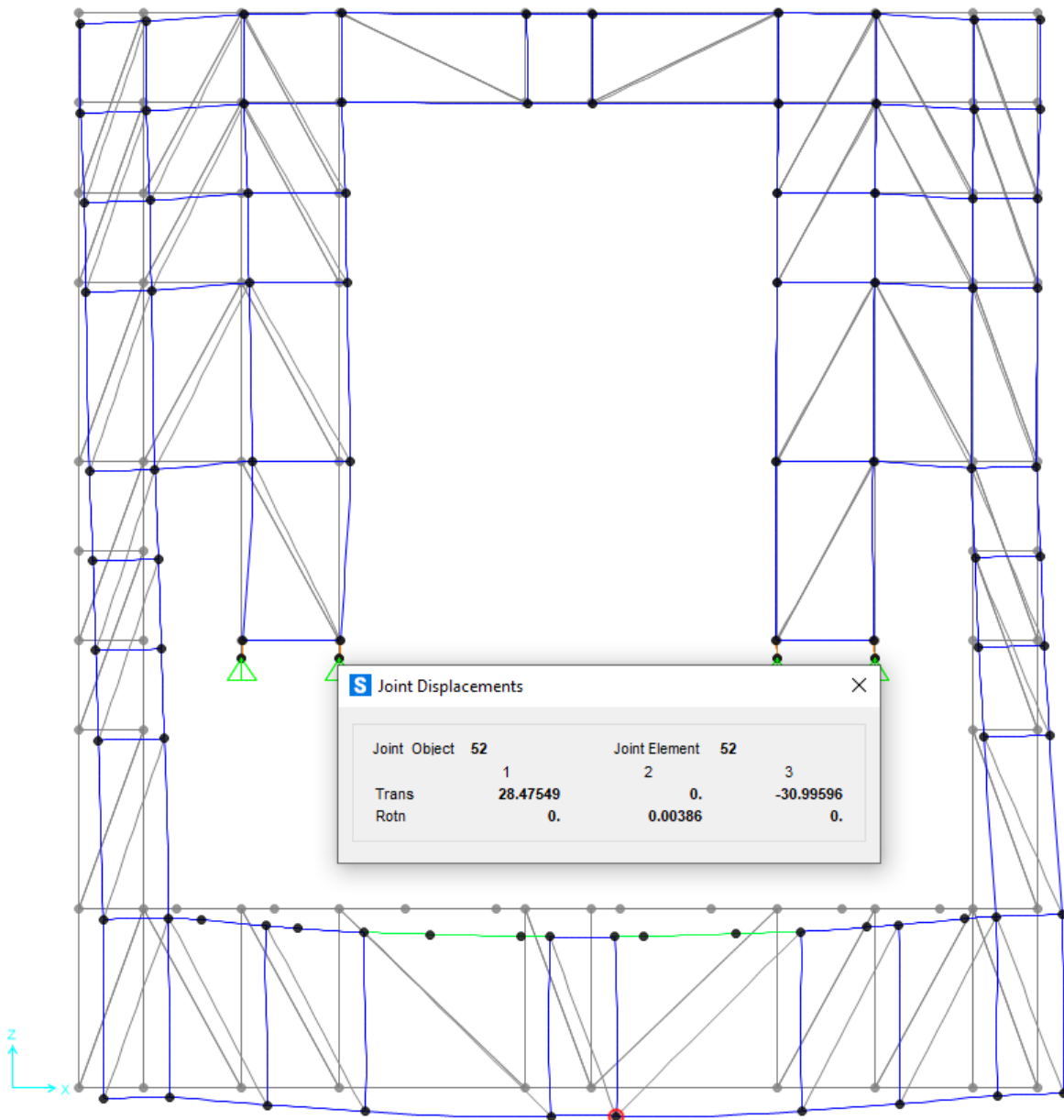


Figura 7-1 Diagrama de deformaciones (D+L+W)

8.2 DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES

8.2.1 Verticales Y BASES

A continuación, se muestran los diagramas de fuerzas axiales para las combinaciones de diseño:

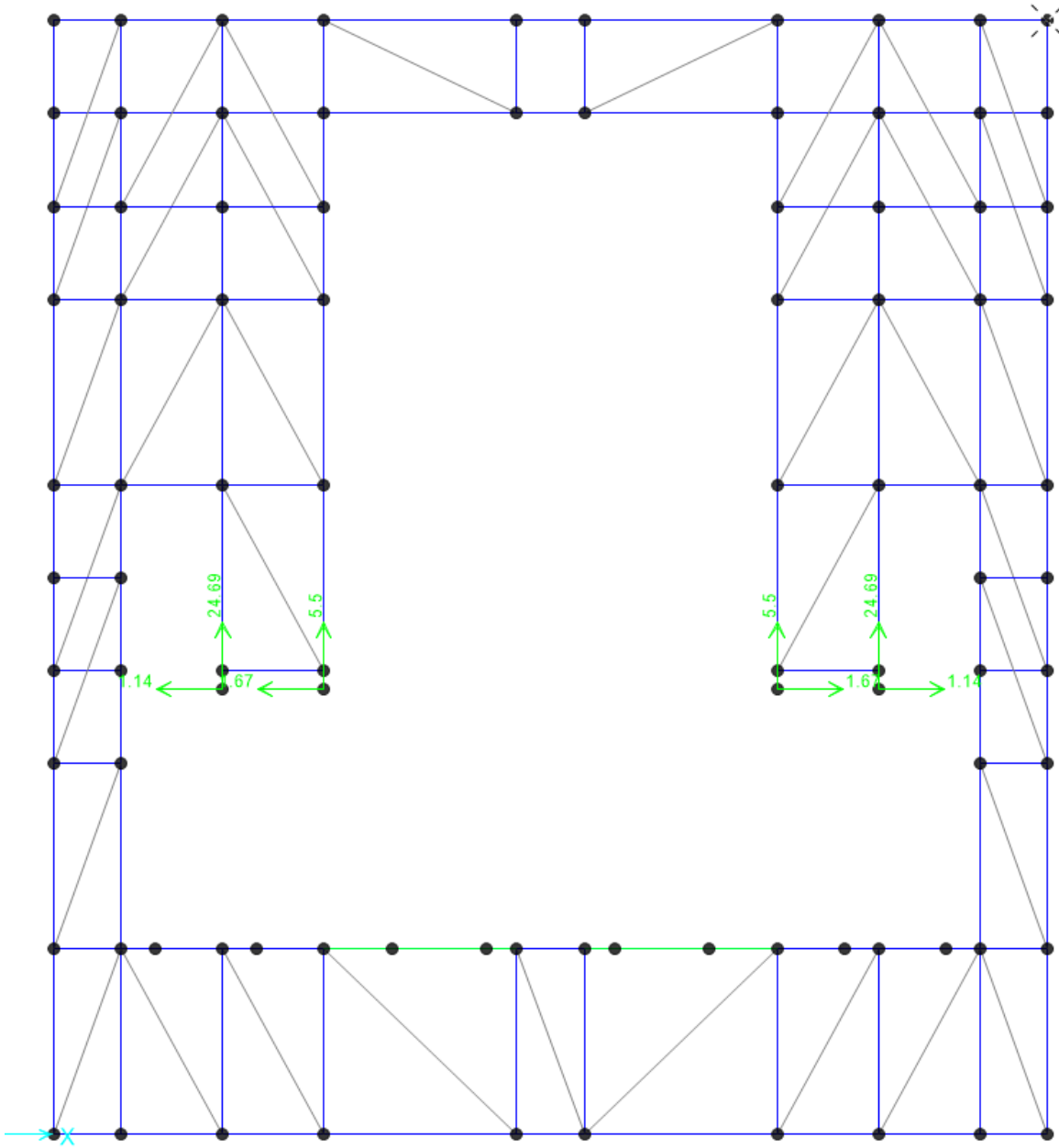


Figura 7-2 Reacciones en la base (1.2D+1.6L)

