



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Evaluación técnica de sistemas estructurales para la  
superestructura de puentes peatonales, Av. Alfredo Mendiola 6232,  
Los Olivos - 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Ugarte Bernuy, Abrahan Elias (ORCID:[0000-0003-2558-5415](https://orcid.org/0000-0003-2558-5415))

**ASESOR:**

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID:[0000-0002-5043-6510](https://orcid.org/0000-0002-5043-6510))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A mis amados padres, Apolonio y Maria por el apoyo incondicional que me brindaron en cada etapa de mi vida, por sus enseñanzas que me ayudaron a superar obstáculos y por su amor que me ayudo a fortalecerme.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la voluntad y fuerzas para seguir adelante.

A mi familia y seres queridos, por todo el amor, apoyo, respeto, amistad y cariño.

A mi asesor Omart Demetrio Tello Malpartida, por brindarme su apoyo para la elaboración de mi tesis.

A mi asesor técnico Kenyo Loa López, por brindarme sus conocimientos para el desarrollo de mi tesis.

A mi sensei Palmer, por sus enseñanzas, amistad y comprensión.

A todos ellos, infinitas gracias.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	21
3.2. Variable y operacionalización .....	22
3.3. Población, muestra y muestreo .....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección .....	26
3.5. Procedimiento .....	29
3.6. Método de análisis de datos .....	29
3.7. Aspectos éticos .....	30
IV. RESULTADOS .....	31
4.1. Desarrollo del procedimiento .....	32
4.2. Resultados .....	72
V. DISCUSIÓN .....	82
VI. CONCLUSIONES .....	86
VII. RECOMENDACIONES .....	89
REFERENCIAS .....	91
ANEXOS .....	102

## Índice de tablas

Tabla N° 1 .....	10
Tabla N° 2 .....	14
Tabla N° 3 .....	16
Tabla N° 4 .....	19
Tabla N° 5 .....	25
Tabla N° 6 .....	27
Tabla N° 7 .....	28
Tabla N° 8 .....	39
Tabla N° 9 .....	45
Tabla N° 10 .....	54
Tabla N° 11 .....	70
Tabla N° 12 .....	72
Tabla N° 13 .....	73
Tabla N° 14 .....	75
Tabla N° 15 .....	75
Tabla N° 16 .....	77
Tabla N° 17 .....	79
Tabla N° 18 .....	79

## Índice de figuras

Figura 1. Puente peatonal Santa Luisa .....	9
Figura 2. Puente peatonal frente a la universidad César Vallejo .....	10
Figura 3. Puente de sección compuesta en Lircay – Huancavelica .....	11
Figura 4. Vista inferior del puente de sección compuesta Lircay .....	11
Figura 5. Puente de concreto armado postensado en Namibe – Angola .....	12
Figura 6. Vista inferior del puente de concreto armado postensado en Namibe .....	12
Figura 7. Torones .....	13
Figura 8. Distribución de torones en la viga .....	13
Figura 9. Torones anclados en la viga .....	13
Figura 10. Deflexión en vigas .....	15
Figura 11. Segmento curvo de una viga .....	15
Figura 12. Fuerza cortante y momento flector en una viga .....	17
Figura 13. Método de cálculo estático .....	17
Figura 14. Método de cálculo por integración .....	18
Figura 15. Mapa del distrito de Los Olivos .....	24
Figura 16. Ubicación de la zona donde se proyectarán las superestructuras .....	25
Figura 17. Medición de la luz del puente frente a la UCV .....	32
Figura 18. Recopilación de datos de la superestructura .....	33

Figura 19. Medición del ancho de tablero del puente San Martin .....	34
Figura 20. Medición del ancho de pilar central del puente frente a la UCV .....	34
Figura 21. Daños producidos en el pilar central por impacto de los vehículos .....	35
Figura 22. Geometría del perfil AASHTO .....	36
Figura 23. Características del perfil AASHTO .....	36
Figura 24. Dibujo en AutoCAD del contorno del puente .....	37
Figura 25. Curva de endurecimiento del concreto .....	40
Figura 26. Vista frontal de la viga postensada .....	41
Figura 27. Corte en el centro de la viga postensada .....	42
Figura 28. Distribución del torón dentro de la viga postensada .....	42
Figura 29. Geometría de la sección compuesta .....	45
Figura 30. Características de la sección compuesta .....	46
Figura 31. Sección transversal del perfil AASHTO en Robot .....	47
Figura 32. Modelo del puente importado al Software Robot .....	47
Figura 33. Modelo del sistema 1 .....	48
Figura 34. Cargas usadas para el modelamiento del sistema 1 .....	49
Figura 35. Cálculo de la deflexión en el sistema 1 .....	50
Figura 36. Cálculo del cortante por DC en el sistema 1 .....	50
Figura 37. Cálculo del momento por DC en el sistema 1 .....	51
Figura 38. Cálculo del cortante por PL en el sistema 1 .....	51
Figura 39. Cálculo del momento por PL en el sistema 1 .....	51
Figura 40. Cálculo de la cortante por ELR 1 en el sistema 1 .....	52

Figura 41. Cálculo del momento por ELR 1 en el sistema 1 .....	52
Figura 42. Cálculo de la frecuencia horizontal en el sistema 1 .....	53
Figura 43. Cálculo de la frecuencia vertical en el sistema 1 .....	53
Figura 44. Modelo de puente importado con el panel sobre apoyos .....	55
Figura 45. New section, viga metálica .....	55
Figura 46. Sección transversal de viga sección compuesta con losa sin corregir .....	56
Figura 47. Corrección de la losa .....	56
Figura 48. Rigid links .....	57
Figura 49. Modelo del sistema 2 .....	57
Figura 50. Sección transversal de viga sección compuesta .....	58
Figura 51. Cargas usadas para el modelamiento del sistema 2 .....	59
Figura 52. Cálculo de la deflexión en el sistema 2 .....	59
Figura 53. Cálculo del momento máximo DC en la viga en el sistema 2 .....	60
Figura 54. Cálculo del valor integral upper DC de la losa en el sistema 2 .....	60
Figura 55. Cálculo del valor integral lower DC de la losa en el sistema 2 .....	61
Figura 56. Cálculo de la cortante DC en el sistema 2 .....	62
Figura 57. Cálculo del momento máximo PL en la viga en el sistema 2 .....	63
Figura 58. Cálculo del valor integral upper PL de la losa en el sistema 2 .....	63
Figura 59. Cálculo del valor integral lower PL de la losa en el sistema 2 .....	64
Figura 60. Cálculo de la cortante PL en el sistema 2 .....	65
Figura 61. Cálculo del momento máximo ELR en la viga en el sistema 2 .....	66
Figura 62. Cálculo del valor integral upper ELR de la losa en el sistema 2 .....	66



Figura 63. Cálculo del valor integral lower ELR de la losa en el sistema 2 .....	67
Figura 64. Cálculo de la cortante ELR en el sistema 2 .....	68
Figura 65. Cálculo de la frecuencia horizontal en el sistema 2 .....	69
Figura 66. Cálculo de la frecuencia vertical en el sistema 2 .....	70
Figura 67. Cálculo de la deflexión usando $d= 0.9m$ .....	71
Figura 68. Gráfico de barra de frecuencias .....	73
Figura 69. Gráfico de barras del segundo criterio para frecuencia vertical .....	74
Figura 70. Gráfico de barras de cortantes .....	76
Figura 71. Gráfico de barras de momentos .....	76
Figura 72. Gráfico de barras de deflexiones .....	78
Figura 73. Gráfico de barras de cortantes .....	80
Figura 74. Gráfico de barras de momentos .....	80

## RESUMEN

La investigación realizada tuvo como objetivo determinar de qué manera los sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales influyen en la evaluación técnica, fue una investigación de tipo aplicada, de nivel explicativo, de diseño pre-experimental, la población comprende las superestructuras de puentes peatonales simplemente apoyadas de sección compuesta y concreto postensado, la muestra fue la superestructura de puente peatonal simplemente apoyados de sección compuesta y concreto postensado en la avenida Alfredo Mendiola 6232, el muestreo fue no probabilístico, el procedimiento inicio con la recolección de datos, luego se predimensionaron las secciones transversales y culmino con el modelamiento en el software, los principales resultados fueron que el sistema 2 respecto al sistema 1 se incrementa 7.14% en frecuencia vertical y 29.56% en frecuencia horizontal, el sistema 1 respecto al sistema 2 se incrementa 299.71% para cortante DC y 383.51% para momento DC, el sistema 1 respecto al sistema 2 disminuyó 36.68% en deflexión, el sistema 1 respecto al sistema 2 se incrementa 101.42% en cortante PL y 143.13% en momento PL, finalmente considerando los parámetros técnicos el sistema 1 es el más adecuado para el puente peatonal ubicado en la avenida Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos.

**Palabras clave:** puentes peatonales, viga aashto, viga compuesta, frecuencia vertical, deflexión en puentes.

## ABSTRACT

The objective of the research carried out was to determine how the structural systems for the superstructure of pedestrian bridges influence the technical evaluation, it was an applied research, of explanatory level, of pre-experimental design, the population understands the superstructures of pedestrian bridges simply supported by composite section and post-tensioned concrete, the sample was the superstructure of a pedestrian bridge simply supported by composite section and post-tensioned concrete on 6232 Alfredo Mendiola avenue, the sampling was non-probabilistic, the procedure began with data collection, then pre-dimensioned the cross sections and culminated with the modeling in the software, the main results were that system 2 respect to system 1 increases 7.14% in vertical frequency and 29.56% in horizontal frequency, system 1 respect to system 2 increases 299.71% for DC shear and 383.51% for DC moment, the system 1 respect to system 2 decreased 36.68% in deflection, system 1 respect to system 2 increases 101.42% in PL shear and 143.13% in PL moment, finally considering the technical parameters, system 1 is the most suitable for the pedestrian bridge located at 6232 Alfredo Mendiola avenue, Los Olivos.

**Keywords:** pedestrian bridges, aashto girder, composite girder, vertical frequency, deflection in bridges.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

**Realidad Problemática:** En Miami una estudiante del Florida International University (FIU) perdió la vida atropellada al tratar de cruzar la avenida Southwest ya que esta avenida es muy transitada y no contaba con un puente peatonal, tras el fallecimiento de la alumna del FIU se aceleró el proceso de construcción del puente peatonal que conectaría el FIU y la zona de restaurantes, centro comercial y residencia de alumnos llamado Sweetwater, pero tras 5 días de inaugurado la superestructura de aproximadamente 53 metros de luz del puente peatonal de concreto armado postensado colapso debido a deficiencias estructurales de diseño dejando 6 fallecidos (Occupational Safety and Health Administration, 2019). En China luego de haber colapsado más de 400 puentes se consideraron principalmente 6 motivos por los cuales ocurre los colapsos dentro de ellos se puede apreciar las fallas por diseño y sobrecarga (Tan, Elbaz, Wang, Shen y Chen, 2020). En México no hay un reglamento dirigido a la revisión de las vibraciones en los puentes peatonales por lo cual muchos puentes siguen siendo diseñados sin chequeos de vibración o frecuencias lo que genera malestar a los peatones al momento de usar el puente peatonal ocasionando que esos puentes peatonales dejen de ser usados (Hernández y Huergo, 2020). Colombia ha presenciado colapsos de sus puentes peatonales debido a una variedad de factores, entre ellos las deficiencias estructurales y errores de construcción los cuales generaron un gran impacto económico y social (Panesso, Marulanda y Thomson, 2019). En el Perú un estudio realizado por el Instituto de Estadística e Informática (INEI) de la población total solo el 35,8% manifiesta que usa siempre puentes peatonales, aun habiéndose registrado que el porcentaje de accidentes de tránsito producido por la imprudencia de peatones fue del 66,2% (Encuesta Nacional de Programas Estratégicos, 2015). El puente peatonal frente a la Universidad Cesar Vallejo (UCV) que es de estructura metálica fue clausurado el 2014 debido al exceso de sobrecarga y según los informes que se recolectaron no hay propuestas ni proyecto para que se realice un nuevo puente peatonal afectando así a los más de 50 mil estudiantes y demás peatones que hacían uso de ese puente peatonal, a su vez los puentes aledaños que son los de Yanbal y Santa Luisa son usados por los peatones

pero estos no están dimensionados para cumplir la demanda peatonal en las horas punta. (Llacchua, 2018). La evaluación de las cargas dinámicas en un puente peatonal en la etapa de diseño es muy importante ya que si no se evalúan provocara molestias en los peatones, perderán su serviciabilidad y en casos extremos queden inutilizados generando gastos a futuro ya sea para reparación o un proyecto nuevo (León, 2018). Debido a lo argumentado es necesario la evaluación técnica de sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales en la avenida Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos.

Luego de haber analizado la realidad problemática nos formulamos la siguiente pregunta, **Problema General** ¿De qué manera los sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales influyen en la evaluación técnica? y los **Problemas Específicas** ¿De qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en la frecuencia vertical y horizontal debido a cargas permanentes?, ¿De qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en los esfuerzos en los elementos debido a cargas permanentes?, ¿De qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en la deflexión máxima? y ¿De qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en los esfuerzos en los elementos debido a cargas transitorias?

La **justificación practica** permite elegir el sistema estructural para la superestructura de puentes peatonales más óptimo para que los peatones puedan movilizarse de manera segura. Esta investigación se **justifica socialmente** pues al definir qué sistema estructural para la superestructura de puentes peatonales es la mejor, beneficiaria a los alumnos de la universidad Cesar Vallejo, otros como los vecinos de urbanizaciones y trabajadores de comercios aledaños.

El **objetivo principal**: Determinar de qué manera los sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales influyen en la evaluación técnica. Así mismo, cuenta con los siguientes **objetivos específicos**: Evaluar de qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en la frecuencia vertical y horizontal debido a cargas permanentes., calcular de qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en los esfuerzos en los elementos debido a cargas permanentes, analizar de qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en la deflexión máxima y determinar de qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en los esfuerzos en los elementos debido a cargas transitorias.

La **hipótesis general**: Los sistemas estructurales de sección compuesta con vigas metálicas en puentes peatonales influyen positivamente en la evaluación técnica. Así mismo, cuenta con las siguientes **hipótesis específicas**: El sistema estructural de sección compuesta con vigas metálicas en puentes peatonales influye positivamente en la frecuencia vertical y horizontal debido a cargas permanentes, el sistema estructural de C.A. postensado en puentes peatonales influye positivamente en la frecuencia vertical y horizontal debido a cargas permanentes, el sistema estructural de sección compuesta con vigas metálicas en puentes peatonales influye positivamente en la deflexión máxima y el sistema estructural de C.A. postensado en puentes peatonales influye positivamente en la deflexión máxima.

## **II. MARCO TEÓRICO**



## II. MARCO TEÓRICO

Ccaso (2017), en su tesis titulada *Evaluación analítica de vibraciones en puentes peatonales debido a carga peatonal, caso puentes de la Panamericana Norte km19+000- km25+500 Lima*. El **objetivo** fue evaluar el comportamiento de vibración de los puentes peatonales de la carretera Panamericana Norte entre los kilómetros 19 y 25. Fue un **estudio** de tipo correlacional, siendo la **población** de estudio 11 puentes peatonales, la **muestra** fueron los puentes Pro Lima e Independencia, los **instrumentos** empleados fueron el equipo portátil de adquisición de datos y el software MATLAB. Los **principales resultados** son: al usarse el equipo de medición vibracional se obtuvieron que la frecuencia por carga muerta o ambiental es **frecuencias de tipo vertical y lateral** en el puente peatonal Pro Lima se obtuvo frecuencias verticales y laterales de 3.89 Hz y 1.87Hz respectivamente en un punto, en el puente peatonal Independencia se obtuvo frecuencias verticales y laterales de 2.68 Hz y 3.45 Hz respectivamente en un punto, de ese mismo modo se calculan para los diferentes puntos de estudio. Se **concluyo** que el puente peatonal Independencia al no cumplir con los valores límites de frecuencia se debe construir una columna intermedia de 60 x 60 cm y de una altura de 5.10 m para darle más rigidez y así evitar molestias o temores a los peatones.

Salas (2018), en su tesis titulada *Revisión y análisis crítico del diseño estructural del puente peatonal Solidaridad ubicado en el Malecón Checa, límite entre los distritos de San Juan de Lurigancho y El Agustino (Lima)*. El **objetivo** es recopilar información técnica sobre el diseño de puentes y compararla con los requisitos de las leyes locales para tales proyectos especiales. Fue un **estudio** de tipo analítico, siendo la **población** de estudio los puentes peatonales, la **muestra** fue el puente peatonal Solidaridad, los **instrumentos** empleados fueron el programa SAP 2000 y Microsoft Excel. Los **principales resultados** son: **momentos máximos por cargas permanentes** de peso propio y de dispositivos auxiliares son 200, 85 ton-m y 11,37

ton-m respectivamente, las **cortantes máximos por cargas permanentes** de peso propio y de dispositivos auxiliares son -36,21 ton y -1.53 ton-m respectivamente. Se **concluyo** que el puente peatonal colapsó debido a una falla local en la unión de las vigas de acero y concreto, ya que fue diseñado en el expediente técnico para que ambas vigas actúen como elementos estructurales continuos, pero no se cumplió con el diseño.

Castro y Villareal (2016), en su tesis titulada ***Diseño de un puente peatonal de estructura mixta como modelo de construcción para la autopista Cajas – Otavalo. KM 14+280.*** El **objetivo** fue diseñar un puente peatonal de estructura mixta que sirva como modelo de construcción en la autopista Cajas – Otavalo. Fue un **estudio** de tipo técnico y los tipos de investigación realizados son analítica, proyectista y científica, los **instrumentos** empleados fueron el programa AutoCAD, estudios de suelos, estudios topográficos y estudios de impacto ambiental que ayudaron a determinar las características geométricas del puente. Los **principales resultados** siguiendo la norma AASHTO LRFD BRIDGES 2014 y LRFD Guide Specifications for Design of Pedestrian Bridges 2009 que el momento de resistencia será 0.71 ton.m, la **deflexión vertical máxima** por carga viva fue de 0.043m. Se **concluyó** que en los diseños de hormigón armado se pueden presentar deformaciones inelásticas visibles antes de una falla estructural, otra conclusión es que para determinar la deformación o deflexión de corte y máximo momento flector causado por carga axial se deberá asumir todos los posibles estados de carga que el diseñador crea conveniente.

Peralta (2018), en su tesis titulada ***Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel-Chiclayo.*** El **objetivo** fue diseñar una estructura de puente peatonal en el kilómetro 7 de la carretera Pimentel-Chiclayo, teniendo en cuenta la normativa vigente y facilitando la capacidad de tránsito del usuario. Fue un **estudio** de tipo tecnológica aplicada, los **instrumentos** empleados fueron equipos para el estudio de suelos, equipos topográficos, ficha de entrevistas y el programa SAP2000. Los

**principales resultados** son: en la cimentación la carga de gravedad es 98.760 ton, carga amplificada de 135.75 ton y en la superestructura el **momento por carga peatonal** es 20.06 ton-m, la **cortantes por carga peatonal** es 5.01 ton. Se **concluyó** que luego de visto los resultados dados con el SAP 2000, teniendo un tránsito peatonal de aproximadamente 3146 personas al día y teniendo en cuenta procesos constructivos, estéticos, de mantenimiento y durabilidad es que se eligió el sistema de puente peatonal post tensado.

Los puentes son estructuras que forman parte de carreteras, vías férreas, depresiones y otros obstáculos, a través del tiempo los puentes fueron mejorando tanto estructuralmente como en su serviciabilidad, en la antigüedad Roma fue el lugar donde inicio la historia de los puentes tanto como los de madera y los de piedra, hasta el siglo XVIII nadie pudo superar los puentes construidos por los romanos. (Fernández, 2014). La estructura de un puente consta de dos partes fundamentales, los cuales son la superestructura y la subestructura; la superestructura es un conjunto de vigas o loza colocados entre apoyos, su función es soportar cargas dinámicas, sus refuerzos pueden trabajar bajo compresión, flexión, tracción, etc. La subestructura es por lo general un conjunto de pilares y estribos, la función de los pilares es soportar carga permanente y sobrecarga sin asentamiento, el estribo tiene la función de resistir todos los esfuerzos y por lo general son de concreto armado (Castro y Sarmiento, 2020).

Un puente peatonal es un elemento estructural que posibilita el tránsito en áreas que no se pueden cruzar horizontalmente o donde los semáforos no son factibles. Esto es muy importante porque con el desarrollo de la sociedad están desapareciendo los espacios peatonales, lo que aumenta la incidencia de accidentes de tránsito peatonal, inseguridad y otros (Jurković, Koški y Lovoković, 2021). El puente peatonal es un sistema que asegura la vida de los peatones debido a que estos salvan obstáculos por lo tanto es necesario que sean construidos con gran precisión y siguiendo los criterios de diseño para que pueda cumplir su función correctamente (Arteaga, García, Guzmán y Mayora, 2017).



*Figura 1. Puente peatonal Santa Luisa.*

El 11 de julio de cada año se celebra el “Día Mundial de la Población” en el cual se determina el crecimiento de la población peruana, siendo el Perú el octavo país con más habitantes a nivel mundial por km<sup>2</sup> y el 7mo país más poblado de América, hoy en día la población peruana sobrepasa los 32 millones sin considerar la población migratoria que tiene un porcentaje de crecimiento de 15 por cada mil personas, en Lima podemos ver que el crecimiento será considerable para el 2030 ya que se prevé que para esa fecha la población en Lima aumentara aproximadamente en 2 millones más el porcentaje migratorio mencionado anteriormente (INEI, 2020, p. 3-7). Ante el gran crecimiento poblacional mencionado, estamos en la obligación de facilitar el transporte creando medios accesibles tales como puentes peatonales, los cuales deben ser evaluados para tener la certeza de que serán suficientemente resistentes para que los peatones circulen con facilidad y sin ningún inconveniente, dicho eso tenemos que hacer una evaluación para saber qué tipo de puente es el más adecuados para una población específica.



Figura 2. Puente peatonal frente a la Universidad Cesar Vallejo.

La evaluación técnica es indispensable en todos los proyectos de construcción pues esto determina si la construcción realizada esta debidamente elaborada, teniendo en cuenta los parámetros de construcción y con los materiales adecuados para garantizar la seguridad de la obra y así poderlos integrar las construcciones de una manera adecuada con los espacios urbanos (Beltrán, 2018, p. 100).

Tabla 1. Tipos de puentes

TIPO DE PUENTE	CARACTERÍSTICAS					
	MATERIAL	CONDICIONES BORDE	SECCION TRANSVERSAL	PERALTE h	UBICACIÓN TABLERO	GEOMETRÍA PLANO
LOSA	CONCRETO ARMADO, CONCRETO PRETENSADO	SIMP. APOYADO CONTINUO	LOSA SÓLIDA LOSA NERVADA LOSA CELULAR	CONSTANTE VARIABLE	TABLERO SUPERIOR	RECTO ESVIADO CURVO
LOSA CON VIGAS	VIGA CONC. ARMADO, VIGA CONC. PRETENSADO, VIGA ACERO	SIMP. APOYADO CONTINUO GERBER	VIGA RECTA VIGA I VIGA CAJON	CONSTANTE VARIABLE	TABLERO SUPERIOR	RECTO ESVIADO CURVO
PORTICO	CONCRETO ARMADO, CONCRETO PRETENSADO, ACERO	ARTICULADO EMPOTRADO CON VOLADOS ATIRANTADOS	VIGA RECTA VIGA I VIGA CAJON	CONSTANTE VARIABLE	TABLERO SUPERIOR	RECTO ESVIADO CURVO
ARCO	CONCRETO ARMADO ACERO	ARTICULADOS EMPOTRADO	LOSA VIGAS	CONSTANTE VARIABLE	TAB. SUPERIOR TAB. INTERMEDIO TAB. INFERIOR	RECTO
RETICULADO	ACERO	SIMP. APOYO CONTINUO GERBER	VARIOS	CONSTANTE VARIABLE	TAB. SUPERIOR TAB. INFERIOR	RECTO
COLGANTE	CABLES DE ACERO + ACERO	EN TORRE EN VIGA DE RIGIDEZ	VARIOS	VARIABLE	TAB. INFERIOR	RECTO
ATIRANTADO	CABLES DE ACERO + ACERO	EN CABLES EN TORRE EN VIGA DE RIGIDEZ SIMP. APOYADO	VARIOS	VARIABLE	TAB. INFERIOR	RECTO
MODULAR	ACERO	EN CABLES EN TORRE EN VIGA DE RIGIDEZ SIMP. APOYADO	VARIOS	VARIABLE	TAB. INFERIOR	RECTO
ALCANTARILLA	CONCRETO ACERO	SOBRE TERRENO	CELULAR ( 1 o MAS) SUPERSPAN (1 o MAS)	CONSTANTE	TAB. SUPERIOR	RECTO ESVIADO

Fuente: Guía para inspección de puentes, 2006.

El puente de sección compuesta o mixto es aquel que este compuesto de vigas metálicas y losa o tablero de concreto o concreto armado que vaciado in situ, suelen ser más económicos en luces cortos y por lo general se utilizan en zonas sin buenas condiciones climáticas donde es difícil verter concreto o cuando no se cuenta con maquinaria pesada para levantar vigas de concreto o en países donde las estructuras de acero son más factibles de adquirir que las estructuras de hormigón (Jordan, Ferráz y Sobrino, 2014).



*Figura 3.* Puente de sección compuesta en Lircay-Huancavelica.



*Figura 4.* Vista inferior del puente de sección compuesta Lircay.

El concreto está compuesto de cemento, arena, agua y otro agregado el cual tiene un gran aguante frente a esfuerzos a la compresión, pero es frágil a la tracción, entonces para reforzarlo se usa el acero que tiene una gran resistencia a la tracción, al combinar dichos materiales es que se genera el concreto armado (Puma, 2014). Una de las técnicas usadas para mejorar la funcionabilidad del concreto armado es el preesforzado que son una alternativa muy buena para puentes de luces largas y que a su vez mejora la durabilidad y mantenimiento (Agredo, Sarmiento y Viviescas, 2016). Uno de los métodos de preesforzado es el postensado, este método consiste en colocar un cable o tendón o un grupo de cables (torones) de acero por el medio de la viga luego de que el concreto haya fraguado para después mediante el uso de una gata estirar el cable y por último anclar el cable a la viga, por un ducto se le puede echar mortero a los cables y así crear adherencia perfecta con la viga (Quintanilla, 2016, p. 3).



*Figura 5.* Puente de concreto armado postensado en Namibe-Angola.



*Figura 6.* Vista inferior del puente de concreto armado postensado en Namibe.



*Figura 7. Torones.*



*Figura 8. Distribución de torones en la viga.*



*Figura 9. Torones anclados en la viga.*



Las cargas en los puentes se pueden dividir en 3 grandes grupos, el primer gran grupo son las cargas permanentes que son las que están presente a lo largo de la vida útil de la estructura sin tener una variación importante o que varían en una sola dirección, en este grupo se encuentran el peso propio de los elementos estructurales y cargas muertas, el siguiente gran grupo son las cargas transitorias o variables que son las que tiene variaciones frecuentes los cuales incluyen los pesos vehiculares, peatonales, fuerzas centrifugas, fuerzas de frenado y demás fuerzas dinámicas y cargas excepcionales, y el último gran grupo son las cargas excepcionales las cuales tienen poca probabilidad de suceso, tales como explosiones, colisiones o incendios (Manual de puentes, 2018, p. 88).

**Tabla 2.** Cargas en puentes

<b>CARGAS EN PUENTES</b>	<b>CARGAS PERMANENTES</b>	Peso propio de los componentes estructurales y no estructurales (DC)
		Peso propio de la superficie de rodadura (DW)
		Empuje de tierra vertical (EV)
		Empuje de tierra horizontal (EH)
		Sobre carga de tierras (ES)
		Fricción negativa (DD)
		Cargas encerradas en la estructura (EL)
	<b>CARGAS TRANSITORIAS</b>	Carga viva vehicular (LL)
		Carga viva peatonal (PL)
		Carga de frenado (BR)
		Carga de viento en la estructura (WS)
		Cargas centrifugas (CE)
		Gradiente de temperatura (TG)
	Etc...	
	<b>CARGAS EXCEPCIONALES</b>	Incendios
		Explosiones
		Colisiones

Fuente: Elaboración propia.

La deflexión es un parámetro importante para la evaluación de seguridad de un puente, este se produce debido a los efectos resultantes debido a las cargas en toda la sección de la viga la cual sufre el desplazamiento vertical la cual debe ser permanentemente monitoreado (Shuangrui y Quansheng,2015). Calcular las deflexiones son muy importantes para el óptimo desempeño estructural, para solucionar problemas

hiperestáticos y verificar la resistencia, los métodos generalmente usados para calcular las deflexiones son: el de superposición, el de doble integración y el de áreas (Mayori, 2014, p. 190).

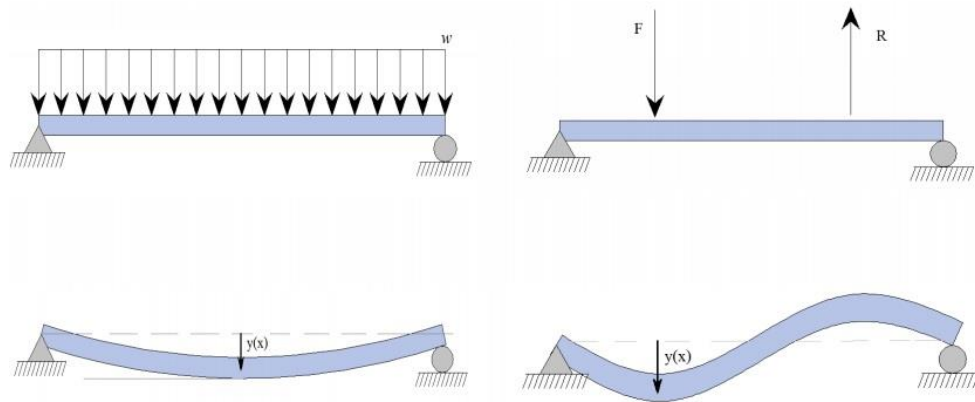


Figura 10. Deflexión en vigas.

En el método de la doble integración suponemos que las deflexiones generadas por las cargas son pequeñas y que el segmento diferencial curvo se considera como arco de círculo con radio  $\rho$  (Mayori, 2014, p. 190).

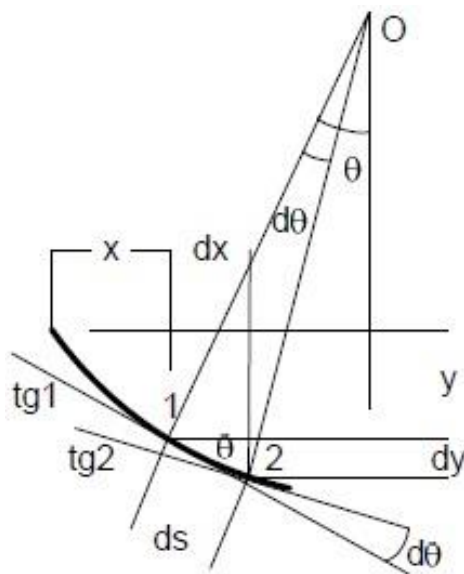


Figura 11. Segmento curvo de una viga.

De la figura 11:  $dx \approx ds = \rho d\theta$

$$\operatorname{tg}(\theta) \approx \theta = \frac{dy}{dx}$$

De ambas:  $\frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2}$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$$

Finalmente:  $-\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}$

En las vigas simplemente apoyadas podemos encontrar fórmulas establecidas, las cuales dependen del tipo de carga que lleven.

**Tabla 3. Fórmulas para vigas simplemente apoyadas**

	$R_1 = P/2$ $R_2 = P/2$ $M = Px/2$ $Q = P/2$	$EIy = \frac{Px}{12} \left( \frac{3}{4}l^2 - x^2 \right)$ $EI\theta = \frac{P}{4} \left( \frac{l^2}{4} - x^2 \right)$	$EIy_{\max} = \frac{Pl^3}{48}$ $EI\theta_1 = EI\theta_2 = \frac{Pl^2}{16}$
	$R_1 = Pb/l$ $R_2 = Pa/l$ $M_a = Pbx/l$ $M_b = Pa(l-x)/l$ $Q_a = Pb/l$ $Q_b = -Pa/l$	$EIy_a = \frac{Pbx}{6l} (l^2 - x^2 - b^2)$ $EIy_b = \frac{Pb}{6l} \left[ \frac{l}{b} (x-a)^3 + (l^2 - b^2)x - x^3 \right]$ $EI\theta_a = \frac{Pb}{6} \left( l - \frac{3x^2}{l} - \frac{b^2}{l} \right)$ $EI\theta_b = \frac{Pb}{6l} \left[ \frac{3l}{b} (x-a)^2 + (l^2 - b^2) - 3x^2 \right]$	$EIy_{\max} = \frac{Pb(l^2 - b^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}l}$ en $x = \sqrt{(l^2 - b^2)/3}$ $EI\theta_1 = \frac{Pb(l^2 - b^2)}{6l}$ $EI\theta_2 = \frac{Pa(l^2 - a^2)}{6l}$
	$R_1 = R_2 = Hl/2$ $M = \frac{Hxl}{2} \left( 1 - \frac{x}{l} \right)$ $Q = H \left( \frac{l}{2} - x \right)$	$EIy = \frac{Hx}{24} (l^3 - 2lx^2 + x^3)$ $EI\theta = \frac{H}{24} (l^3 - 6lx^2 + 4x^3)$	$EIy_{\max} = \frac{5Hl^4}{384}$ $EI\theta_1 = EI\theta_2 = \frac{Hl^3}{24}$
	$R_1 = Hl/6$ $R_2 = Hl/3$ $M = \frac{Hxl}{6} \left( 1 - \frac{x^2}{l^2} \right)$ $Q = \frac{Hl}{6} \left( 1 - \frac{3x^2}{l^2} \right)$	$EIy = \frac{Hx}{360l} (7l^4 - 10l^2x^2 + 3x^4)$ $EI\theta = \frac{H}{360l} (7l^3 - 30lx^2 + 15x^4)$	$EIy_{\max} = \frac{5Hl^4}{384}$ $EI\theta_1 = \frac{7Hl^4}{360}$ $EI\theta_2 = \frac{8Hl^4}{360}$

Fuente: Resistencia de materiales aplicada.

Las fuerzas cortantes que se producen por las fuerzas externas verticales que actúan en la viga (Díaz, Larrúa, Wainshtok y Mackchaser, 2021). El momento flector es

generado por cargas externas generadas en un punto a una cierta distancia que tienden a doblar la viga (Alva, Lacerda y Silva, 2020).

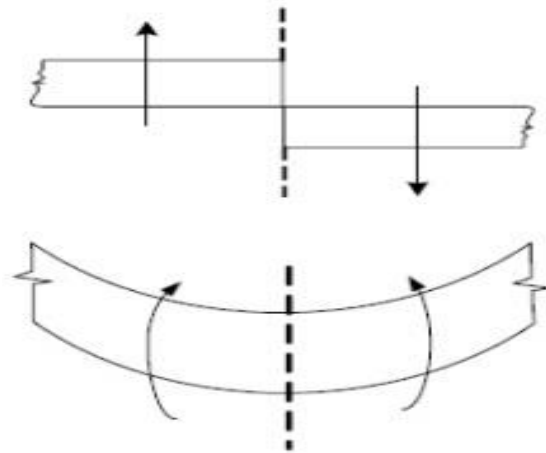


Figura 12. Fuerza cortante y momento flector en una viga.

Los métodos más usados para el cálculo del momento flector y de la fuerza cortante son el método de Cálculo Estático: en este método se hace un corte imaginario a la viga para calcular momento y flector por ecuaciones estáticas y el método Cálculo por Integración: en este método se calcula la fuerza cortante integrando una vez la función de la carga y el momento flector integrando dos veces la función de la carga, estas generan constantes las cuales se hallaran usando condiciones de borde (Mayori, 2014, p. 139).

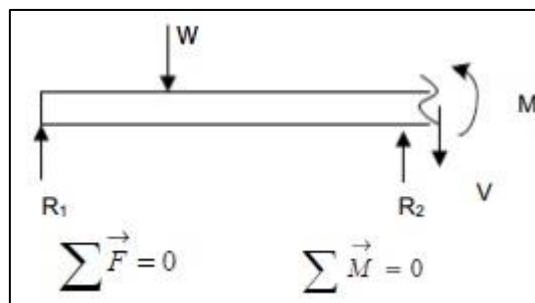


Figura 13. Método de cálculo estático.

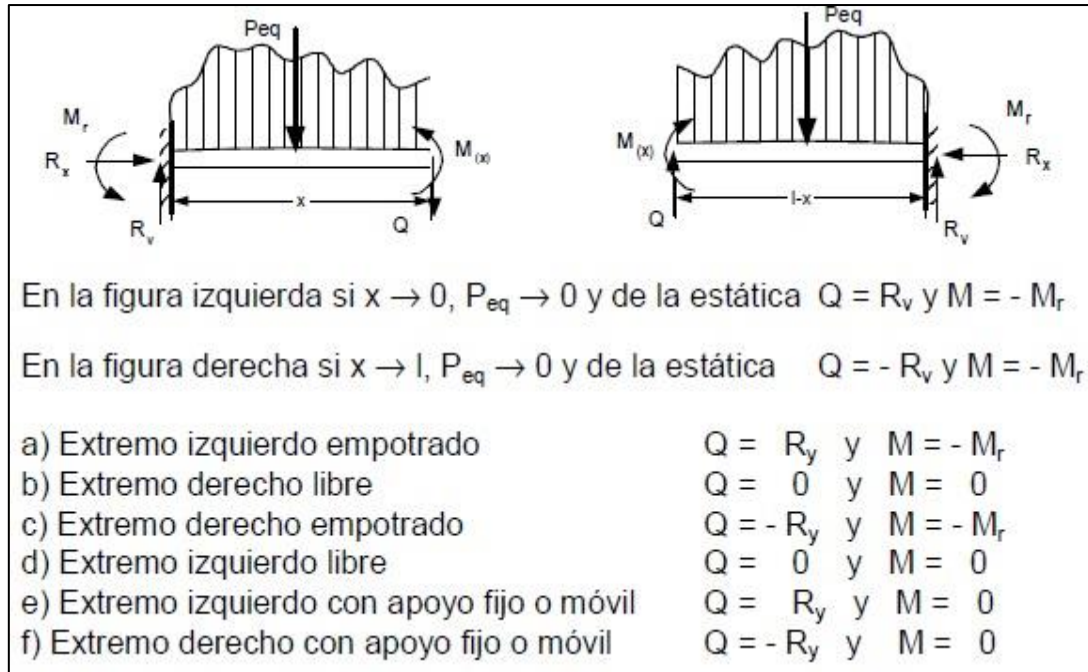


Figura 14. Método de cálculo por integración.

La frecuencia es generada en los puentes debido a las vibraciones de las cargas transitorias, dicha frecuencia puede ser en 2 direcciones: vertical y lateral (Manual de puentes, 2018, p. 615).

En las últimas décadas se han estudiado con mayor énfasis el comportamiento dinámico de los puentes peatonales debido a que han ocurrido eventos en los cuales puentes peatonales colapsaron o fueron clausurados por un exceso de vibraciones en la dirección vertical y lateral (Sánchez, Melchor, León, 2020).

**Tabla 4.** *Valores límites de frecuencias*

REGLAMENTO	FRECUENCIA VERTICAL	FRECUENCIA HORIZONTAL
BS 5400	Mayor de 5 Hz	Mayor de 1.5 Hz
Normas Técnicas Complementarias D.F.	-	-
AASHTO	Mayor de 3 Hz	Mayor de 1.3 Hz
Eurocode	Mayor de 5 Hz	Mayor de 2.5 Hz
ISO 10137	-	-
AISC	4Hz – 8Hz	-
SETRA	Mayor de 5 Hz	Mayor de 2.5 Hz
HIVOSS	-	-

Fuente: Alternativas para mitigar excesivas vibraciones en puentes peatonales.

### **III. METODOLOGÍA**

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación que se encarga de poner en práctica teorías generales y con el propósito de resolver las necesidades de la sociedad (Viorato y Reyes, 2019).

Dicho esto, podemos asegurar que este trabajo de investigación tendrá el tipo de investigación **aplicada** pues usaremos teorías existentes sobre diseño de puentes.

El enfoque cuantitativo es aquel que tiene variables que se pueden medir ósea su información deben ser datos numéricos (Navarro, Jiménez, Rappoport y Thoilliez, 2017, p. 106).

Entonces el tipo de enfoque que usaremos es el **cuantitativo** ya que mediremos valores numéricos.

##### 3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación explicativo es dar a conocer la causa – efecto del tema a explicar de forma entendible y precisa para así justificar los argumentos y actividades realizadas (Castillo, Espinosa, Briones y Espinosa, 2018, p. 7).

Por lo antes mencionado se entiende que el nivel de investigación que se usara es el **explicativo** pues queremos explicar un fenómeno y porque ocurre.

##### 3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación experimental es aquel que manipula la variable independiente para evaluar sus efectos o reacciones sobre la variable dependiente, debemos considerar los siguientes aspectos en el diseño experimental: la manipulación, control, selección aleatoria y asignación al azar (Guevara, Verdesoto y Castro, 2020).



Por lo tanto, el diseño de investigación que se usara es el **experimental** debido a que manipularemos la variable independiente.

#### **3.1.4. Tipo de diseño de investigación**

El tipo de diseño de investigación preexperimental es aquel que manipula la variable independiente y a su vez no cuenta de un grupo de control ni tampoco medida pretest (Navarro, Jiménez, Rappoport y Thoilliez, 2017, p. 132). En muchas ocasiones la investigación preexperimental es usado con fines explorativos (Salas, 2013).

Mencionado esto se puede inferir que el tipo de diseño de investigación será **preexperimental** ya que no se cuenta con un grupo de control, pero si con un grupo de experimentación.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **3.2.1. Variables**

Las variables se encuentran en las tesis o proyectos, tienen la característica de que cuando son medidas en distintos individuos puede resultar distintos valores (Espinoza, 2019, p.5).

➤ **Variable independiente: Sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales.**

**Definición conceptual:** La superestructura es aquella sección del puente que tiene como componentes principales a las vigas y el tablero los cuales soportan las cargas de forma directa (Pinto y Torres, 2015, p. 7). Los sistemas estructurales se clasifican en tres grandes grupos que son: puentes tipo viga, suspendidos y arco (MTC, 2018, p.58).

➤ **Variable dependiente: Evaluación técnica.**

**Definición conceptual:** La evaluación técnica es indispensable en todos los proyectos de construcción pues esto determina si la construcción realizada esta debidamente elaborada, teniendo en cuenta los parámetros de construcción y con los materiales adecuados para garantizar la seguridad de la obra y así poderlos integrar las construcciones de una manera adecuada con los espacios urbanos (Beltrán, 2018, p. 100).

### **3.2.2. Operacionalización**

La operacionalización es un conjunto de procedimientos que se usan para desarrollar la medición de la variable que se está usando, a su vez se debe tener en cuenta que la operacionalización está vinculada a la técnica usada en la investigación y también a la metodología (Espinoza, 2019, p.5).

Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación con el fin de sintetizar la información anteriormente mencionada es que se realizó la matriz de operacionalización ubicada en el ANEXO 2.

## **3.3. Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1. Población**

La población es aquel conjunto general de los datos que vamos a usar y dependiendo de su tamaño la usaremos o seleccionaremos una muestra (Arias, Villasis y Miranda, 2016).

Por lo tanto, la población será todas las superestructuras de puentes peatonales con viga simplemente apoyadas de tipo sección compuesta y de concreto armado postensado en el distrito de Los Olivos.

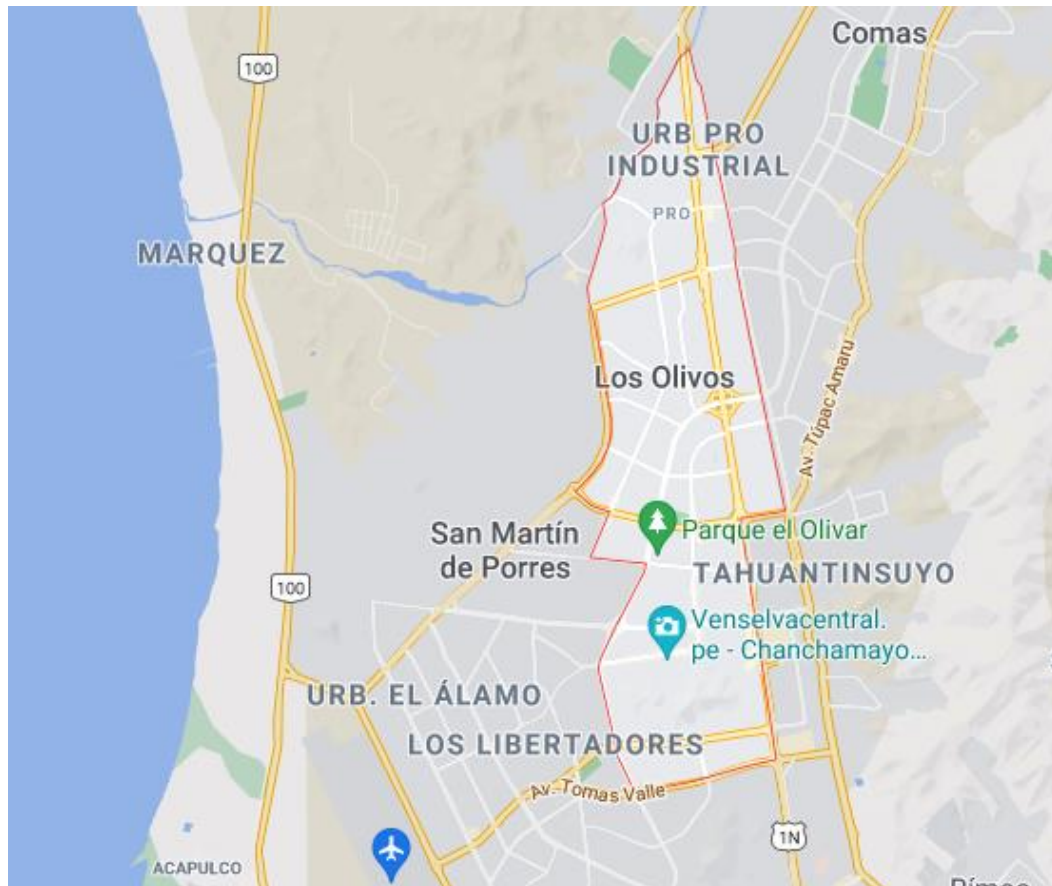


Figura 15. Mapa del distrito de Los Olivos.

### 3.3.2. Muestra

La muestra es parte de la población que se obtiene a través de un proceso de recolección de datos, la muestra a su vez es representativa (Ventura, 2017).

Dicho esto, la muestra en este trabajo de investigación será la superestructura de puente peatonal con viga simplemente apoyadas de tipo sección compuesta y de concreto armado postensado en la avenida Alfredo Mendiola 6232 ya que hay una gran demanda peatonal dado que se ubica frente a la puerta principal de la Universidad César Vallejo-sede Lima Norte.

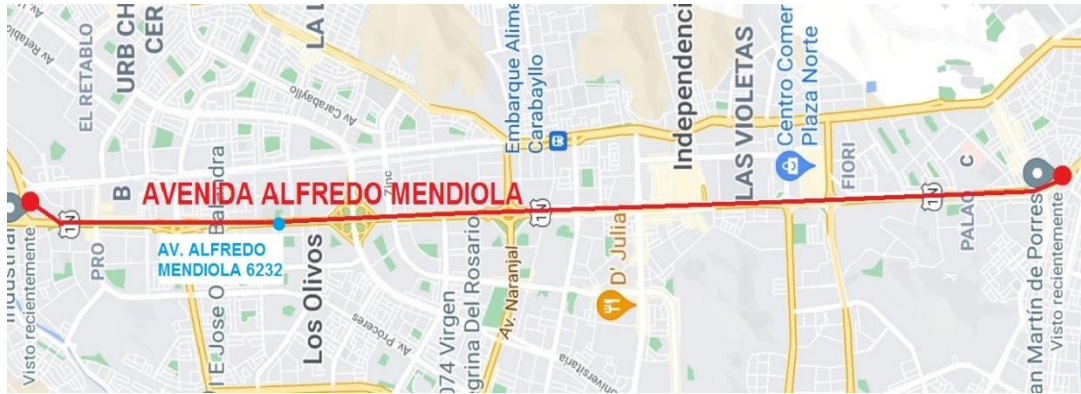


Figura 16. Ubicación de la zona donde se proyectarán las superestructuras (Av. Alfredo Mendiola 6232).