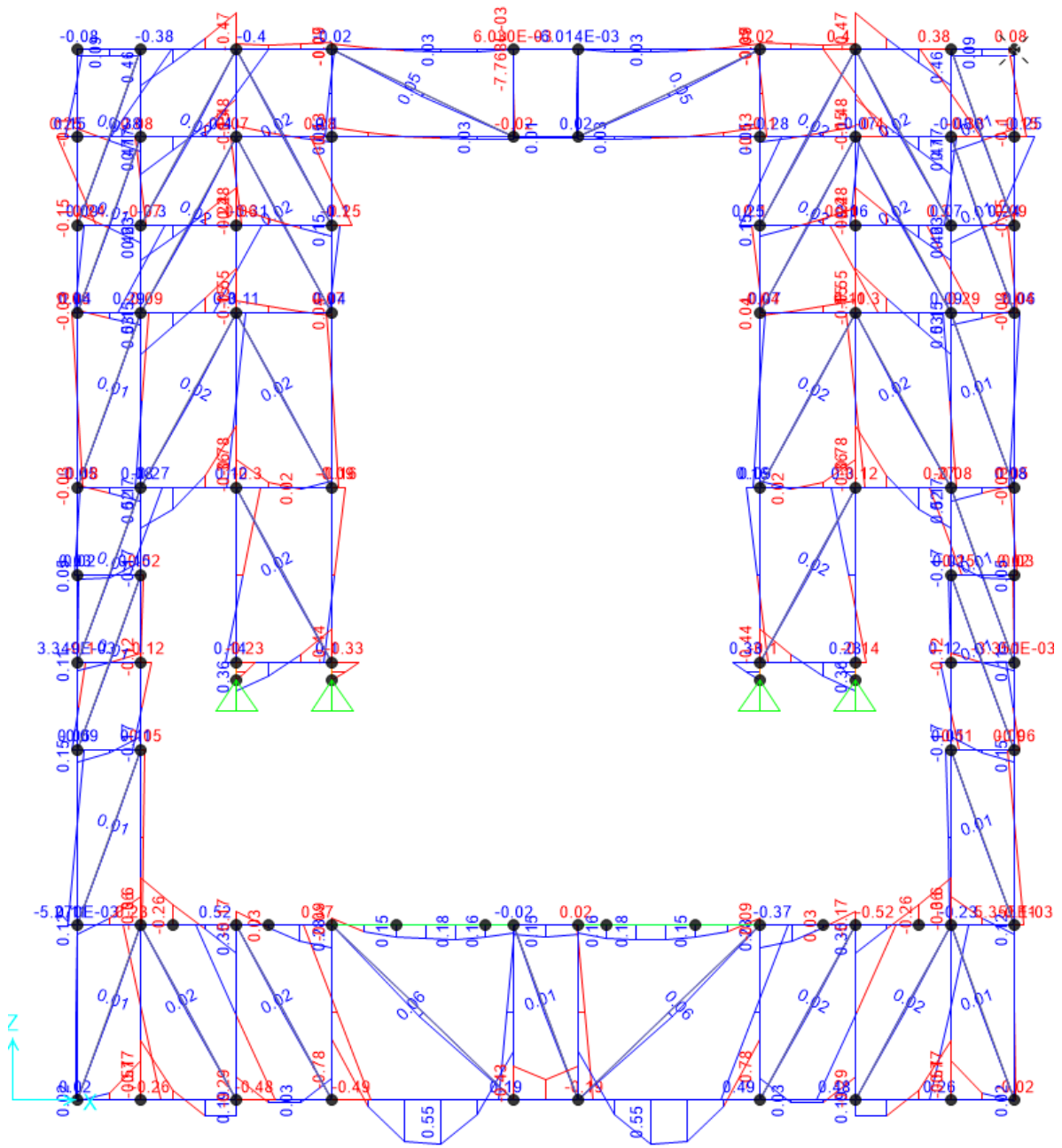


Figura 7-5 Diagrama de momentos flectores (1.2D+1.6L)