Tabla 5. Muestras

SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA LA SUPERESTRUCTURA DE PUENTES PEATONALES	TIPO DE VIGA
Puente simplemente apoyado de C.A. postensado.	Perfil AASHTO
Puente simplemente apoyado de sección compuesta con vigas metálicas.	Perfil I soldado

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Muestreo

El muestreo es un proceso por el cual es posible seleccionar las unidades que estudiaremos y que a su vez son parte de la muestra (Otzen y Manterola, 2017).

Por lo tanto, el muestreo de este proyecto de investigación será **no probabilístico por conveniencia**

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

Las técnicas son procedimientos o herramientas mediante el cual el investigador se encarga de la recopilación de datos (Piza, Amaiquema y Beltrán, 2019).

La observación directa es la técnica que usa el investigador para observar y recopilar datos, lo cual permitirá clasificar las características del sujeto observado (Navarro, 2013).

Por lo anteriormente mencionado este trabajo de investigación usara la técnica de **observación directa**.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos son recursos que usa el investigador mediante los cuales se reúne información que nos ayudara a sustentar el procedimiento del proyecto (Hernández y Avila, 2020).

Por lo tanto, los instrumentos que se usara para la recolección de datos serán las **fichas técnicas**.

**Tabla 6. Fichas técnicas**

FICHA TÉCNICA	INDICADOR	ANEXO
FICHA Nº 1	Frecuencia vertical y lateral.	ANEXO 3
FICHA Nº 2	Esfuerzos en los elementos (V, M) para cargas permanentes.	ANEXO 4
FICHA Nº 3	Deflexión máxima vertical.	ANEXO 5
FICHA Nº 4	Esfuerzos en los elementos (V, M) para cargas transitorias.	ANEXO 6

Fuente: Elaboración propia

➤ **Validez de instrumentos**

La validación es considerada un tipo de estudio, se hace la validación sobre los datos o evidencias recolectadas, uno de los tipos de validación es la validación de expertos o fase validaty la cual es realiza por expertos, los cuales se encargan de evaluar los instrumentos usados (López, Avello, Palmero, Sánchez y Quintana, 2019).

Para la validación de nuestros instrumentos que son las fichas técnicas se usara el **juicio de expertos**.

**Tabla 7. Grupo de expertos**

EXPERTOS	CÓDIGO CIP	FICHAS TÉCNICAS	CALIFICACIÓN
Sangama Suazo, Saul	181032	ANEXO 3, 4, 5, 6	0.8, 0.9, 0.9, 0.8
Llacchua Unton, Carlos	238662	ANEXO 3, 4, 5, 6	0.9, 0.95, 0.9, 0.95
Loa López, Kenyo	256185	ANEXO 3, 4, 5, 6	1.0, 1.0, 1.0, 1.0

Fuente: Elaboración propia

➤ **Confiabilidad de instrumentos**

Depende de la estabilidad de los datos obtenidos y la eliminación del riesgo de cambios entre diferentes situaciones y tiempos de aplicación, los instrumentos pueden tener diferentes niveles de complejidad y a su vez estos deben tener características que puedan afianzar la precisión de las mediciones realizadas (Posoo y Bertheau, 2020).

Para este trabajo de investigación se hará uso del software para el diseño de puentes llamado Robot Structural Analysis Professional (Robot), el cual nos brindará resultados fidedignos ya que el software cuenta con una licencia original presentada en el ANEXO 7.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento son etapas que se ordenaran en una secuencia que nos permitirá lograr nuestro propósito (Figueredo, León y Martínez, 2019).

Para este trabajo de investigación el procedimiento que se seguirá será el siguiente:

➤ **Fase 1: Geometría y predimensionamiento**

Se definirá la geometría de la superestructura y se hará el predimensionamiento correspondiente para cada sistema estructural.

➤ **Fase 2: Modelamiento y análisis del sistema 1**

Con ayuda del software Robot Structural Analysis Professional se hará un modelamiento del puente simplemente apoyado de sección compuesta con vigas metálicas.

➤ **Fase 3: Modelamiento y análisis del sistema 2**

Con ayuda del software Robot Structural Analysis Professional se hará un modelamiento del puente simplemente apoyado de concreto armado postensado.

➤ **Fase 4: Evaluación de resultados y selección**

Una vez obtenido los resultados de ambas superestructuras de puentes peatonales decidiremos cual es el que tuvo un mejor comportamiento frente a los indicadores de la variable dependiente y será seleccionado como el idóneo en este proyecto de investigación.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los métodos de análisis de datos son dos, el primero método es el estadístico descriptivo en el cual el investigador pretende obtener un resumen comprensible



basado en aspectos básicos de una serie de datos y el segundo método es la estadística inferencial el cual incorpora un grupo de técnicas más complejas y tiene como propósito realizar deducciones y presentar evidencia científica de información concreta (Flores, Miranda y Villasis, 2017).

Por lo tanto, el método de análisis de datos que usaremos en este trabajo de investigación es el **estadístico descriptivo**.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación se realizó con total honestidad y confianza, respetando los derechos de autor de los artículos, tesis y libros de otros autores que fueron citados correctamente siguiendo la norma ISO 690, comprobando la similitud con el software TURNITIN la cual no debe pasar el 25% que será presentado en el ANEXO 8 y usando el software con licencia original ubicado en el ANEXO 7, para obtener resultados fidedignos.

## **IV. RESULTADOS**

#### 4.1. Desarrollo del procedimiento

##### Fase 1: Geometría y predimensionamiento

##### Estructura existente:

Los siguientes datos mencionados a continuación son las medidas de la superestructura del puente clausurado ubicado frente a la universidad César Vallejo.

Luz total: 34 metros

Luz entre apoyos: 31.2 metros

Ancho de tablero: 1.35 metros

Peralte: 1.00 metro

Numero de apoyos: 3



*Figura 17.* Medición de la luz del puente frente a la UCV.



Figura 18. Recopilación de datos de la superestructura.

## Predimensionamiento de los

### nuevos sistemas:

Luego de haber recopilado todos los datos de la superestructura se planteó mejoras de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Luz total: 34 metros

Luz entre apoyos: 31.2 metros

Ancho de tablero: 2.8 metros

Peralte: Variable dependiendo del sistema

Numero de apoyos: 2

Se considera 2.8 metros de ancho de tablero debido a que al ser un puente que conectara la universidad César Vallejo y un paradero de buses este debe tener el ancho suficiente para satisfacer esa necesidad, a su más próximo llamado San Martín tiene un ancho de tablero de 2.8 metros por el cual hasta ahora no se ha visto problemas por culpa de la alta transitabilidad.



Figura 19. Medición del ancho de tablero del puente San Martín.

Del mismo modo se considerará 2 apoyos en el nuevo modelo del puente frente a la UCV debido a que ahora el pilar que se ubica en el medio de la avenida panamericana muestra daños producido por impacto de los vehículos que transitan, esto se debe a que el espacio que se tiene en medio de la avenida panamericana es reducido, dejando así muy expuesto este pilar central.



Figura 20. Medición del ancho de pilar central del puente frente a la UCV.



Figura 21. Daños producidos en el pilar central por impacto de los vehículos.

Para solucionar estos problemas anteriormente mencionados se propondrá 2 sistemas estructurales para la superestructura del puente peatonal frente a la UCV, los cuales son el sistema 1 es el puente de concreto armado postensado de perfil AASHTO y el sistema 2 es el puente sección compuesta de perfil I soldado, los cuales serán debidamente modelados con el programa Robot y teniendo en cuenta la normativa vigente que es el Manual de puentes 2018, se usaron estos sistemas ya que al encontrarnos en una vía tan concurrida como la Panamericana norte no se puede cerrar la vía para trabajar in situ, por lo anteriormente dicho es que se usara estos sistemas prefabricados pues al contar con un amplio terreno al lado de nuestra ubicación podremos trabajar sin problemas la viga prefabricada y posteriormente izarla.

### **Sistema 1: Concreto armado postensado**

La sección usada para este sistema es un perfil AASHTO con un  $f'c$  de 35 MPa o con  $350 \text{ kg/cm}^2$ , se usó este perfil ya que al poder trabajarse de manera prefabricada pueden ser elaborados en un lugar diferente al de la obra, evitando así el cierre de vías y a su vez puede cubrir la luz que se requiere para esta superestructura. Se dibujo el modelo de perfil AASHTO tipo IV en el

programa AutoCAD con sus medidas correspondientes que posteriormente serán exportados a el programa Robot. Para su exportación al programa Robot se hará coincidir el centroide la sección transversal con las coordenadas 0,0 y se usaran una serie de comandos siendo la más importante el comando “explode” ya que descompone las polilíneas y de esta manera permite el ingreso de la sección al programa Robot.

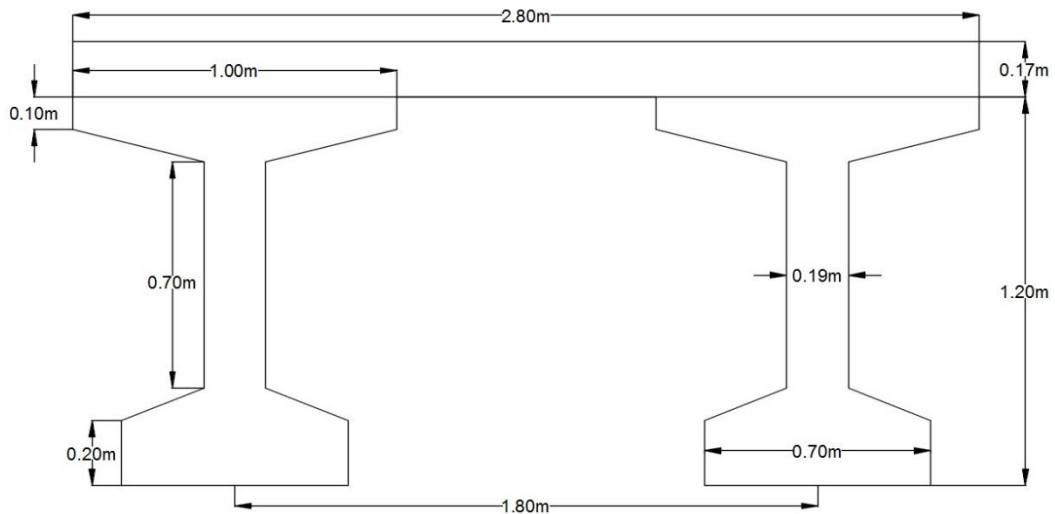


Figura 22. Geometría del perfil AASHTO.

```

Designe objetos:
-----
REGIONES
-----
Área: 14299.9759
Perímetro: 1210.4262
Cuadro delimitador: X: -139.9998 -- 140.0002
Y: -83.2349 -- 53.7651
Centro de gravedad: X: 0.0000
Y: 0.0000
Momentos de inercia: X: 32740647.6735
Y: 111971048.7008
Producto de inercia: XY: 148.5295
Radios de giro: X: 47.8493
Y: 88.4882
    
```

Figura 23. Características del perfil AASHTO.

Del mismo modo se usó AutoCAD para graficar la luz del puente y los apoyos, en este sistema se usará el apoyo de neopreno

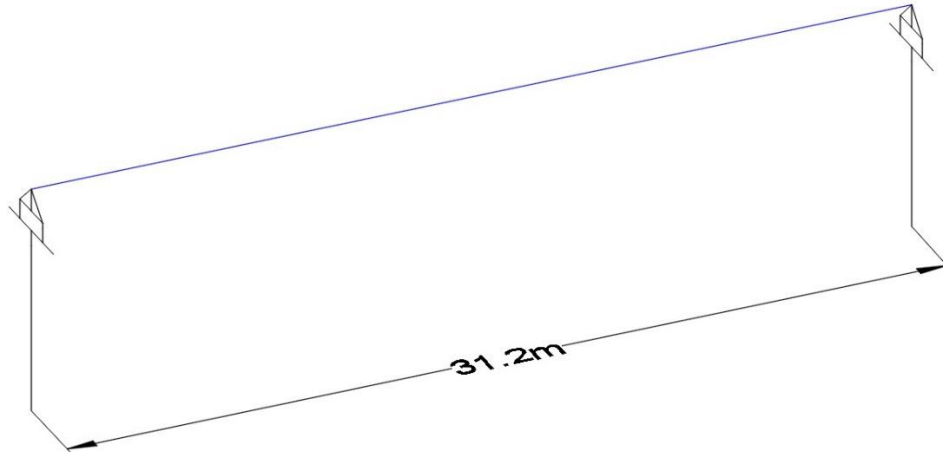


Figura 24. Dibujo en AutoCAD del contorno del puente.

Posteriormente se realizó el cálculo del postensado:

Materiales

Concreto en viga ( $f'c$  viga): 35 MPa

Módulo de elasticidad de la viga ( $E_c$  viga): 28397.18 MPa

Concreto en losa ( $f'c$  losa): 28 MPa

Módulo de elasticidad de la losa ( $E_c$  losa): 25399.21 MPa

Acero pasivo: PDR 60

$F_y$  de acero pasivo: 420 MPa

Acero activo o de preesfuerzo: grado 270

$F_{pu}$  de acero activo: 1860 MPa

$F_{py}$  de acero activo: 1674 MPa

$P_s$  de acero:  $7850 \text{ kg}/\text{m}^3$

Peso específico del acero ( $\gamma_s$ ):  $P_s \cdot g = 76.98 \text{ kN}/\text{m}^3$

Peso específico del concreto ( $\gamma_c$ ):  $24 \text{ kN}/\text{m}^3$

Módulo de elasticidad del torón ( $E$  torón): 197000 MPa

Humedad: 70 %



### Datos de geometría:

Ancho de patín superior: 1 m

Altura de patín superior: 0.1 m

Altura de transición superior: 0.1 m

Espesor de alma: 0.19 m

Altura de transición inferior: 0.1 m

Altura de patín inferior: 0.2 m

Ancho de patín inferior: 0.7 m

Altura tira de viga simple: 1.2 m

El postensado será realizado en 2 fases:

- Fase 1 (F1), primer tensado de sección simple: Se realizará a los 14 días.
- Fase 2 (F2), segundo tensado de sección compuesta: Se realizará a los 50 días.

### Datos de geometría de sección transversal tablero:

Ancho de tablero: 2.8 m

Numero de vigas: 2

Separación entre ejes: 1.8 m

Espesor de la losa: 0.15 m

### Cálculo de Mu

$W_{pl} = 2.8m \times 90psf = 12.066 \text{ kN/m}$

$L_{puente} = 31.2m$

$Mu = \frac{W_{pl} \times L_{puente}}{8} = 1.468 \times 10^3 \text{ kN.m}$

### Cálculo de postensado:

Coeficiente de fricción angular ( $\mu$ ): 0.2

Coeficiente de fricción lineal (k): 0.0033/m

**TABLA 8. Datos de postensado**

Numero de cables o familias	Numero de torones por cable	Área torón (mm <sup>2</sup> )	Fuerza de tensionamiento (kN)	Tipo de tensionamiento
Cable 1	12	140	2400	MM
Cable 2	12	140	2400	MM

Fuente: Elaboración propia

MM (móvil, móvil): Se tensiona por los dos extremos, uno a la vez.

La relajación en ambas familias se considera de 6.74 mm por metro.

Verificación de fuerza de tensado para la fase 1= 14 días

Límite de compresión para F1:  $0.6 \times f'c \text{ viga} = 19.94 \text{ MPa}$

Límite de tensión para F1:  $-0.24 \times \sqrt{\frac{f'c \text{ viga}}{\text{ksi}}} \times \text{ksi} = -3.63 \text{ MPa}$

Máxima compresión para F1: 13.92 MPa

Máxima tensión para F1: 4.68 MPa

Entonces

- Límite de compresión para F1  $\geq$  máxima compresión para F1 “CUMPLE”
- Límite de tensión para F1  $\leq$  máxima tensión para F1 “CUMPLE”

Verificación de fuerza de tensado para la fase 2= 50 días

Límite de compresión para F2:  $0.6 \times f'c \text{ viga} = 21.67 \text{ MPa}$

Límite de tensión para F2:  $-0.24 \times \sqrt{\frac{f'c \text{ viga}}{\text{ksi}}} \times \text{ksi} = -3.79 \text{ MPa}$

Máxima compresión para F2: 11.04 MPa

Máxima tensión para F2: 6.71 MPa

Entonces:

- Límite de compresión para F2  $\geq$  máxima compresión para F2 “CUMPLE”
- Límite de tensión para F2  $\leq$  máxima tensión para F2 “CUMPLE”

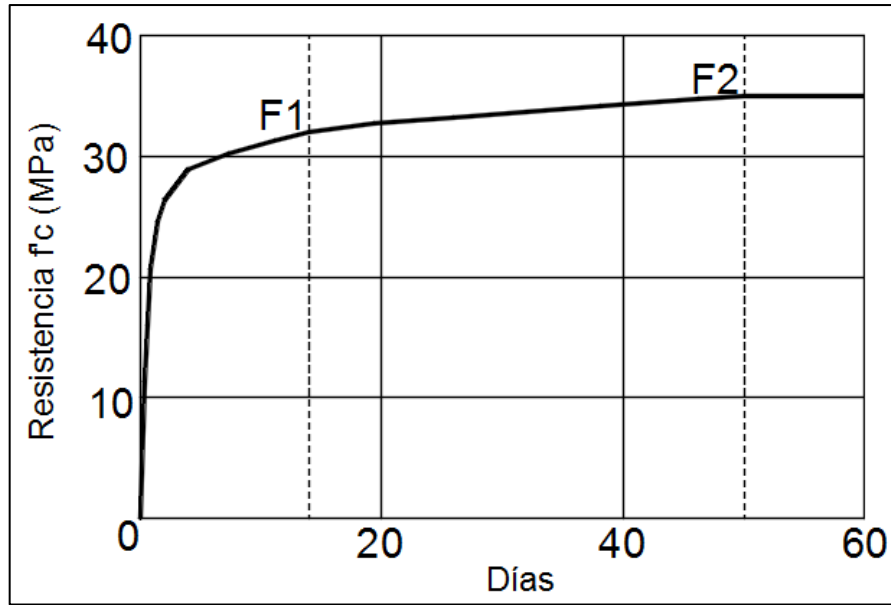


Figura 25. Curva de endurecimiento del concreto.

Verificación de fuerza de tensado para la ELS sin carga viva

Límite de compresión:  $0.45 \times f'c \text{ viga} = 16.39 \text{ MPa}$

Límite de tensión:  $- \text{tipo de ambiente} \times \sqrt{\frac{f'c \text{ viga}}{\text{ksi}}} \times \text{ksi} = -1.5 \text{ MPa}$

Máxima compresión: 13.05 MPa

Máxima tensión: 3.53 MPa

Entonces:

- Límite de compresión para ELS sin carga viva  $\geq$  máxima compresión “CUMPLE”
- Límite de tensión para ELS sin carga viva  $\leq$  máxima tensión “CUMPLE”

Verificación de fuerza de tensado para la ELS puente lleno (compresión)

Límite de compresión:  $0.60 \times f'c \text{ viga} = 23.64 \text{ MPa}$

Máxima compresión: 14.73 MPa

Entonces:

- Límite de compresión para ELS puente lleno (compresión)  $\leq$  máxima compresión “CUMPLE”

### Verificación de fuerza de tensado para la ELS puente lleno (tensión)

$$\text{Límite de tensión: } -\text{tipo de ambiente} \left( \sqrt{\frac{f'_{cviga}}{ksi}} \times ksi \right) = -1.56 \text{ MPa}$$

Máxima tensión: 0.13 MPa

Entonces:

- Máxima tensión (compresión)  $\leq$  Límite de tensión para ELS puente lleno “CUMPLE”

Acomodamiento de la cuña de anclaje: 6mm

Todo proceso de postensado es el proceso de colocar cables o torones en el interior de una viga a través de un ducto para después esperar a que la viga fragüe o que llegue hasta el 80% de su  $f'_c$  efectivo y posteriormente tensar los cables o torones con una gata hidráulica hasta llegar a la fuerza de postensado establecida.

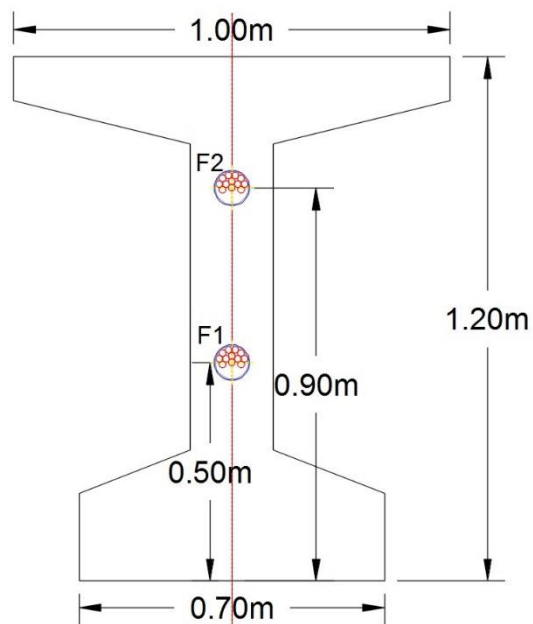


Figura 26. Vista frontal de la viga postensada.

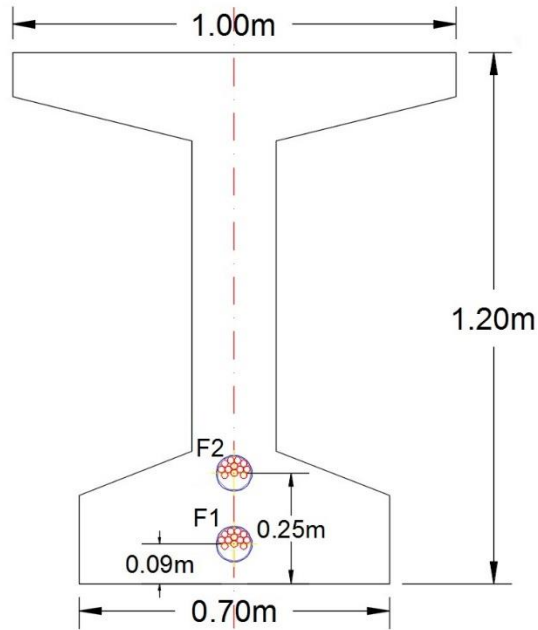


Figura 27. Corte en el centro de la viga postensada.

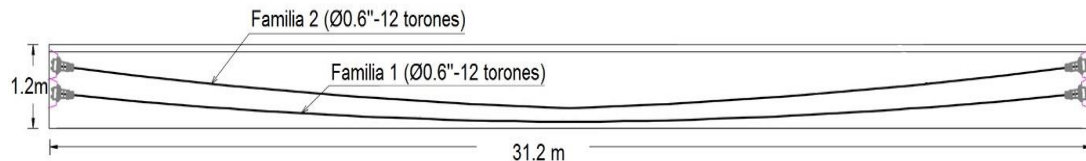


Figura 28. Distribución del torón dentro de la viga postensada.

## **Sistema 2: Sección compuesta con vigas metálicas**

La sección usada para este sistema es una viga metálica de una sola pieza armada de platinas o también conocidos como “built up beams”, el acero que se emplea es un acero A709-grado 50. Para la losa de concreto que irá sobre las vigas metálicas se usó una losa con  $f'c$  de  $280 \text{ kg/cm}^2$ . La viga metálica al tener un catálogo muy grande es preferible diseñarla uno mismo y así optimizar la geometría. Teniendo en cuenta la norma “manual de puentes 2018” se realizó el cálculo de los datos necesarios para posteriormente modelar este sistema en el programa Robot.

### **Parámetros de materiales:**

Resistencia a la rotura del concreto a los 28 días ( $f'c$ )= 28MPa

Esfuerzo de fluencia del acero ( $F_y$ )= 50ksi

Peso específico del concreto ( $\gamma_{con}$ ) =  $24 \text{ kN/m}^3$

Módulo de elasticidad del acero ( $E_s$ ) =  $200 \text{ GPa}$

Peso específico del acero ( $\gamma_s$ ) =  $0.49 \text{ kcf}$

Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ ) =  $120000 K_1 W^{2.0} f'_c{}^{0.33} = 30668.359 \text{ MPa}$

### Geometría de la sección:

Longitud de la viga ( $L_{viga}$ ) =  $31.2 \text{ m}$

Separación entre vigas ( $S_{viga}$ ) =  $1.8 \text{ m}$

Ancho del tablero ( $b_{tablero}$ ) =  $2.8 \text{ m}$

Ancho de patín efectivo ( $b_e$ ) =  $\frac{b_{tablero}}{2} = 1.4 \text{ m}$

Carga peatonal ( $w_{PL}$ ) =  $90 \text{ psf}$

### Dimensiones del perfil metálico

Altura del perfil metálico ( $d$ ) =  $1 \text{ m}$

Ancho de dobléz ( $k$ ) =  $1.33 \text{ in}$

Espesor del ala o patín ( $t_f$ ) =  $1 \text{ in}$

Espesor del alma ( $t_w$ ) =  $\frac{3}{4} \text{ in}$

Ancho del ala ( $b_f$ ) =  $50 \text{ cm}$

Altura de alma ( $h_w$ ) =  $d - 2t_f = 94.92 \text{ cm}$

### Propiedades del perfil metálico

Área de la sección transversal ( $A_g$ ) =  $2t_f \times b_f + t_w \times h_w = 0.043 \text{ m}^2$

Centro de gravedad de la viga ( $\gamma_{cg}$ ) =  $d/2 = 0.5 \text{ m}$

Módulo de ala ( $Z_{ala}$ ) =  $t_f \times b_f \left( \frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right) = 6188.71 \text{ cm}^3$

Módulo de alma ( $Z_{alma}$ ) =  $\left( \frac{t_w \times h_w}{2} \times \frac{h_w}{2} \right) = 4290.92 \text{ cm}^3$

Módulo plástico ( $Z_x$ ) =  $2(Z_{ala} + Z_{alma}) = 20959.261 \text{ cm}^3$

Espesor de losa ( $t_{losa}$ ) =  $15 \text{ cm}$

Altura del bloque en compresión ( $a$ ) =  $\frac{A_g \times F_y}{0.85 \times f'_c \times b_e} = 17.712 \text{ in}$

### Cargas por viga

$$W_{\text{viga}} = \gamma_s \times A_g = 3.347 \text{ kN/m}$$

$$W_{\text{PPlosa}} = \gamma_{\text{con}} \times \frac{t_{\text{losa}} \times b_{\text{tablero}}}{2} = 5.04 \text{ kN/m}$$

$$W_{\text{baranda}} = 50 \text{ kgf/m}$$

$$W_{\text{DC}} = W_{\text{viga}} + W_{\text{PPlosa}} + W_{\text{baranda}} = 8.877 \text{ kN/m}$$

$$W_{\text{PL}} = w_{\text{PL}} \times \frac{b_{\text{tablero}}}{2} = 6.033 \text{ kN/m}$$

$$w_{\text{PLcons}} = 0.49 \text{ kPa}$$

$$W_{\text{PLcons}} = w_{\text{PL}} \times \frac{b_{\text{tablero}}}{2} = 0.686 \text{ kN/m}$$

### Revisión en sección simple

$$W_{\text{DCcons}} = W_{\text{viga}} + W_{\text{PPlosa}} = 8.387 \text{ kN/m}$$

$$\text{Carga última en construcción (} W_{\text{ucons}}) = 1.0 W_{\text{DCcons}} + 1.0 W_{\text{PLcons}} = 9.073 \text{ kN/m}$$

$$\text{Momento último en construcción (} M_{\text{ucons}}) = W_{\text{ucons}} \times \frac{L_{\text{viga}}^2}{8} = 1103.997 \text{ kN.m}$$

$$\text{Esfuerzo en el acero en sección última (} \sigma_{\text{u.cons}}) = 74.69 \text{ MPa}$$

✓  $\sigma_{\text{u.cons}} > F_y$  entonces "CUMPLE"

### Revisión en sección compuesta

$$b_{\text{e.transf}} = b_{\text{e}} \times \frac{1}{n} = 0.2 \text{ m}$$

$$y_{\text{cg.transf}} = \frac{A_g \times \frac{d}{2} + b_{\text{e.transf}} \times t_{\text{losa}} \times \left(\frac{t_{\text{losa}}}{2} + d\right)}{A_g + b_{\text{e.transf}} \times t_{\text{losa}}} = 0.735 \text{ m}$$

$$I_{\text{xxtransf}} = 0.013 \text{ m}^4$$

$$W_{\text{u}} = 1.75 W_{\text{PL}} + 1.4 W_{\text{baranda}} = 11.244 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{u}} = W_{\text{u}} \times \frac{L_{\text{viga}}^2}{8} = 1368.178 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_{\text{viga\_top}} = \frac{M_{\text{u}} \times (d - y_{\text{cg.transf}})}{I_{\text{xxtransf}}} = 27.253 \text{ MPa (compresión)}$$

$$\sigma_{\text{viga\_bot}} = \frac{M_{\text{u}} \times (y_{\text{cg.transf}})}{I_{\text{xxtransf}}} = 75.493 \text{ MPa (tracción)}$$

$$\sigma_{\text{viga\_top\_losa}} = \frac{M_{\text{u}} \times (t_{\text{losa}} + d - y_{\text{cg.transf}})}{I_{\text{xxtransf}}} \times \frac{1}{n} = 6.095 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{viga\_bot\_final}} = \sigma_{\text{viga\_bot}} + \sigma_{\text{u.cons}} = 150.183 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{viga\_top\_final}} = \sigma_{\text{viga\_top}} + \sigma_{\text{u.cons}} = 101.943 \text{ MPa}$$

Capacidad de compression del concreto ( $\sigma_{\text{res}}$ ) =  $0.9 f'c = 25.2 \text{ MPa}$

- ✓ Chequeo losa compuesta =  $\sigma_{\text{viga\_top\_losa}} < \sigma_{\text{res}}$ , entonces "CUMPLE"
- ✓ Chequeo sección comp.bottom =  $\sigma_{\text{viga\_bot\_final}} < F_y$ , entonces "CUMPLE"
- ✓ Chequeo sección comp.top =  $\sigma_{\text{viga\_top\_final}} < F_y$ , entonces "CUMPLE"

**Tabla 9. Capacidad de trabajo.**

CHEQUEOS	Calculo	RESULTADO
Losa compuesta	$\sigma_{\text{res}} / \sigma_{\text{viga\_top\_losa}}$	4.135
Sección compuesta Bottom	$F_y / \sigma_{\text{viga\_bot\_final}}$	2.295
Sección compuesta Top	$F_y / \sigma_{\text{viga\_top\_final}}$	3.382

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haberse realizado los chequeos necesarios, podemos decir que la geometría de la sección compuesta cumple, pero según la tabla 8 se observa que la losa compuesta trabaja a 4.135 veces de lo requerido, la sección compuesta Bottom trabaja a 2.295 veces lo requerido y la sección compuesta Top trabaja a 3.382 veces lo requerido.

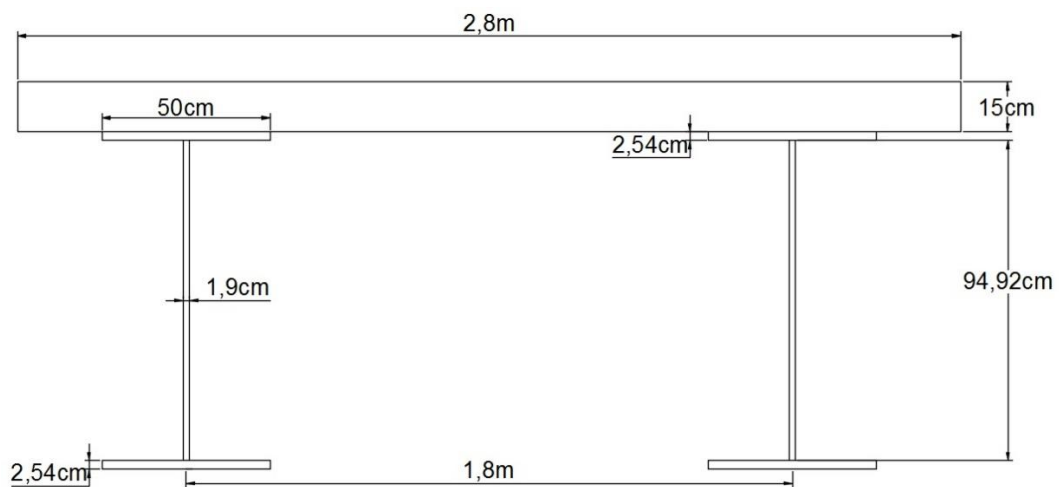


Figura 29. Geometría de la sección compuesta.



```

Diseñe objetos:
----- REGIONES -----
Área:                4200.0000
Perímetro:           590.0000
Cuadro delimitador:  X: -140.0000 -- 140.0000
                    Y: -7.5000 -- 7.5000
Centro de gravedad:  X: 0.0000
                    Y: 0.0000
Momentos de inercia: X: 78750.0000
                    Y: 27440000.0000
Producto de inercia: XY: 0.0000
Radios de giro:     X: 4.3301
                    Y: 80.8290
Momentos principales y direcciones X-Y alrededor del centro de gravedad:
I: 78750.0000 a lo largo de [1.0000 0.0000]
J: 27440000.0000 a lo largo de [0.0000 1.0000]

```

Figura 30. Características de la sección compuesta.

## Fase 2: Modelamiento y análisis del sistema 1

### Ingreso de la geometría:

En el programa Robot Structural Analysis Professional se importó la sección transversal del perfil AASHTO y el dibujo del puente que se realizaron en AutoCAD, para posteriormente indicarle al programa que el tipo de concreto será “concreto 5”, en la ventana “Results” se activan todas las casillas de cálculos adicionales que son: torsional constante, cortante de área, cortante de factores rígidos y módulo de sección plástica los cuales le dice al programa que calcule todas las propiedades de la sección transversal, finalizando esos pasos podemos terminar con la creación de la nueva sección transversal.

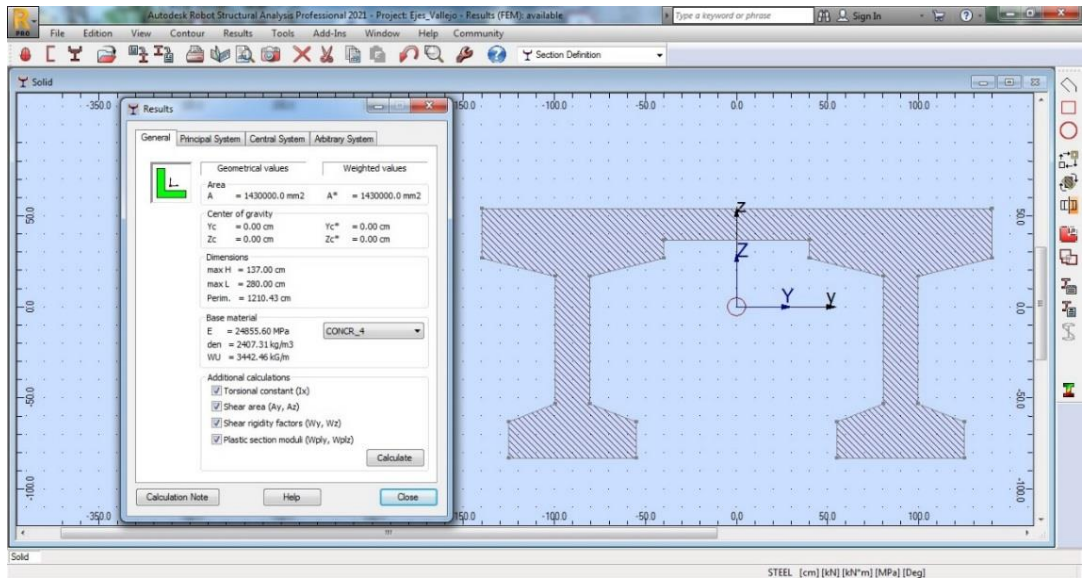


Figura 31. Sección transversal del perfil AASHTO en Robot.

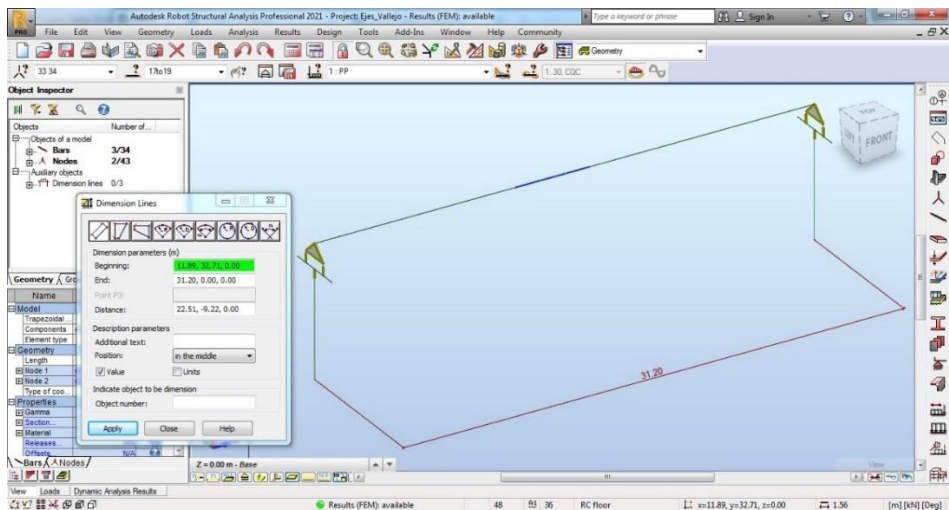


Figura 32. Modelo del puente importado al Software Robot.

Finalmente asignamos la sección transversal creada al elemento "shell" entre apoyos y tendríamos finalizado nuestro modelo de viga AASHTO.

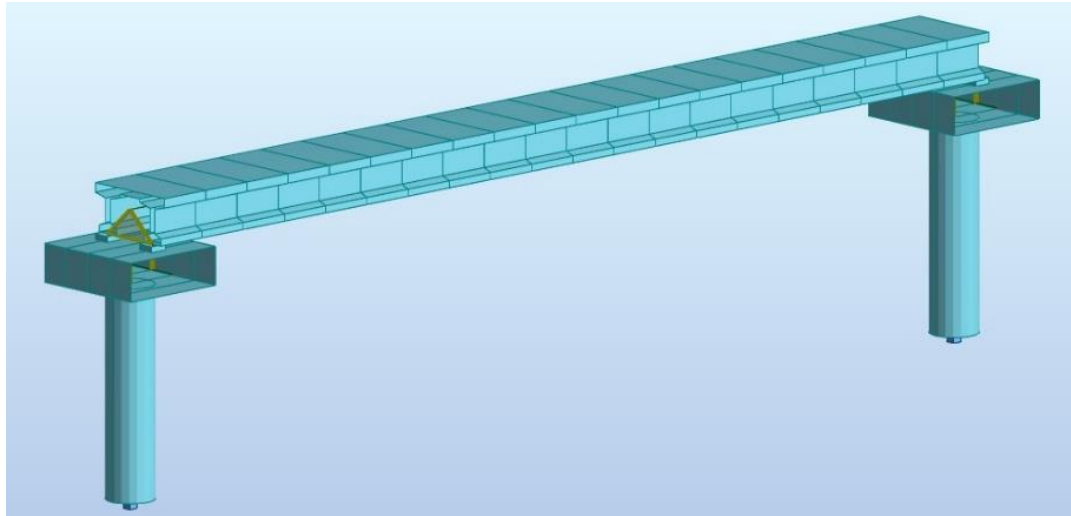


Figura 33. Modelo del sistema 1.

### **Ingreso de cargas:**

Al modelo creado se le añadió las cargas tales como:

Carga uniformemente repartida peatonal (PL): 90 psf

La cual al ser multiplicada por el ancho de tablero que es 2.8 m no resulta:

$$W_{PL} = 12.1 \text{ kN/m}$$

A su vez el peso estándar de la baranda será:

$$W_{bar} = 0.49 \text{ kN/m}$$

Para calcular los indicadores que se propuso el manual de puentes nos dice que debemos evaluar el puente con diferentes cargas como Peso Propio (PP), Carga Muerta (CM), Carga peatonal (PL) y combinaciones de cargas tales como Estado Limite de Resistencia 1 (ELR1) y Estado Limite de Servicio 1 (ELS1), las cuales serán debidamente creadas y procesados en el software Robot.

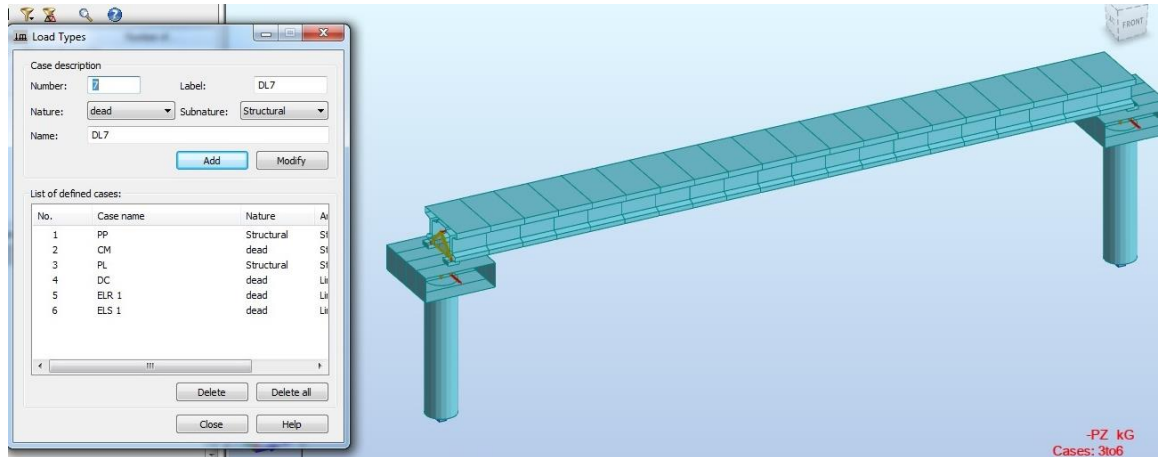


Figura 34. Cargas usadas para el modelamiento del sistema 1.

### **Procesar el sistema y calcular los indicadores**

Finalmente se procesa el modelo con las cargas siguiendo el manual de puente del 2017 que es nuestra norma vigente y se obtiene los resultados de los indicadores.

La deflexión se realizó con la carga viva PL la cual nos dio como resultado 18.3 mm la cual deberá cumplir el criterio que nos dice la norma el cual es:

$$Deflexion\ en\ viga < \frac{L}{1000}$$

$$18.3\ mm < \frac{31.2\ m}{1000}$$

$$18.3\ mm < 31.2\ mm$$

Siendo L la luz entre apoyos y L/1000 el criterio que nos da el manual de puentes, al ser comprobado este criterio se puede decir que la superestructura cumple con el criterio de deflexión.

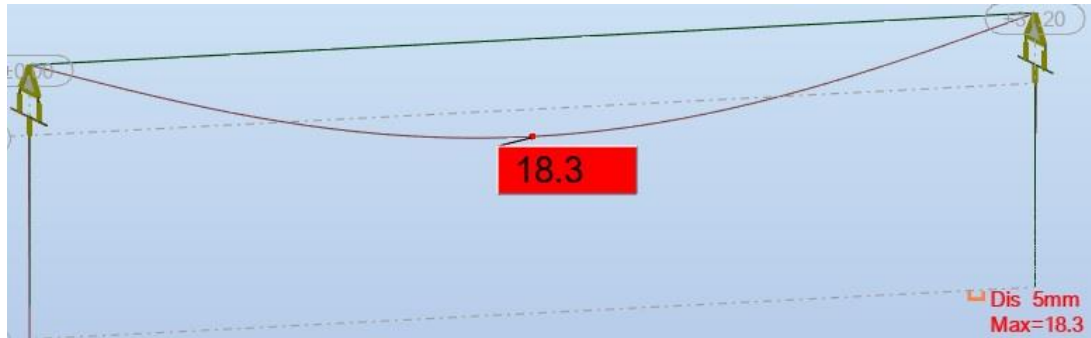


Figura 35. Cálculo de la deflexión en el sistema 1.

Posteriormente se calcularon los momentos y cortantes de los criterios de carga DC y PL.

Cortante para el caso DC es 565.34 kN

Momento para el caso DC es 4384.64 kN.m.

Cortante para el caso PL es 188.76 kN

Momento para el caso PL es 1463.96 kN.m.

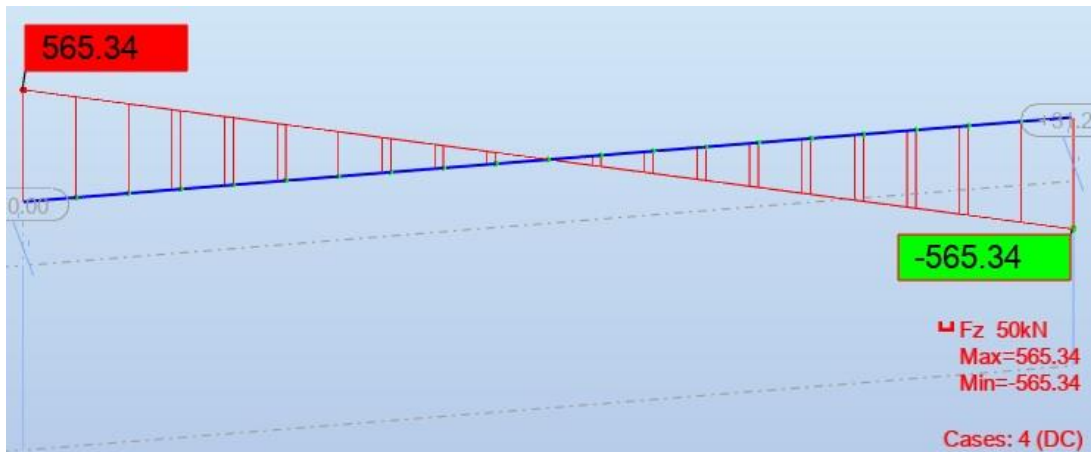


Figura 36. Cálculo del cortante por DC en el sistema 1.

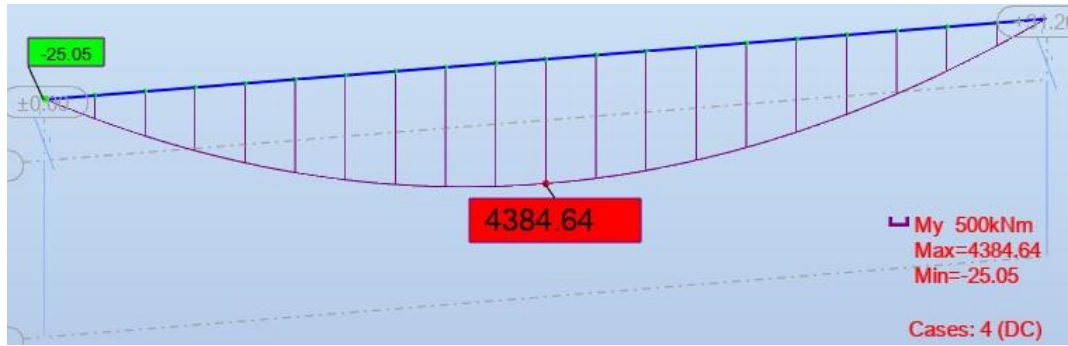


Figura 37. Cálculo del momento por DC en el sistema 1.