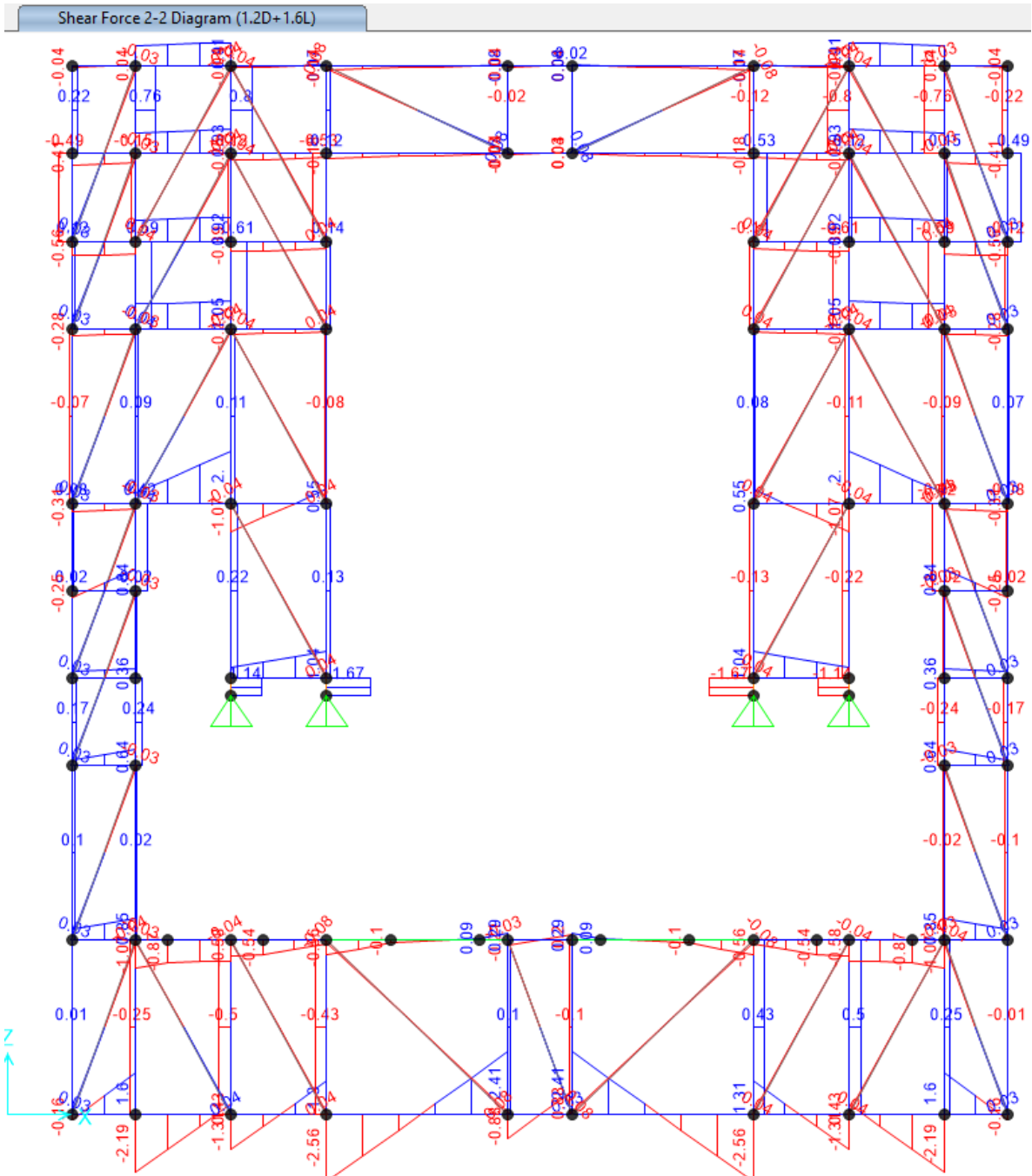


Figura 7-6 Diagrama de fuerzas cortantes (1.2D+1.6L)

8. revisión de diseño

En este paso, se realiza la verificación de la resistencia de cada uno de los elementos de acuerdo con la normativa E.090 del diseño de estructura metálicas.