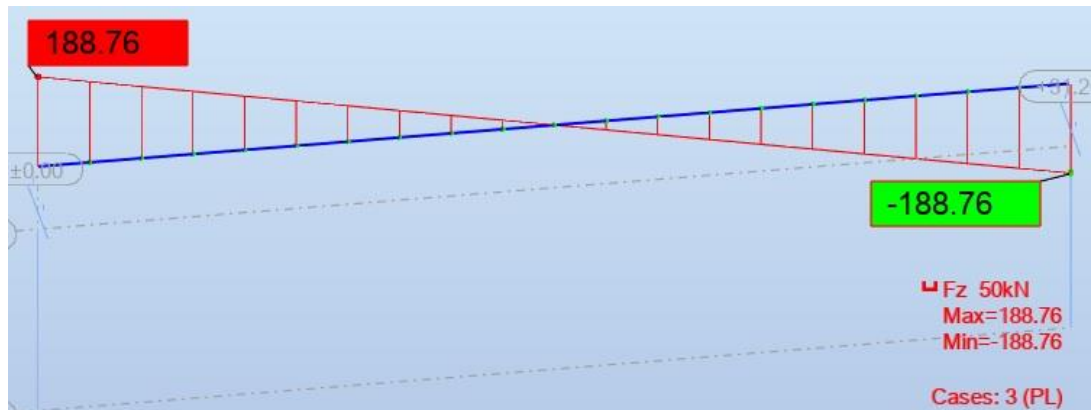


Figura 38. Cálculo del cortante por PL en el sistema 1.

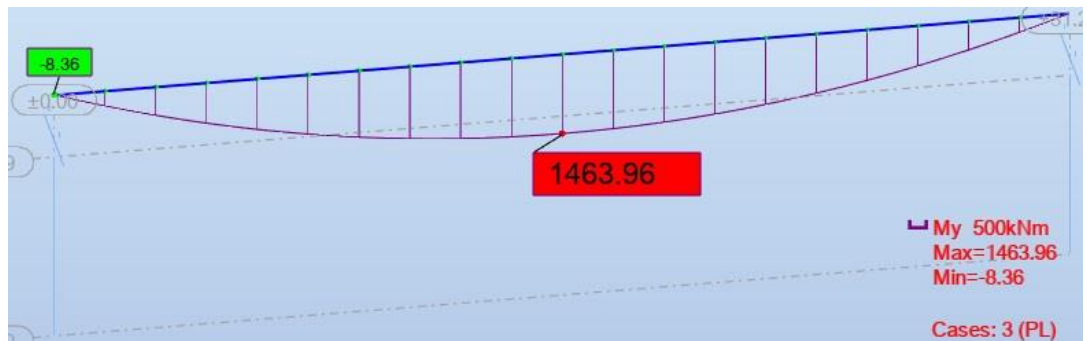


Figura 39. Cálculo del momento por PL en el sistema 1.

Según el manual de diseño de puentes nos pide indica que es necesario también realizar el cálculo momentos y cortantes para el estado límite de resistencia (ELR).

El cortante para el caso ELR es 1037.01 kN.

Momento para el caso ELR es 8042.73 kN.m.

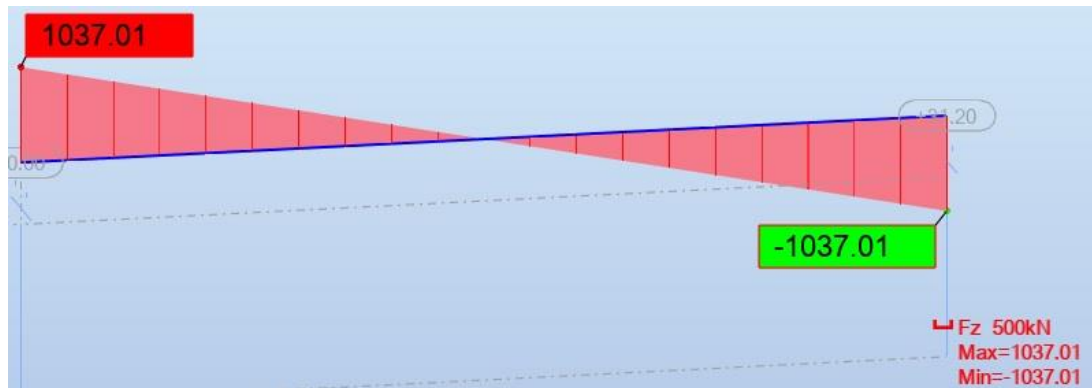


Figura 40. Cálculo de la cortante por ELR 1 en el sistema 1.

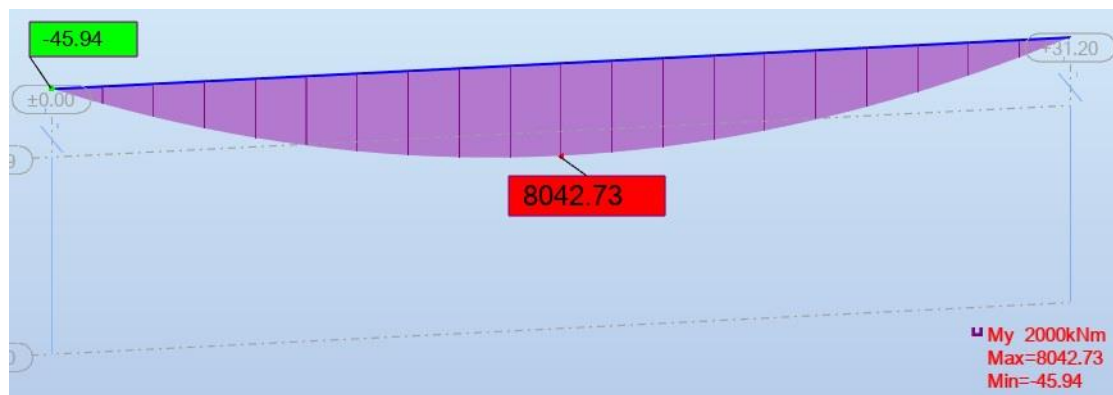


Figura 41. Cálculo del momento por ELR 1 en el sistema 1.

Los cálculos de las frecuencias se realizaron con una evaluación modal la cual nos dio resultados de:

Frecuencia horizontal: 1.59 Hz

Frecuencia vertical: 2.66 Hz

Siguiendo los criterios de la norma AASHTO que se puede observar en la tabla 4 de esta tesis, nos dice que la frecuencia horizontal debe ser mayor a 1.3 Hz y la frecuencia vertical deberá ser mayor a 3 Hz, dicho esto podemos asegurar que la frecuencia horizontal cumple el criterio pero la fuerza vertical no cumple el criterio pero la norma AASHTO nos dice que si la frecuencia vertical no cumple este criterio se debe hacer uso del segundo criterio el cual es:

$$W \geq 180e^{(-0.35f)}$$

Siendo:

W el peso propio de la estructura incluido las cargas muertas (kips).

f es la frecuencia vertical calculada (Hz).

Entonces:

W de la superestructura: 1130.68 kN

Frecuencia vertical: 2.66 Hz

$$1130.68 \text{ kN} \geq 180e^{(-0.35*2.66)}$$

$$1130.68 \text{ kN} \geq 315.595 \text{ kN}$$

Podemos observar que el segundo criterio de frecuencia vertical si cumple.

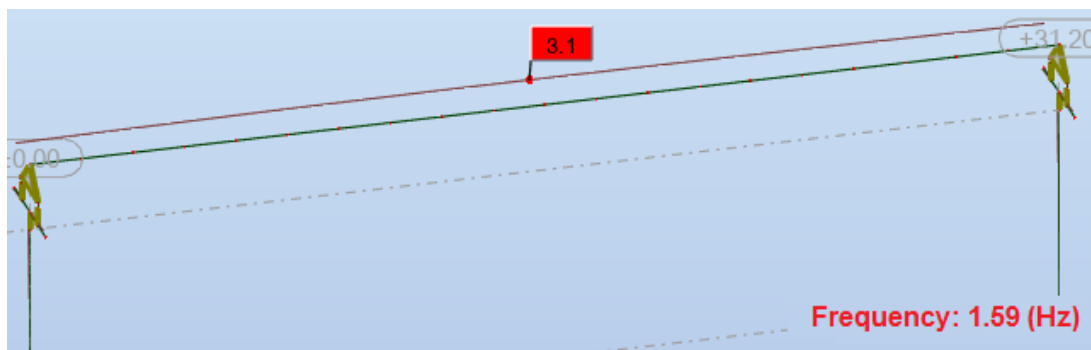


Figura 42. Cálculo de la frecuencia horizontal en el sistema 1.

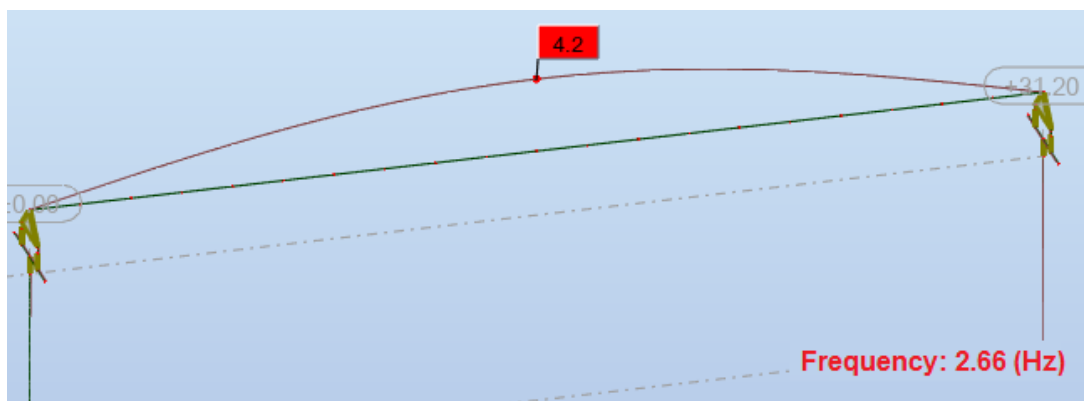


Figura 43. Cálculo de la frecuencia vertical en el sistema 1.



Se realizó el análisis modal en 20 modos diferentes y se comprobó que no será necesario comprobar los criterios de frecuencia vertical ni lateral en otros modos debido a que cumplen por mucho con los criterios mencionados anteriormente.

**Tabla 10.** Frecuencias de 20 modos en el sistema 1.

Case/Mode	Frequency (Hz)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)	Cur.mas.UZ (%)	Total mass UX (kg)
7/ 1	1.59	0.00	68.16	0.00	202445.14
7/ 2	1.71	68.36	0.00	0.00	202445.14
7/ 3	2.66	0.00	0.00	46.15	202445.14
7/ 4	2.82	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 5	6.56	0.00	29.75	0.00	202445.14
7/ 6	6.59	0.00	0.00	0.01	202445.14
7/ 7	6.63	31.49	0.00	0.00	202445.14
7/ 8	6.85	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 9	10.61	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 10	11.75	0.00	0.11	0.00	202445.14
7/ 11	23.71	0.00	0.00	6.86	202445.14
7/ 12	23.91	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 13	23.92	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 14	30.58	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 15	41.49	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 16	53.86	0.00	1.98	0.00	202445.14
7/ 17	54.03	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 18	55.21	0.00	0.00	0.00	202445.14
7/ 19	58.16	0.00	0.00	36.13	202445.14
7/ 20	59.30	0.00	0.00	0.00	202445.14

Fuente: Elaboración propia.

### Fase 3: Modelamiento y análisis del sistema 2

#### Ingreso de la geometría:

En el programa Robot Structural Analysis Professional se importó el dibujo del puente que se realizaron en AutoCAD posteriormente se dibujó una sección "panel" con polilíneas el cual será la losa que tiene un concreto tipo f'c de 28MPa o concreto 4 o 280  $kg/cm^2$  sobre los apoyos, se graficará 2 "shell" entre apoyos a los cuales se les asignará la sección de la viga con las dimensiones que se calcularon anteriormente y el material es de acero estructural A 709 grado 50.

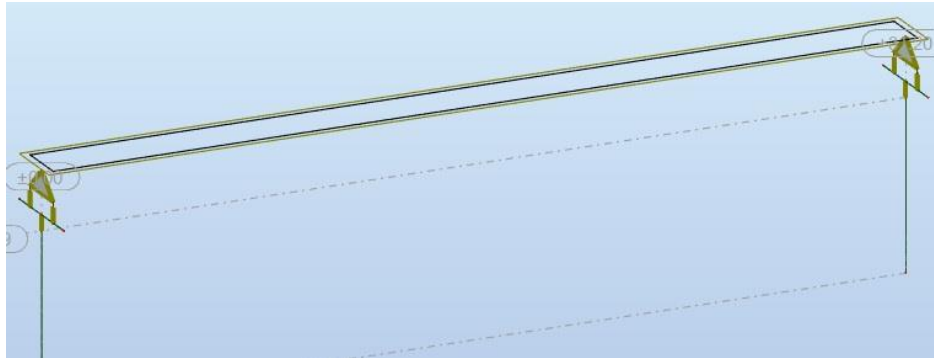


Figura 44. Modelo de puente importado con el panel sobre apoyos.

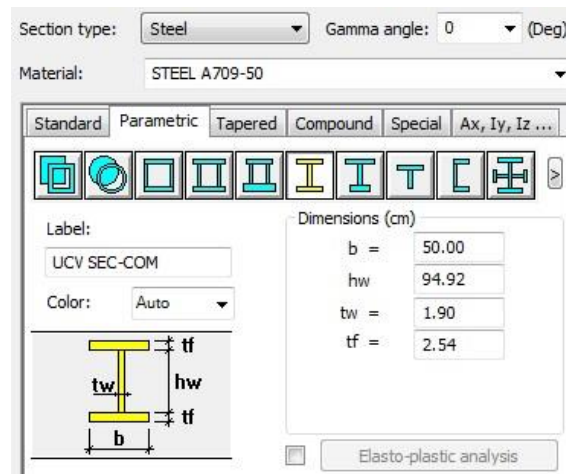


Figura 45. New section, viga metálica.

Luego de designarle las secciones correspondientes a la viga y losa podemos observar que la losa no tiene el ancho 2.8m que habíamos diseñado, por eso cambiamos el ancho en las opciones de contorno de polilíneas de las coordenadas Y.

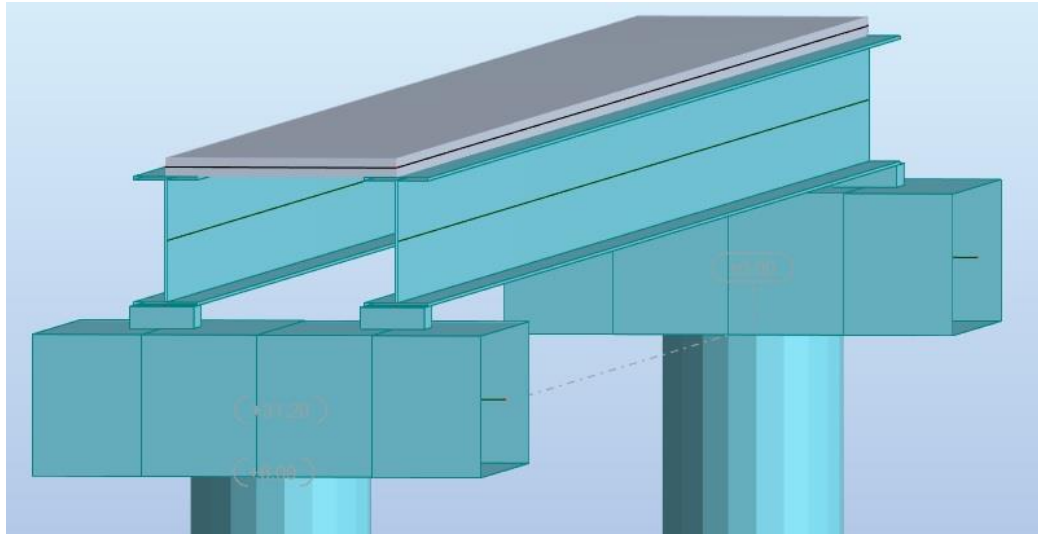


Figura 46. Sección transversal de viga sección compuesta con losa sin corregir.

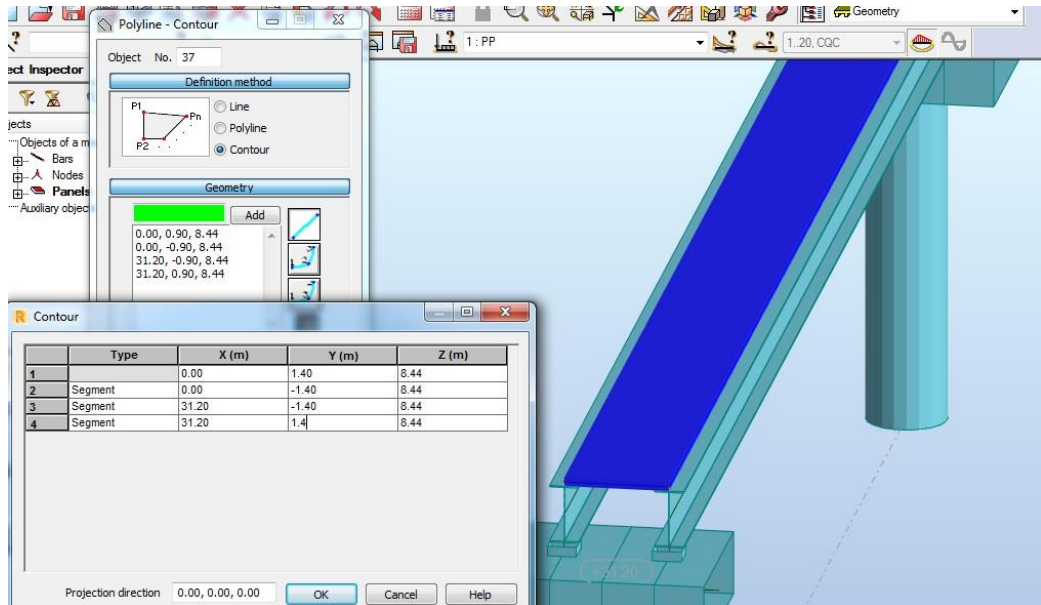


Figura 47. Corrección de la losa.

Debido a que estamos trabajando con 2 materiales y a su vez con shells y panels, tenemos que unir ambas secciones para así generar la sección compuesta, por esto tenemos que crear "rigid links" que será los conectores de las secciones. En la práctica, la manera de unir la losa de concreto con la viga metálica es mediante conectores de corte.

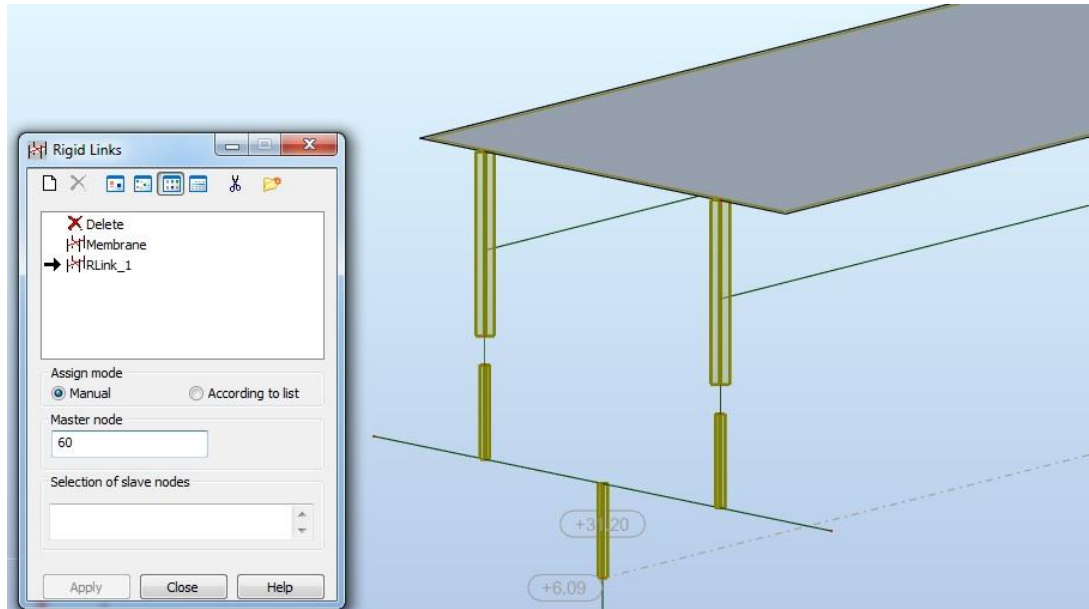


Figura 48. Rigid links.

Finalmente, el modelo de puente tendrá las dimensiones especificadas en el diseño.

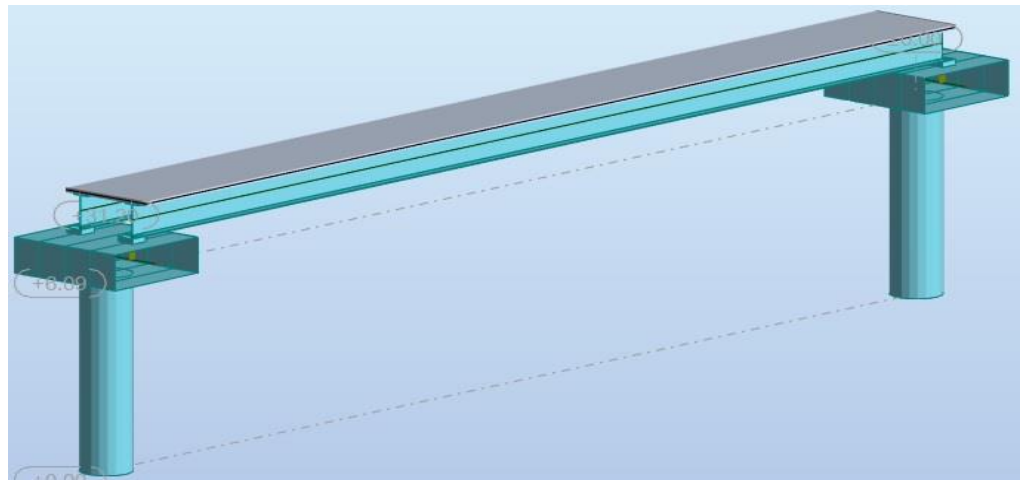


Figura 49. Modelo del sistema 2.

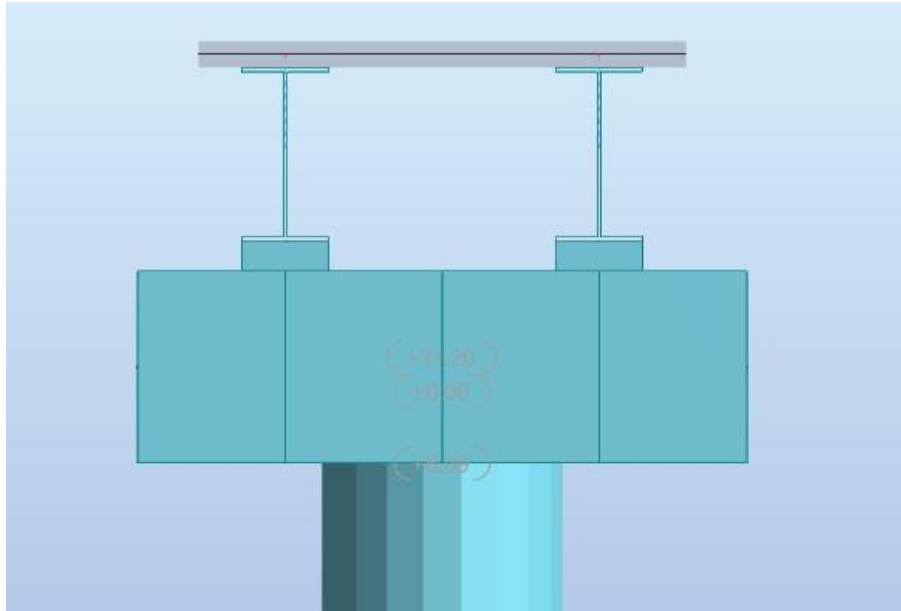


Figura 50. Sección transversal de viga sección compuesta.

### **Ingreso de cargas:**

Al modelo creado se le añadió las cargas tales como:

Carga uniformemente repartida peatonal (PL): 90 psf

La cual al ser multiplicada por el ancho de tablero que es 2.8 m no resulta:

$$W_{PL} = 12.1 \text{ kN/m}$$

A su vez el peso estándar de la baranda será:

$$W_{bar} = 0.49 \text{ kN/m}$$

Para calcular los indicadores que se propuso el manual de puentes nos dice que debemos evaluar el puente con diferentes cargas como Peso Propio (PP), Carga Muerta (CM), Carga peatonal (PL) y combinaciones de cargas tales como Estado Limite de Resistencia 1 (ELR1) y Estado Limite de Servicio 1 (ELS1), las cuales serán debidamente creadas y procesados en el software Robot.

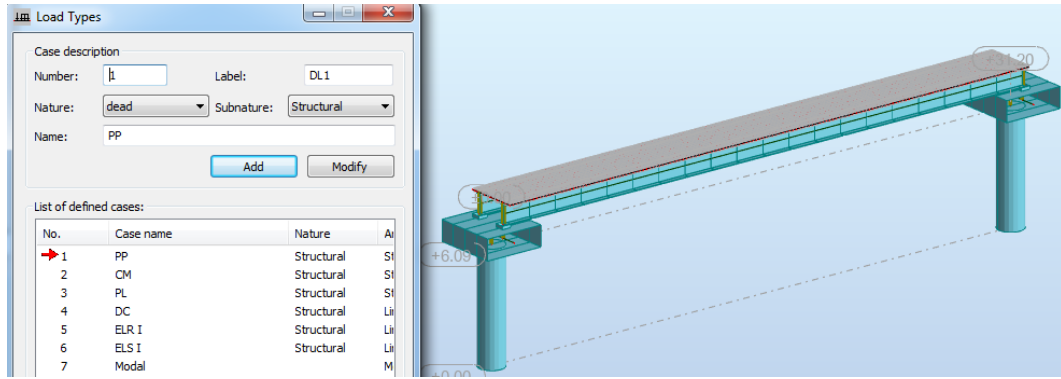


Figura 51. Cargas usadas para el modelamiento del sistema 2.

**Procesar el sistema y calcular los indicadores:**

Finalmente se procesa el modelo con las cargas siguiendo el manual de puente del 2017 que es nuestra norma vigente y se obtiene los resultados de los indicadores.

La deflexión se realizó con la carga viva PL la cual nos dio como resultado 28.9 mm la cual deberá cumplir el criterio que nos dice la norma el cual es:

$$Deflexion\ en\ viga < \frac{L}{1000}$$

$$18.3\ mm < \frac{31.2\ m}{1000}$$

$$18.3\ mm < 31.2\ mm$$

Siendo L la luz entre apoyos y L/1000 el criterio que nos da el manual de puentes, al ser comprobado este criterio se puede decir que la superestructura cumple con el criterio de deflexión.

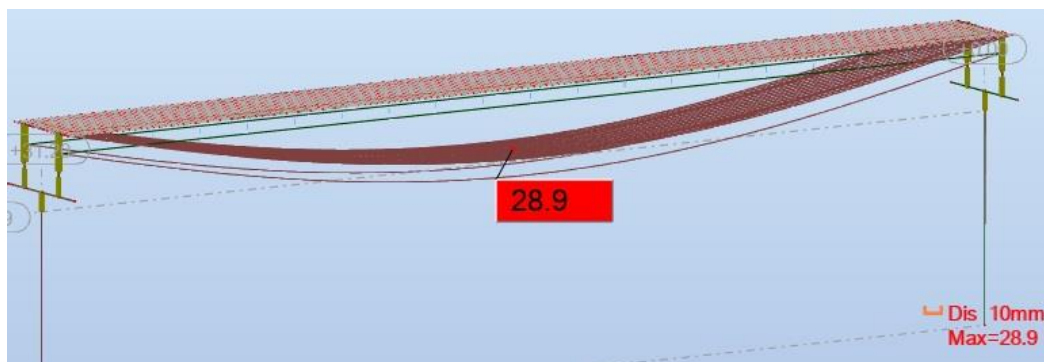


Figura 52. Cálculo de la deflexión en el sistema 2.

Debido a que el sistema 2 es una sección compuesta para el cálculo de cortantes se deberá obtener los valores integrales del elemento “panels” que es la losa y valores máximos de cortante de la viga, para el cálculo de momentos se deberá obtener los valores integrales de upper y lower de la losa y el momento máximo de la viga con el programa Robot y, posteriormente se usaron esos valores para el cálculo total de momento y cortante.

**Cálculo de momento y cortante DC:**

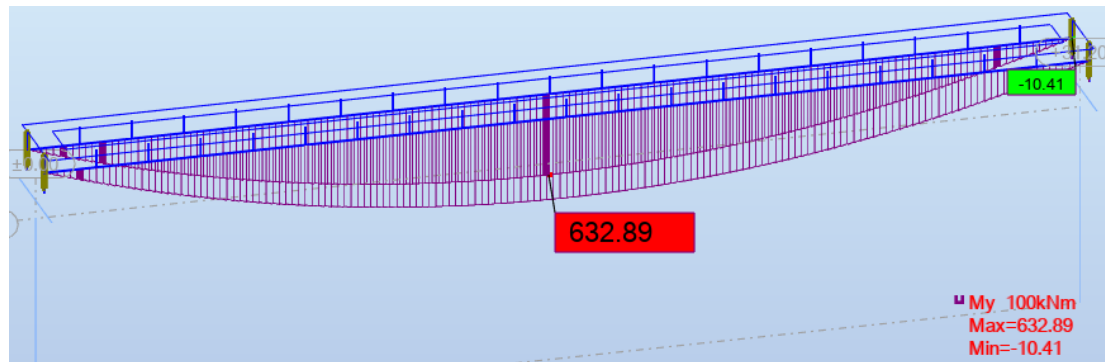


Figura 53. Cálculo del momento máximo DC en la viga en el sistema 2.

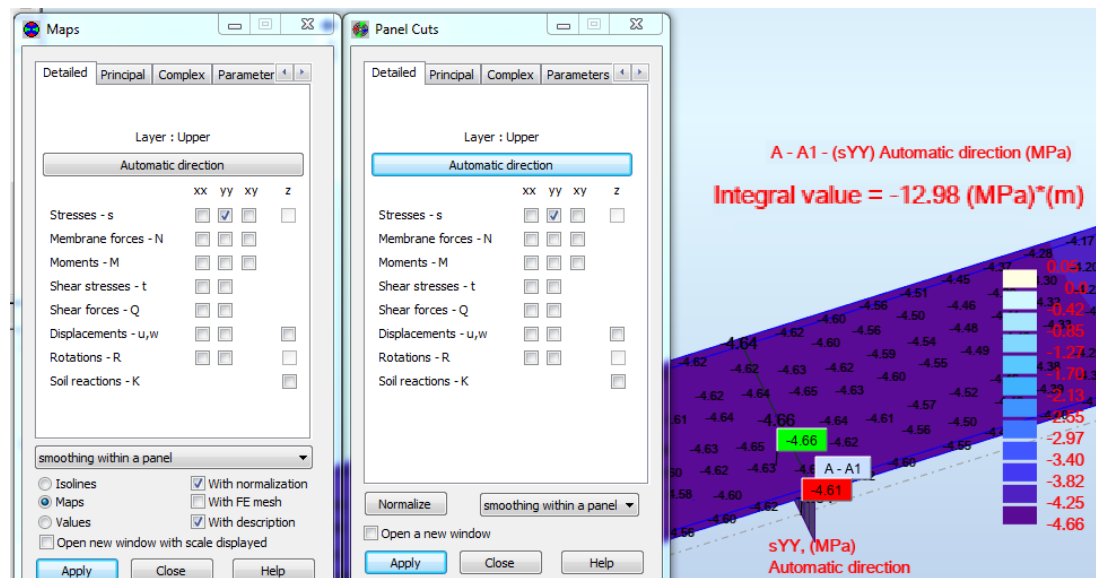


Figura 54. Cálculo del valor integral upper DC de la losa en el sistema 2.

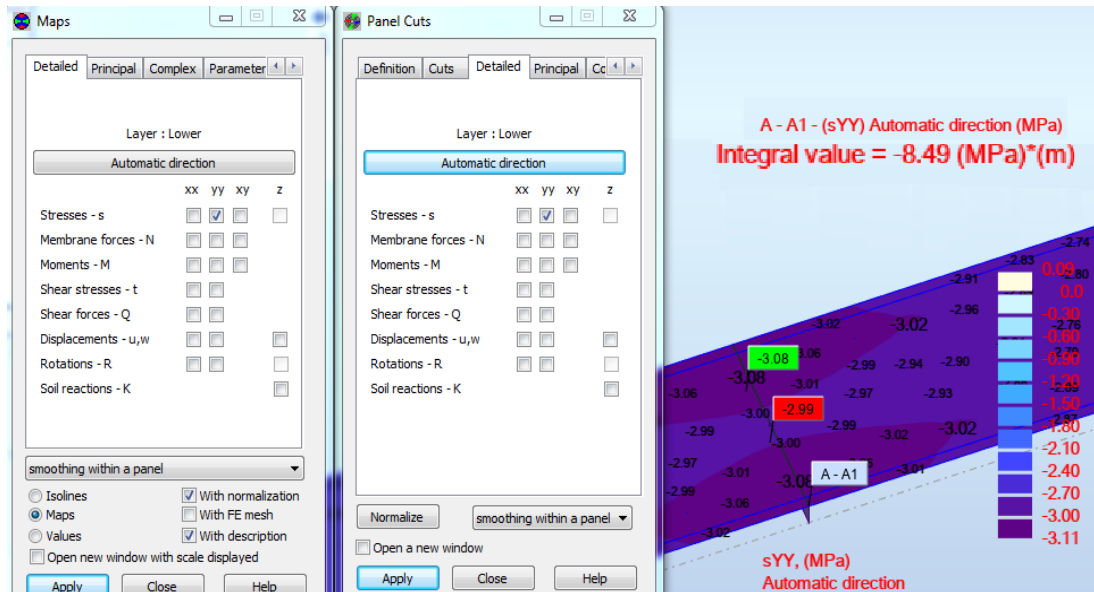


Figura 55. Cálculo del valor integral lower DC de la losa en el sistema 2.

Con los valores obtenidos podemos cálculos el momento DC de la sección compuesta:

$$M_{viga\_max} = 632.89 \text{ kN}$$

$$Int.upper = 12.98 \text{ MPa.m}$$

$$Int.lower = 8.49 \text{ MPa.m}$$

$$M_{losa\_DC} = \left( \frac{t_{losa}}{2} + (d - y_{gctrans}) \right) \times \left( \frac{int.upper + int.lower}{2} \right) \times \frac{t_{losa}}{2}$$

$$M_{losa\_DC} = \left( \frac{t_{losa}}{2} + (d - y_{gctrans}) \right) \times \left( \frac{12.98 + 8.49}{2} \right) \times \frac{t_{losa}}{2}$$

$$M_{losa\_DC} = 273.943 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momento total de DC} = M_{losa\_DC} + M_{viga\_max}$$

$$\text{Momento total de DC} = 906.833 \text{ kN.m}$$



Ahora calculamos la cortante DC para la cual necesitaremos los datos anteriormente mencionados y sintetizarlos en una fórmula para finalmente obtener el cortante total DC.

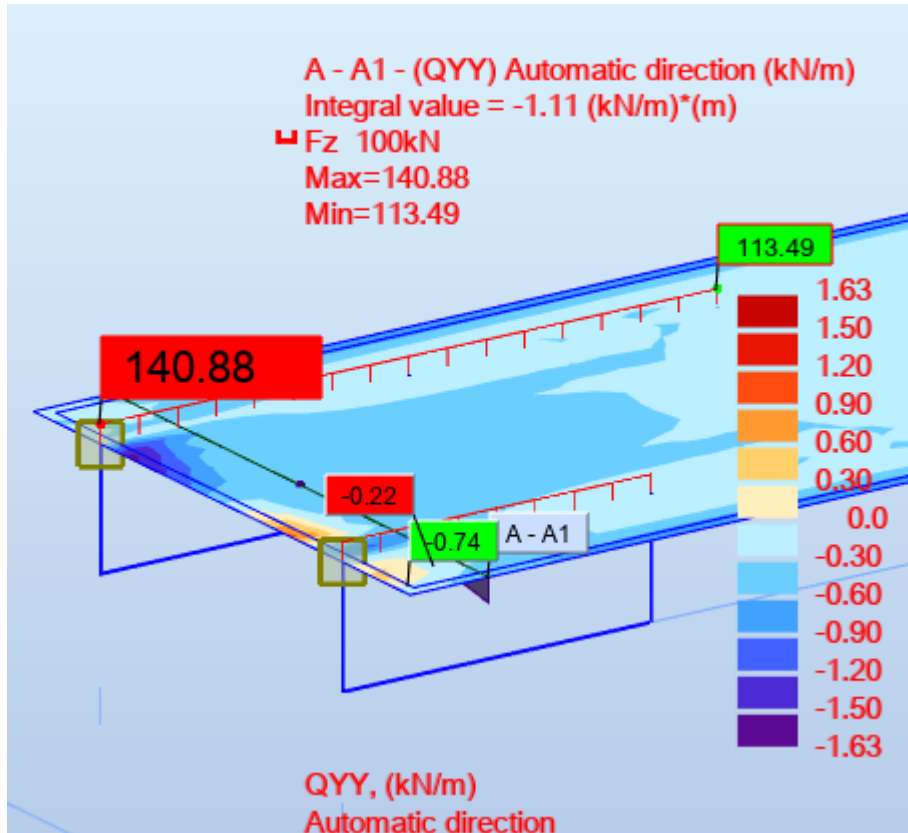


Figura 56. Cálculo de la cortante DC en el sistema 2.

$$V.DCviga = 140.88 \text{ kN}$$

$$\text{Valor de la integral de la losa} = 1.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \text{m}$$

$$VDClosa = 1.11/2 = 0.55 \text{ kN}$$

$$V \text{ total de DC} = V.DCviga + VDClosa$$

$$V \text{ total de DC} = 141.435 \text{ kN}$$

Cálculo de momento y cortante PL:

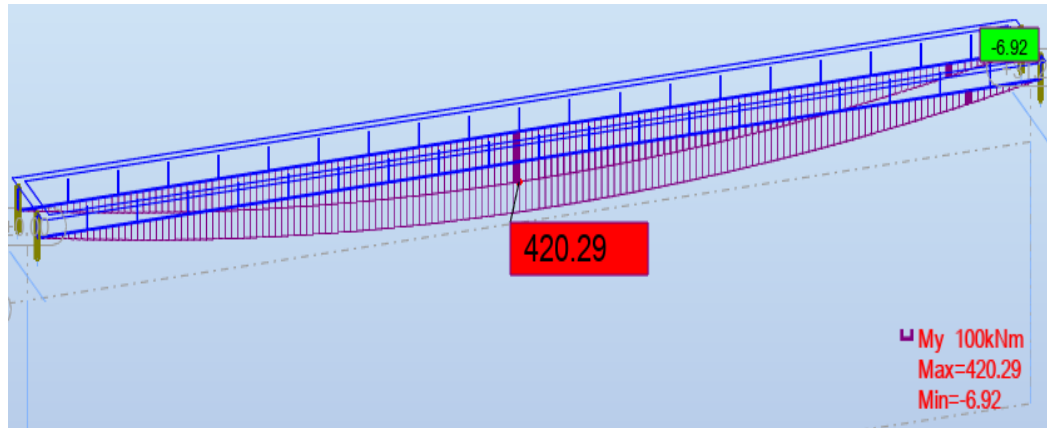


Figura 57. Cálculo del momento máximo PL en la viga en el sistema 2.

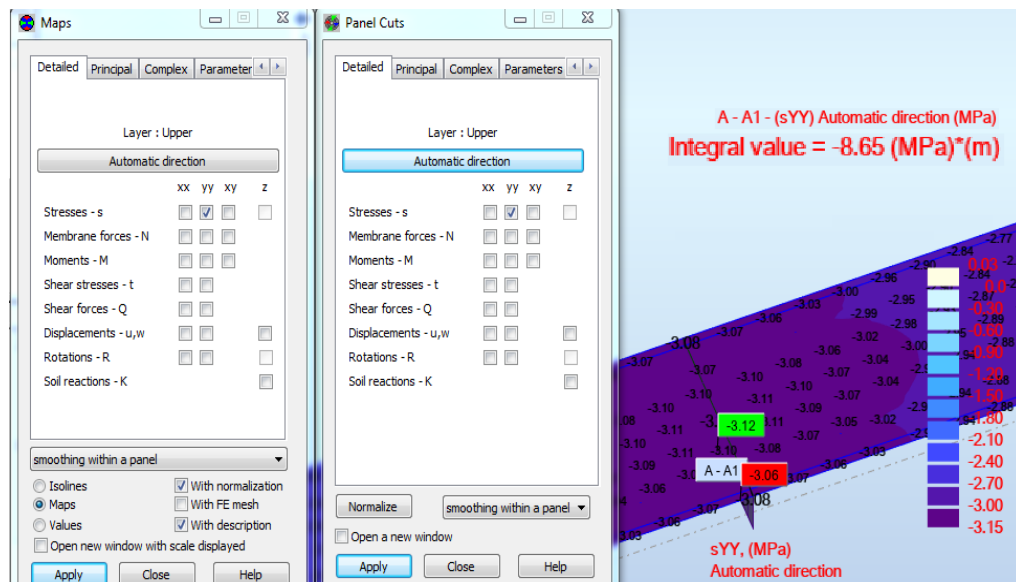


Figura 58. Cálculo del valor integral upper PL de la losa en el sistema 2.

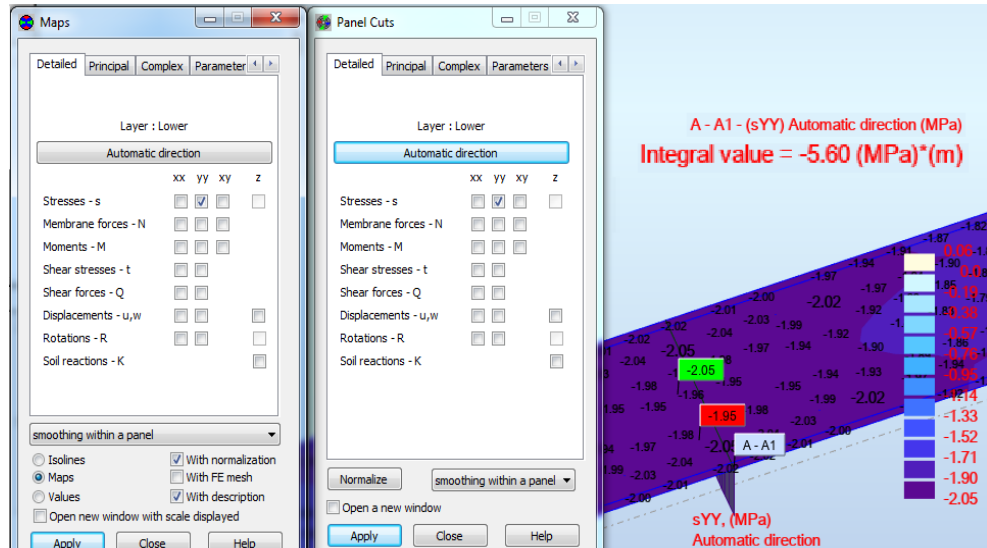


Figura 59. Cálculo del valor integral lower PL de la losa en el sistema 2.

Con los valores obtenidos podemos cálculos el momento PL de la sección compuesta:

$$M_{viga\_max} = 420.29 \text{ kN}$$

$$Int.upper = 8.56 \text{ MPa.m}$$

$$Int.lower = 5.6 \text{ MPa.m}$$

$$M_{losa\_PL} = \left( \frac{t_{losa}}{2} + (d - yg_{ctrans}) \right) \times \left( \frac{int.upper + int.lower}{2} \right) \times \frac{t_{losa}}{2}$$

$$M_{losa\_PL} = \left( \frac{t_{losa}}{2} + (d - yg_{ctrans}) \right) \times \left( \frac{8.56 + 5.6}{2} \right) \times \frac{t_{losa}}{2}$$

$$M_{losa\_PL} = 181.821 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momento total de PL} = M_{losa\_PL} + M_{viga\_max}$$

$$\text{Momento total de PL} = 602.111 \text{ kN.m}$$

Ahora calculamos la cortante PL para la cual necesitaremos los datos anteriormente mencionados y sintetizarlos en una fórmula para finalmente obtener el cortante total PL.

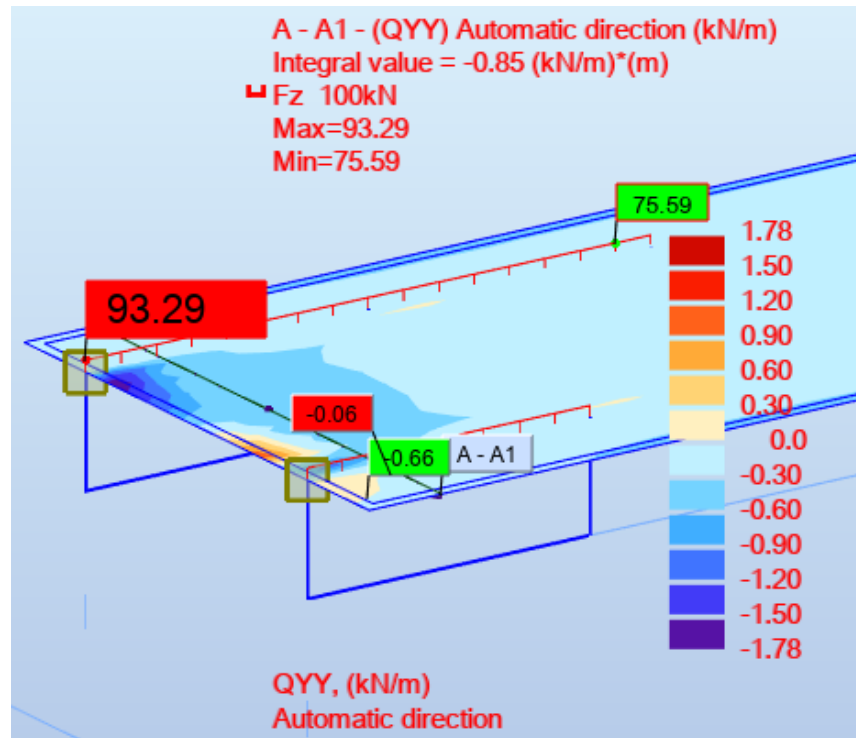


Figura 60. Cálculo de la cortante PL en el sistema 2.

$$V.PLviga= 93.29 \text{ kN}$$

$$\text{Valor de la integral de la losa}= 0.85 \frac{kN}{m} \cdot m$$

$$VPLlosa= 0.85/2= 0.425 \text{ kN}$$

$$V \text{ total de PL}= V.DCviga + VDClosa$$

$$V \text{ total de PL}= 93.715 \text{ kN}$$

Según el manual de diseño de puentes nos pide indica que es necesario también realizar el cálculo momentos y cortantes para el estado límite de resistencia (ELR).

## Cálculo de momento y cortante ELR:

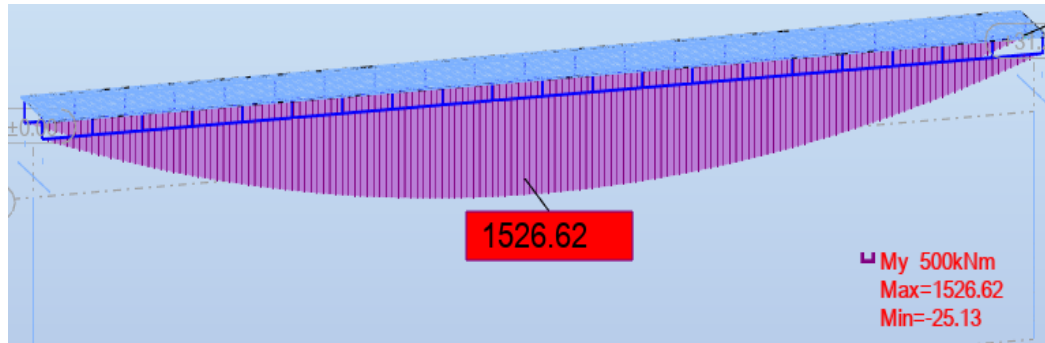


Figura 61. Cálculo del momento máximo ELR en la viga en el sistema 2.

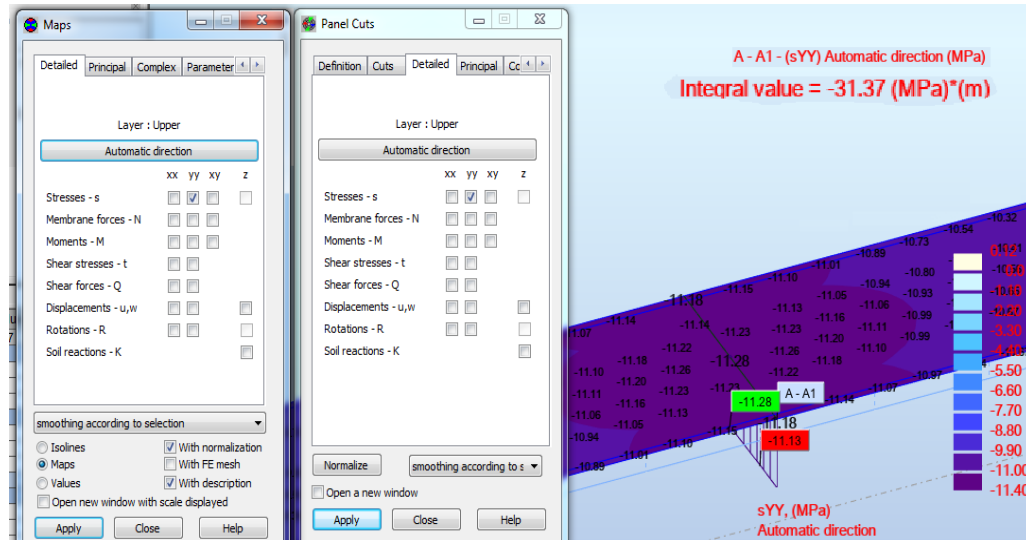


Figura 62. Cálculo del valor integral upper ELR de la losa en el sistema 2.

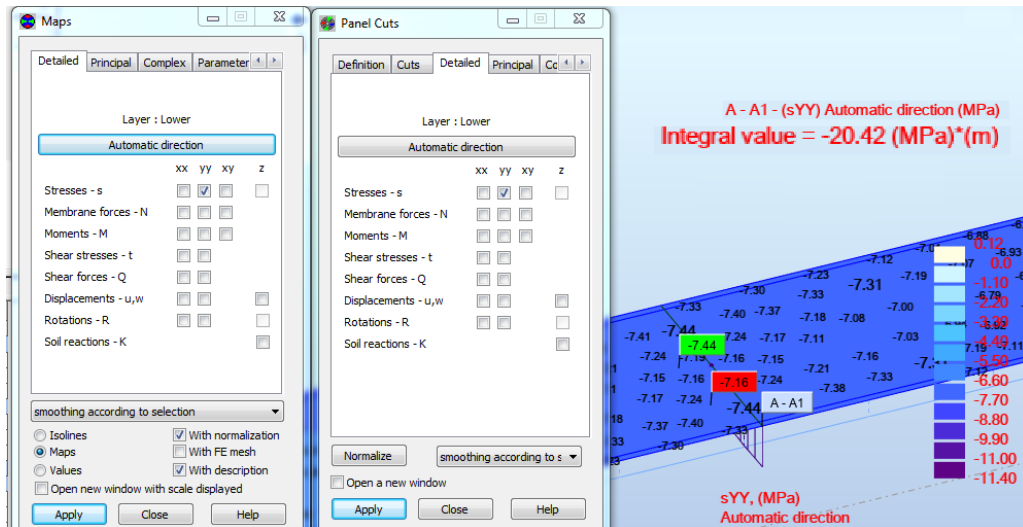


Figura 63. Cálculo del valor integral lower ELR de la losa en el sistema 2.

Con los valores obtenidos podemos cálculos el momento ELR de la sección compuesta:

$$M_{viga\_max} = 1526.62 \text{ kN}$$

$$Int.upper = 31.37 \text{ MPa}\cdot\text{m}$$

$$Int.lower = 20.42 \text{ MPa}\cdot\text{m}$$

$$M_{losa\_ELR} = \left( \frac{t_{losa}}{2} + (d - y_{gctrans}) \right) \times \left( \frac{int.upper + int.lower}{2} \right) \times \frac{t_{losa}}{2}$$

$$M_{losa\_ELR} = \left( \frac{t_{losa}}{2} + (d - y_{gctrans}) \right) \times \left( \frac{8.56 + 5.6}{2} \right) \times \frac{t_{losa}}{2}$$

$$M_{losa\_ELR} = 660.807 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Momento total de ELR} = M_{losa\_DC} + M_{viga\_max}$$

$$\text{Momento total de ELR} = 2187.427 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ahora calculamos la cortante ELR para la cual necesitaremos los datos anteriormente mencionados y sintetizarlos en una fórmula para finalmente obtener el cortante total ELR.

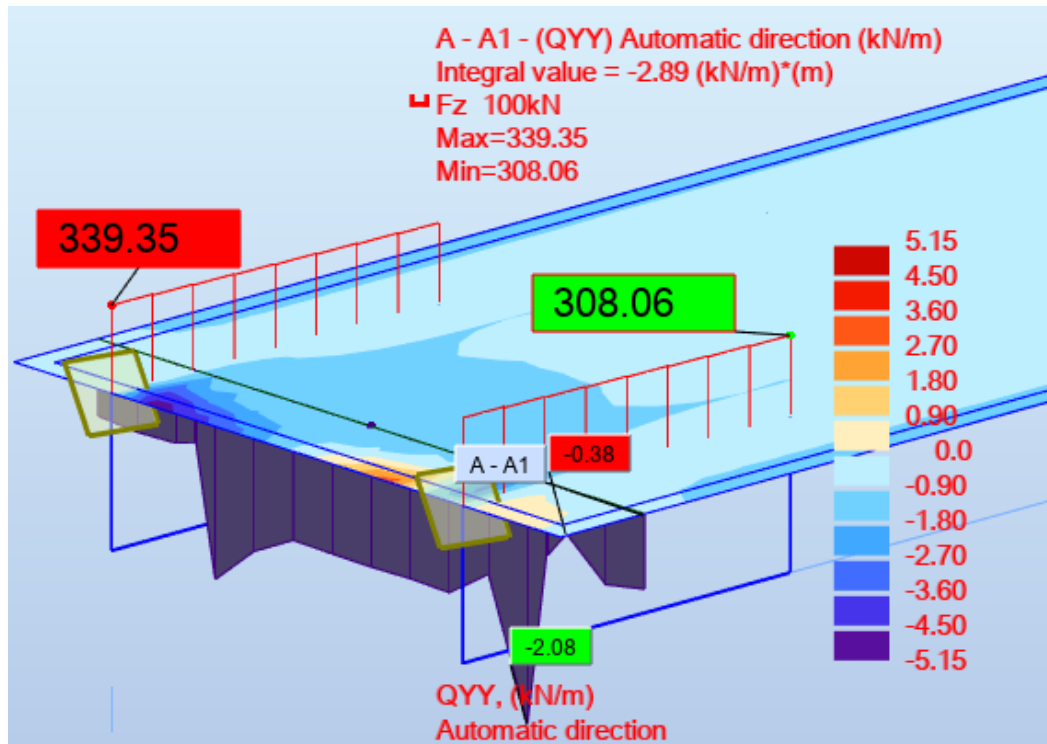


Figura 64. Cálculo de la cortante ELR en el sistema 2.

$$V.PLviga = 339.35 \text{ kN}$$

$$\text{Valor de la integral de la losa} = 2.89 \frac{kN}{m} \cdot m$$

$$VPLlosa = 0.85/2 = 1.445 \text{ kN}$$

$$V \text{ total de ELR} = V.DCviga + VDClosa$$

$$V \text{ total de ELR} = 340.795 \text{ kN}$$

Los cálculos de las frecuencias se realizaron con una evaluación modal la cual nos dio resultados de:

Frecuencia horizontal: 2.06 Hz

Frecuencia vertical: 2.85 Hz

Siguiendo los criterios de la norma AASHTO que se puede observar en la tabla 4 de esta tesis, nos dice que la frecuencia horizontal debe ser mayor a 1.3 Hz y la frecuencia vertical deberá ser mayor a 3 Hz, dicho esto podemos asegurar que la frecuencia horizontal cumple el criterio pero la fuerza vertical no cumple

el criterio pero la norma AASHTO nos dice que si la frecuencia vertical no cumple este criterio se debe hacer uso del segundo criterio el cual es:

$$W \geq 180e^{(-0.35f)}$$

Siendo:

W el peso propio de la estructura incluido las cargas muertas (kips).

f es la frecuencia vertical calculada (Hz).

Entonces:

W de la superestructura: 566.8 kN

Frecuencia vertical: 2.85 Hz

$$566.8 \text{ kN} \geq 180e^{(-0.35 \cdot 2.85)}$$

$$566.8 \text{ kN} \geq 295.291 \text{ kN}$$

Podemos observar que el segundo criterio de frecuencia vertical si cumple.

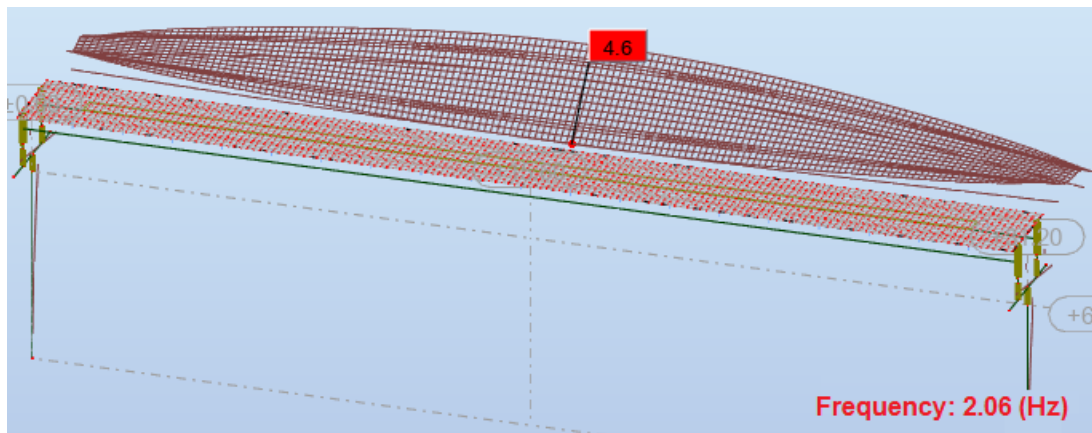


Figura 65. Cálculo de la frecuencia horizontal en el sistema 2.



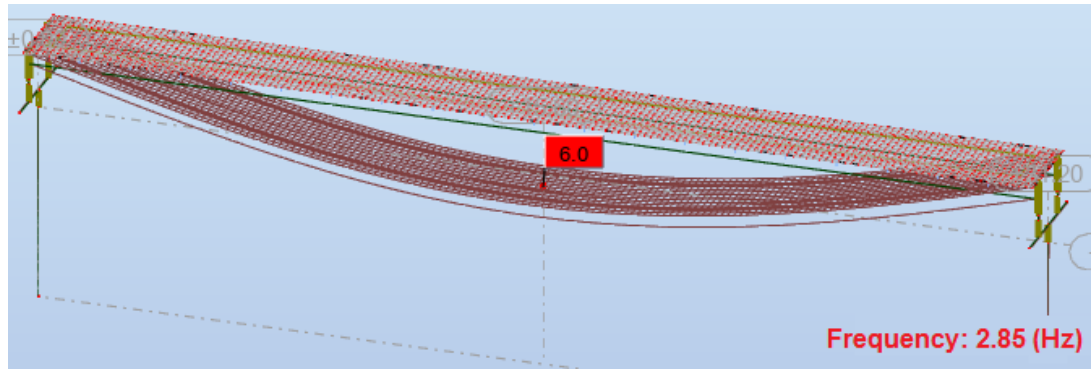


Figura 66. Cálculo de la frecuencia vertical en el sistema 2.

Se realizó el análisis modal en 20 modos diferentes y se comprobó que no será necesario comprobar los criterios de frecuencia vertical ni lateral en otros modos debido a que cumplen por mucho con los criterios mencionados anteriormente.

Tabla 11. Frecuencias de 20 modos en el sistema 2.

Case/Mode	Frequency (Hz)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)	Cur.mas.UZ (%)	Total mass UX (kg)
7/ 1	2.06	0.00	52.60	0.00	141826.48
7/ 2	2.46	56.88	0.00	0.00	141826.48
7/ 3	2.85	0.00	0.00	31.33	141826.48
7/ 4	3.66	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 5	4.08	0.00	3.16	0.00	141826.48
7/ 6	6.59	0.00	0.00	0.01	141826.48
7/ 7	6.66	0.00	41.16	0.00	141826.48
7/ 8	6.68	42.91	0.00	0.00	141826.48
7/ 9	6.84	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 10	11.28	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 11	12.84	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 12	13.57	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 13	23.91	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 14	23.91	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 15	24.98	0.00	0.00	4.85	141826.48
7/ 16	26.78	0.00	0.20	0.00	141826.48
7/ 17	32.38	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 18	42.88	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 19	45.46	0.00	0.00	0.00	141826.48
7/ 20	51.51	0.00	2.40	0.00	141826.48

Fuente: elaboración propia.

#### Fase 4: Evaluación de resultados y selección

En ambos sistemas se calcularon los indicadores necesarios para poder decidir cual sistema es el más adecuado para la Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos. Teniendo en cuenta que ambos sistemas fueron modelados con el mismo parámetros (ancho de losa, luz y estados de carga), podemos decir que el sistema más adecuado para la superestructura es el sistema 1 que es el puente simplemente apoyado de C.A. postensado con una viga de perfil AASHTO, esto se debe a que al ser una viga prefabricada su instalación sería mucho más fácil pues solo se tendría que izar y colocarse sobre la subestructura, el sistema 2 podría también ser usado pero al diseñar la viga nos percatamos que con al usar una altura de perfil metálico menor a 1m el criterio por deflexión que nos manda el Manual de Puentes no cumpliría.

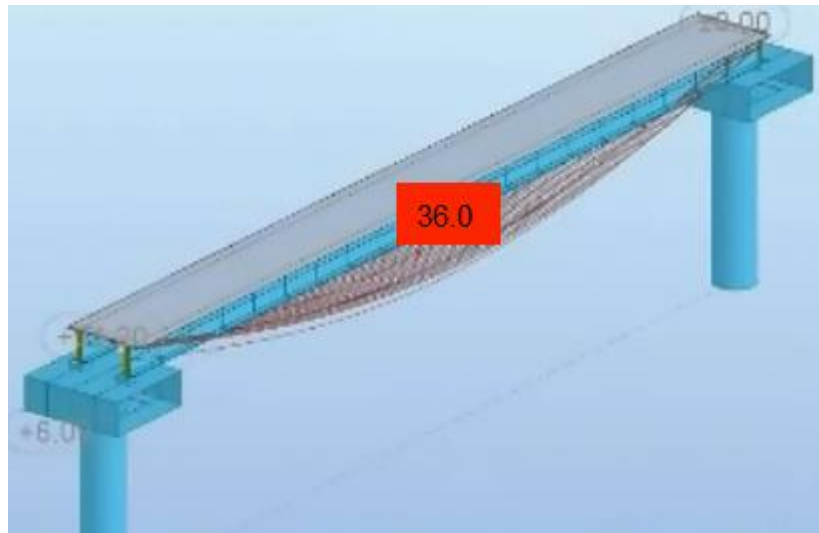


Figura 67. Cálculo de la deflexión usando  $d = 0.9\text{m}$ .

Se realiza el chequeo por deflexión para  $d = 0.9\text{m}$  y nos resulta que no cumple

$$\text{Deflexión en viga} < \frac{L}{1000}$$

$$36 \text{ mm} < \frac{31.2 \text{ m}}{1000}$$

$$36 \text{ mm} < 31.2 \text{ mm} \text{ (no cumple)}$$

Así mismo podemos observar que al usar el  $d= 1\text{m}$  los chequeos por losa compuesta, sección compuesta bottom y lower cumplen, pero se observa que la sección está trabajando a más doble de su capacidad.

$$\text{Chequeo losa compuesta} = \sigma.\text{viga\_top.losa} < \sigma_{\text{res}} = \frac{\sigma_{\text{res}}}{\sigma.\text{viga\_top.losa}} = 4.135$$

$$\text{Chequeo sección comp.bottom} = \sigma.\text{viga\_bot.final} < \sigma_{\text{res}} = \frac{\sigma_{\text{res}}}{\sigma.\text{viga\_bot.final}} = 2.295$$

$$\text{Chequeo sección comp.top} = \sigma.\text{viga\_top.final} < \sigma_{\text{res}} = \frac{\sigma_{\text{res}}}{\sigma.\text{viga\_top.final}} = 3.382$$

Como se mencionó antes la viga superestructura estaría trabajando a más del doble de su capacidad debido a que el chequeo de sección comp.bottom nos sale 2.295 dejándonos en claro que la sección compuesta si cumple, pero con un gasto de energía innecesario que se podría representar como un gasto mayor de materiales al momento de su construcción.

Por todo lo mencionado y visto que el sistema 1 cumple con los chequeos y criterios mencionados por el manual de puente se puede asegurar que el sistema 1 es el más adecuado para esta superestructura.

## 4.2. Resultados

### Indicador 1: Frecuencia vertical y horizontal.

**TABLA 12.** Resultados de frecuencias en ambos sistemas.

	FRECUENCIA	
	Vertical	Horizontal
SISTEMA 1	2.66 Hz	1.59 Hz
SISTEMA 2	2.85 Hz (7.14%)	2.06 Hz (29.56%)

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 12 el sistema 2 respecto al sistema 1 se incrementa 7.14% en frecuencia vertical y 29.56% en frecuencia horizontal.

**TABLA 13.** Segundo criterio de frecuencia vertical.

	Peso	Segundo criterio para frecuencia vertical
SISTEMA 1	315.595 kN	1130.68 kN (258.27%)
SISTEMA 2	295.291 kN	566.8 kN (91.95%)

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13 el sistema 1 el segundo criterio para frecuencia vertical incrementa 258.27% respecto a su peso, en el sistema 2 el segundo criterio para frecuencia vertical incrementa 91.95% respecto a su peso.

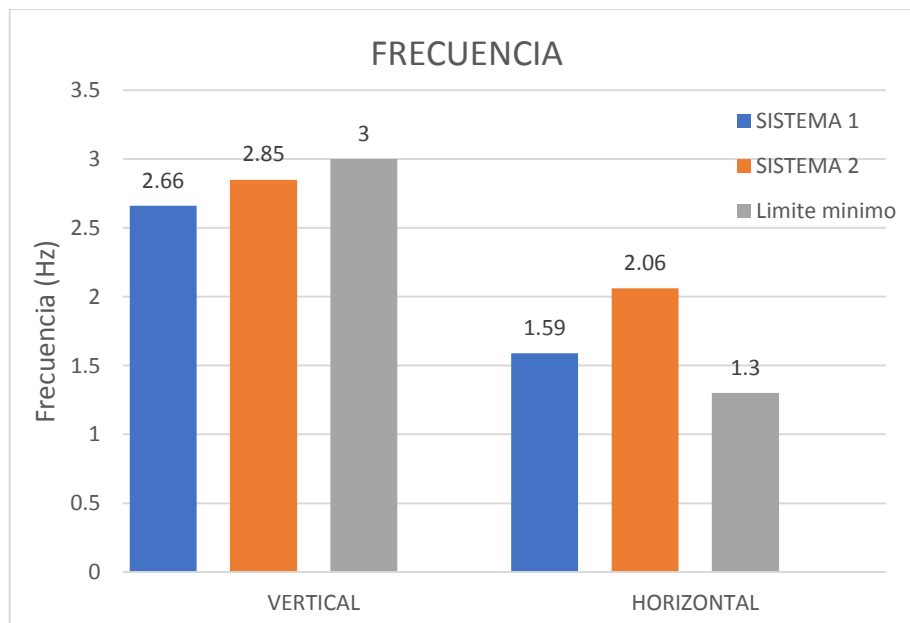


Figura 68. Gráfico de barras de frecuencias.

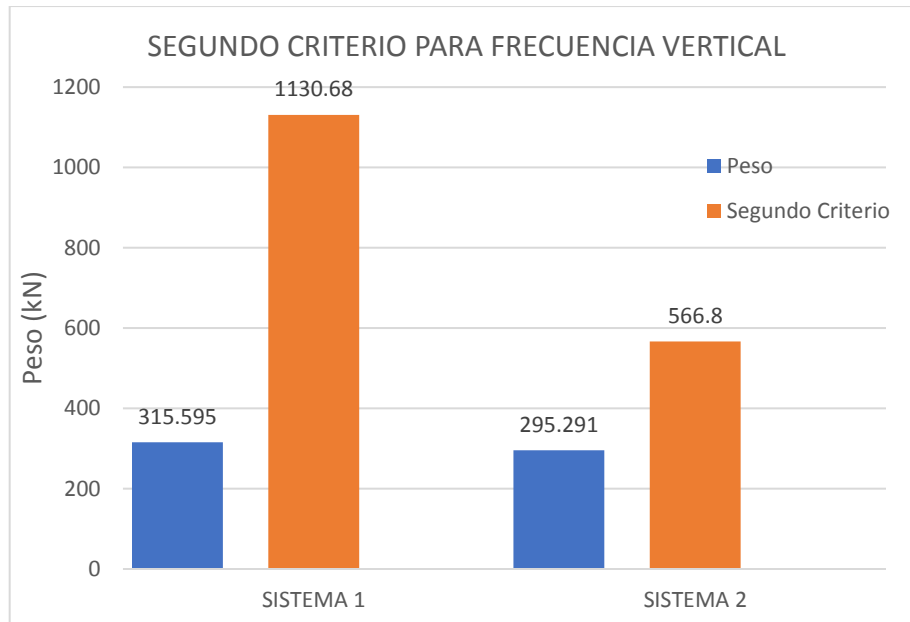


Figura 69. Gráfico de barras del segundo criterio para frecuencia vertical.

En la figura 68 podemos observar que el sistema 1 cumple con la condición de la frecuencia horizontal mayor a 1.3 Hz establecida por la norma AASHTO pues esta es de 1.59 Hz la cual es mayor en un 22.308%, en la vertical no cumple con el criterio que nos indica que deberá ser mayor a 3 Hz. El sistema 2 tiene buen comportamiento en la frecuencia horizontal debido a que presenta un valor de 2.06 Hz el cual es el 58.462% más que los 1.3Hz indicados por la norma AASHTO, en la vertical se aprecia que el valor es 2.77 Hz el cual no cumple con el criterio que nos indica que deberá ser mayor a 3 HZ. En ambos sistemas el primer criterio de frecuencia vertical no cumple por lo tanto nos basamos en el segundo criterio de frecuencia vertical el cual está reflejado en la tabla 13, para el sistema 1 podemos ver que el segundo criterio para frecuencia vertical es 258.269% mayor que el peso de la superestructura y para el sistema 2 es un 91.946% mayor que el peso de la superestructura.

#### **Contrastación de la hipótesis:**

Se acepta la hipótesis debido a que el sistema 2 cumple con el criterio de frecuencia lateral que el cual indica que deberá ser mayor a 1.3 Hz y a su vez

cumple satisfactoriamente con el segundo criterio para la frecuencia vertical ya que este criterio es 91.946% mayor que el peso propio de la estructura incluido las cargas muertas.

**Indicador 2: Esfuerzos en los elementos (V, M) para carga permanente.**

**TABLA 14.** Resultados de V para carga permanente en ambos sistemas.

	CORTANTE PARA CARGA PERMANENTE	CORTANTE PARA CARGA ELR
SISTEMA 1	565.34 kN (299.71%)	1037.01 kN
SISTEMA 2	141.435 kN	340.795 kN

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14 el sistema 1 respecto al sistema 2 se incrementa 299.71% en cortante para carga permanente.

**TABLA 15.** Resultados de M para carga permanente en ambos sistemas.

	MOMENTO PARA CARGA PERMANENTE	MOMENTO PARA CARGA ELR
SISTEMA 1	4384.64 kN.m (383.51%)	8042.73 kN.m
SISTEMA 2	906.833 kN.m	2187.427 kN.m

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15 el sistema 1 respecto al sistema 2 se incrementa 383.51% en momento para carga permanente.

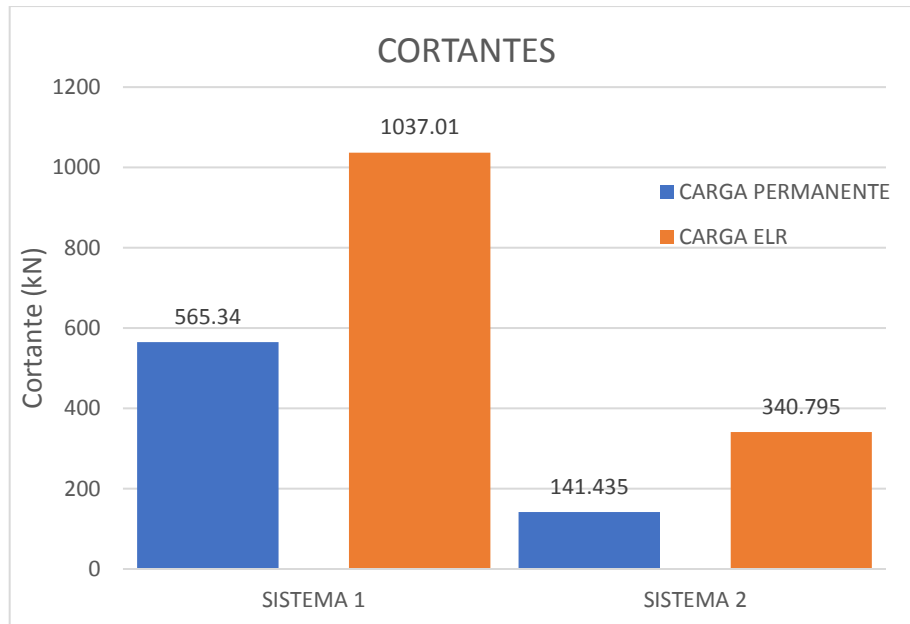


Figura 70. Gráfico de barras de cortantes.

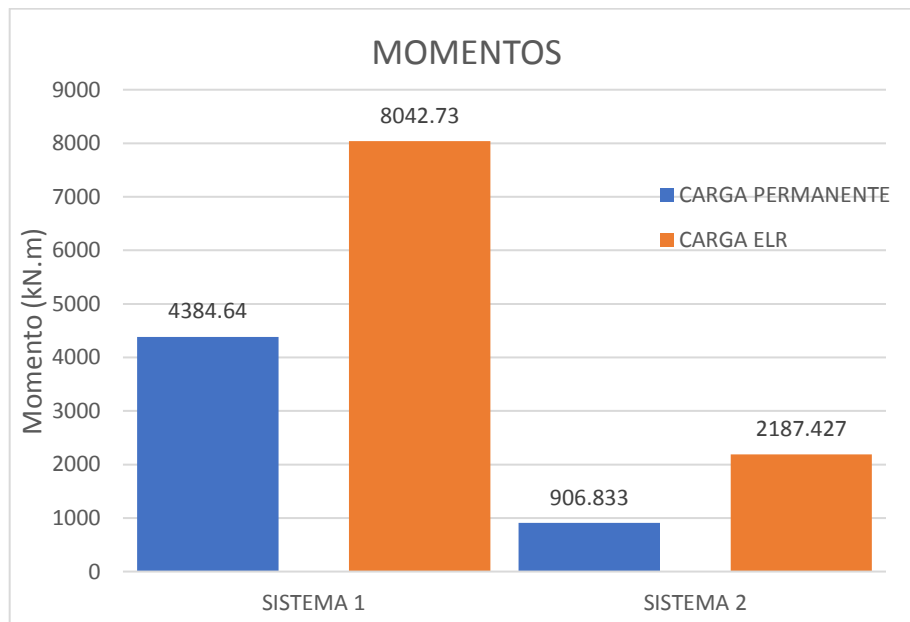


Figura 71. Gráfico de barras de momentos.

En la figura 70 podemos apreciar que las cortantes para los sistemas 1 y 2 con respecto a las cargas permanentes son 565.34 kN y 141.435 kN respectivamente, la norma nos indica que para el cálculo de cortante se debe tener referencia el estado límite de resistencia, en el ELR tenemos valores de

1037.01 kN y 340.795 kN para el sistema 1 y 2 respectivamente los cuales son mayores a las cortantes del estado de carga permanente. En la figura 71 se visualiza lo mismo que sucedió en la figura 69 en la que los momentos del ELR son mayores que los de la carga permanente en los sistemas 1 y 2.

**Contrastación de la hipótesis:**

Se acepta la hipótesis debido a que el sistema 1 tiene una frecuencia lateral de 1.55 Hz el cual cumple con el criterio de la norma AASHTO que nos indica que deberá ser mayor a 1.33 Hz y a su vez cumple satisfactoriamente con el segundo criterio para la frecuencia vertical ya que este criterio es 258.269% mayor que el peso propio de la estructura incluido las cargas muertas.

**Indicador 3: Deflexión máxima.**

**TABLA 16.** *Resultados de deflexión en ambos sistemas.*

	DEFLEXIÓN	CRITERIO DE DEFLEXIÓN
SISTEMA 1	18.3 mm (36.68%)	31.2 mm
SISTEMA 2	28.9 mm	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16 el sistema 1 respecto al sistema 2 disminuyó 36.68% en deflexión.



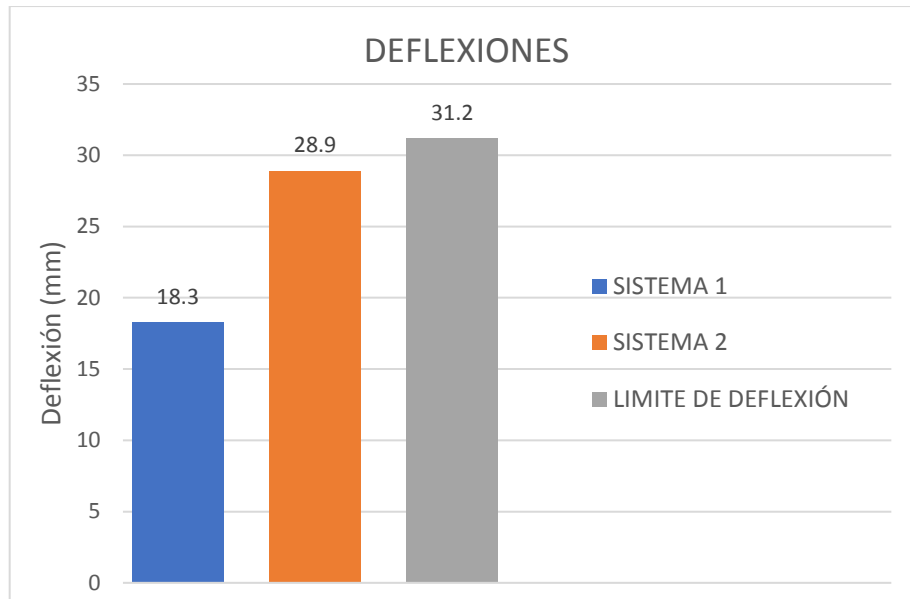


Figura 72. Gráfico de barras de deflexiones.

En la figura 72 se puede observar las deflexiones del sistema 1 es 18.3 el cual representa al 58.65% del límite de deflexión, el sistema 2 tiene una deflexión de 28.9 el cual representa 92.63% del límite de deflexión, ambos cumplen con el criterio de ser menor al límite de deflexión, pero se puede apreciar que el sistema 1 tiene una diferencia mayor a la que tiene el sistema 2 con respecto al límite de deflexión

**Contrastación de la hipótesis:**

Se rechaza la hipótesis debido a que la deflexión generada en el sistema 2 es de 28.9 mm la cual si cumple con ser menor que los 31.2 mm que nos indica la norma, pero se puede apreciar que la deflexión del sistema 2 es muy cercana al de la norma.

**Indicador 4: Esfuerzos en los elementos (V, M) para carga transitoria.**

**TABLA 17.** Resultados de V para carga transitoria en ambos sistemas.

	CORTANTE PARA CARGA TRANSITORIA	CORTANTE PARA CARGA ELR
SISTEMA 1	188.76 kN (101.42%)	1037.01 kN
SISTEMA 2	93.715 kN	340.795 kN.m

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17 el sistema 1 respecto al sistema 2 se incrementa 101.42% en cortante para carga transitoria.

**TABLA 18.** Resultados de M para carga transitoria en ambos sistemas.

	MOMENTO PARA CARGA TRANSITORIA	MOMENTO PARA CARGA ELR
SISTEMA 1	1463.96 kN.m (143.13%)	8042.73 kN.m
SISTEMA 2	602.111 kN.m	2187.427 kN.m

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18 el sistema 1 respecto al sistema 2 se incrementa 143.13% en momento para carga transitoria.

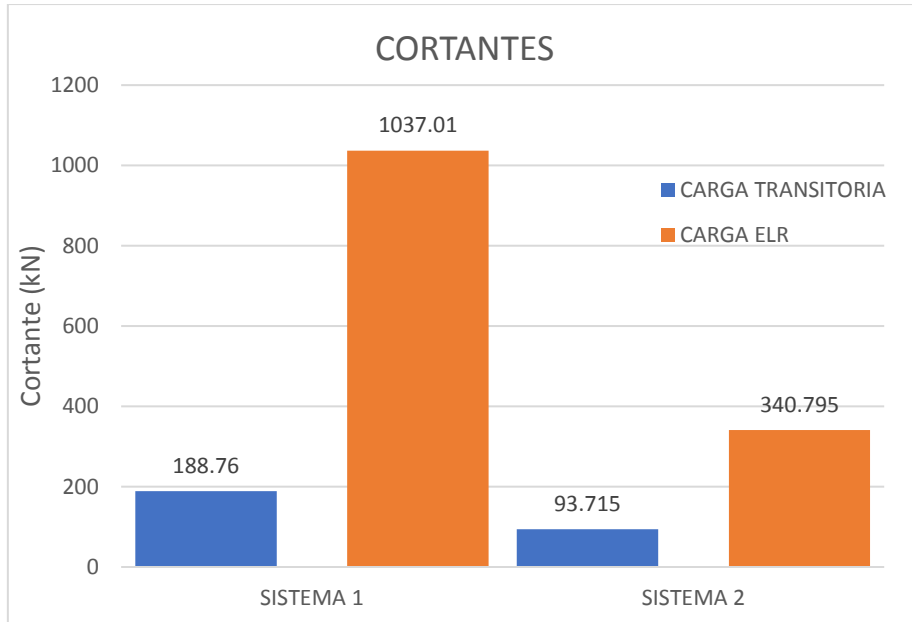


Figura 73. Gráfico de barras de cortantes.

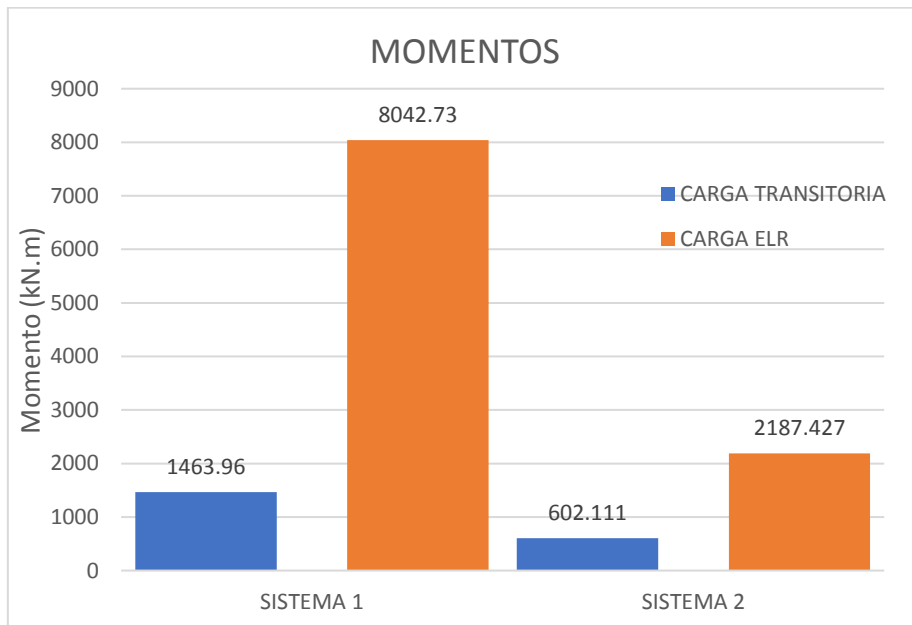


Figura 74. Gráfico de barras de momentos.

En la figura 73 se pudo visualizar que las cortantes para los sistemas 1 y 2 con respecto a las cargas permanentes son 188.76 kN y 93.715 kN respectivamente, la norma indica que para el cálculo de cortante se debe tener referencia el estado límite de resistencia, en el ELR tenemos valores de 1037.01 kN y 340.795 kN para el sistema 1 y 2 respectivamente los cuales son mayores a las cortantes del estado de carga transitoria. En la figura 74 se visualizó el mismo escenario que en la figura 73 en la que los momentos del ELR son mayores que los momentos de la carga transitorias en los sistemas 1 y 2.

**Contrastación de la hipótesis:**

Se acepta la hipótesis debido a que la deflexión generada en el sistema 1 es de 18.3 mm la cual si cumple con ser menor que los 31.2 mm que nos indica la norma y la diferencia de ambos valores es considerable.

## **V. DISCUSIÓN**

### **Indicador 1: Frecuencia vertical y horizontal.**

En el trabajo de investigación, utilizando un análisis modal en el puente de luz 31.2 metros se determinó que el valor de la frecuencia horizontal es 1.59 Hz y vertical es 2.66 Hz en el sistema 1 y para en el sistema 2 se obtuvo frecuencia horizontal de 2.06 Hz y frecuencia vertical de 2.85 Hz.

Mientras que para el sistema 1 no se obtuvo información respecto a este indicador.

Mientras que para Ccaso (2017), al analizar un puente metálico soldado de luz 32.5 metros se obtuvo frecuencias horizontal y vertical de 1.87Hz y 3.89 Hz.

Para el sistema 1 no se encontró la forma de comparación debido a que los sistemas estructurales son diferentes.

Los resultados son diferentes debido a que en el trabajo de investigación se está analizando un puente de 31.2 metros de luz que cuenta con 2 apoyos mientras que Ccaso analiza un puente de 32.5 metros con 2 apoyos y también porque el tipo de puente que analiza Ccaso es de una estructura metálica (vigas y planchas metálicas para losa), en mi trabajo de investigación el sistema 2 es el sistema de sección compuesta (vigas de acero y losa de acero).

### **Indicador 2: Esfuerzos en los elementos (V, M) para carga permanente.**

En el trabajo de investigación, utilizando un análisis de cargas DC en el puente de luz 31.2 metros se determinó que para el sistema 1 el valor de la cortante máxima es de 565.34 kN y del momento máximo es de 4384.64 kN.m y para en el sistema 2 se obtuvo una cortante máxima es de 141.435 kN y del momento máximo es de 906.833 kN.m.

Mientras que para el sistema 1 no se obtuvo información respecto a este indicador.

Mientras que para Salas (2018), al analizar un puente atirantado de luz de 55 metros el valor de la cortante máxima de peso propio y baranda son 322.14 kN y 13.612 kN respectivamente y del momento máximo de peso propio y baranda son de 1786.851 kN.m y 101.153 kN.m respectivamente, de la cual podemos concluir que para el estado

de carga DC se debe sumar ambos valores dándonos así, cortante máxima de 335.752 kN y momento máximo de 1888.004 kN.m.

Para el sistema 1 no se encontró la forma de comparación debido a que los sistemas estructurales son diferentes.

Los resultados son diferentes debido a que en el trabajo de investigación se está analizando un puente de 31.2 metros de luz que cuenta con 2 apoyos mientras que Salas analiza un puente de 65 metros con luz principal de 55 metros con 3 apoyos los cuales se ubican al inicio, al final y a 10 metros del inicio donde está la torre y también porque el tipo de puente que analiza Salas es un puente atirantado con 55 metros de viga metálica, mientras que en mi trabajo el sistema 2 es de sección compuesta (vigas de acero y losa de acero).

### **Indicador 3: Deflexión máxima.**

En el trabajo de investigación, utilizando el estado de carga PL en el puente de luz 31.2 metros se determinó que el valor de las deflexiones fueron 18.3 mm y 28.9 mm en el sistema 1 y sistema 2 respectivamente.

Mientras que para el sistema 1 no se obtuvo información respecto a este indicador.

Mientras que para Castro y Villareal (2016), al analizar un puente mixto de luz de 36 metros el valor de la deflexión es 43 mm.

Para el sistema 1 no se encontró la forma de comparación debido a que los sistemas estructurales son diferentes.

Los resultados son diferentes debido a que en el trabajo de investigación se está analizando un puente de 31.2 metros de luz que cuenta con 2 apoyos mientras que Castro y Villareal analizan un puente de 36 metros de sección mixta o compuesta. Teniendo en consideración que mi sistema 2 también es una sección compuesta estas tampoco se asemejan debido a que el ancho de losa que usa Castro y Villareal es de 2 metros y las planchas metálicas que usan para las vigas son A-36 el cual según la

norma ASTM tiene menor resistencia que las planchas metálicas A 709 grado 50 que se usó para las vigas en el sistema 2 de este trabajo de investigación. Siguiendo el criterio que nos brinda el Manual de puentes sobre el límite de deflexión el cual es “luz/1000” podríamos decir que la deflexión calculada por Castro y Villareal de 43mm es mayor al límite de deflexión que son 36mm en este caso, entonces no cumple con lo requerido por la norma.

#### **Indicador 4: Esfuerzos en los elementos (V, M) para carga transitoria.**

En el trabajo de investigación, utilizando un análisis de cargas PL en el puente de luz 31.2 metros se determinó que para el sistema 1 el valor de la cortante máxima es de 188.76 kN y del momento máximo es de 1463.96 kN.m y para en el sistema 2 se obtuvo una cortante máxima es de 93.715 kN y del momento máximo es de 602.111 kN.m.

Mientras que para Peralta (2018), al analizar un puente atirantado de luz de 18.7 metros el valor de la cortante máxima es 44.517 kN y del momento máximo es de 178.463 kN.m.

Mientras que para el sistema 2 no se obtuvo información respecto a este indicador.

Los resultados son diferentes debido a que en el trabajo de investigación se está analizando un puente de 31.2 metros de luz que cuenta con 2 apoyos mientras que Peralta analiza un puente de 18.7 metros de luz principal con 2 apoyos y es un sistema de concreto armado.

Para el sistema 2 no se encontró la forma de comparación debido a que los sistemas estructurales son diferentes.



## **VI. CONCLUSIONES**

- De la evaluación realizada se ha determinado que respecto a la frecuencia vertical el sistema 2 influye positivamente incrementándose la frecuencia en 7.14% respecto al sistema 1 y respecto a la frecuencia horizontal también influye positivamente dado que se incrementa 29.56% respecto al sistema 1 según se indica en la tabla 12. Además, ambos sistemas cumplieron con los criterios propuestos por la norma AASHTO para la frecuencia horizontal, pero no para frecuencia vertical, debido a esto se realizó el análisis del segundo criterio de frecuencia vertical propuesta por AASHTO que nos indicó un incremento de 258.27% para el sistema 1 y 91.95% para el sistema 2 según se indica en la tabla 13, valores que cumplen con lo especificado en la norma por lo tanto se considera que la frecuencia vertical se encuentra dentro de los parámetros admisibles.
- Del cálculo realizado se ha determinado que respecto a la cortante para carga permanente el sistema 1 influye positivamente incrementándose la capacidad cortante en 299.71% respecto al sistema 2 y respecto al momento para carga permanente el sistema 1 influye positivamente incrementándose la capacidad del momento en 383.51% respecto al sistema 2 según se indica en la tabla 14 y 15.
- Del análisis realizado se ha determinado que respecto a la deflexión el sistema 1 influye positivamente disminuyéndose la deflexión en 36.68% respecto al sistema 2 según se indica en la tabla 16. Además, ambos sistemas cumplen con el criterio de deflexión límite propuestos por el manual de puentes 2018.
- Se ha determinado que respecto a la cortante para carga transitoria el sistema 1 influye positivamente incrementándose la capacidad cortante en 101.42% respecto al sistema 2 y respecto al momento para carga transitoria el sistema 1 influye positivamente incrementándose la capacidad al momento en 143.13% respecto al sistema 2 según se indica en la tabla 17 y 18.
- Finalmente se ha determinado que respecto a la frecuencia vertical el más adecuado es el sistema 1 y respecto a la frecuencia horizontal el más apropiado es el sistema 2. Respecto a la cortante y momento para cargas DC se determinó

que el sistema 1 es el más adecuado. En la deflexión tomando en cuenta los resultados indicados anteriormente se ha definido que el sistema 1 es el más pertinente. Respecto a la cortante y momento para cargas PL se determinó que el sistema 1 es el más adecuado. Respecto a la tabla 9 se puede apreciar que el sistema 2 trabaja a mayor cantidad de lo que debería en la viga y losa, esos excesos de trabajo son características negativas para este sistema. Por lo anteriormente mencionado se determinó que el sistema 1 (concreto armado postensado) es el mejor sistema para el puente peatonal ubicado en la avenida Alfredo Mendiola 6232 – Los Olivos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que la deflexión no sea mayor al límite indicado, porque al no seguir este criterio cuando el puente sea construido, la superestructura tendrá una tendencia a flexionarse verticalmente lo cual sería permisible para los peatones y a su vez se podrá visualizar la deflexión, generando temor a los peatones y posteriormente provocaría el desuso del puente peatonal.
- Es aconsejable que para modelar sistemas estructurales con 2 materiales o más en el programa Robot, se haga uso de la opción “rigid links” ya que estos se encargan de unir los elementos y transferir grados de libertad para trabajar de manera integral.
- Considerando que la normativa peruana no presenta controles para frecuencias verticales u horizontales se recomienda adoptar la norma AASHTO para la verificación de este indicador.
- Se recomienda que para calcular momentos y cortantes en el programa Robot se calculen en ejes globales, no en locales.
- Se sugiere que para la construcción de puentes peatonales en ubicaciones con las mismas características que el usado en esta tesis, se usen sistemas estructurales prefabricados, debido a que son fáciles de colocar y no se necesita cerrar el tránsito por periodos largos de tiempo.
- Es necesario que para modelar secciones transversales que no se encuentran predeterminadas en el programa Robot se creen estas secciones en el programa AutoCAD para posteriormente importarlas en el programa Robot y darle sus características correspondientes para que finalmente sean modelados de manera correcta.

## **REFERENCIAS**

1. AGREDO, Angélica, SARMIENTO, Silvia y VIVIESCAS, Álvaro. Evaluación de la rigidez a flexión de puentes de viga y losa en concreto presforzado a partir de pruebas de carga. Caso de estudio: Puente La Parroquia vía La Renta - San Vicente de Chucurí. *UIS Ingenierías* [en línea]. Junio 2016, vol. 15, n.º 2 [fecha de consulta: 11 de septiembre de 2021].  
Disponibile en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6299714>  
ISSN: 1657-4583  
ISSN-e: 2145-8456
  
2. ALVA, Gerson, LACERDA, Maiza Y DA SILVA, Turibio. Experimental study on precast beam-column connections with continuity reinforcement for negative bending moments. *IBRACON de Estruturas e Materiais* [en línea]. Marzo - abril 2020, vol. 13, n.º 2 [fecha de consulta: 28 de junio de 2021].  
Disponibile en:  
<https://www.scielo.br/j/riem/a/VPmqVLLMpBNdT7xPtLqMcKn/?lang=en#>  
ISSN: 1983-4195
  
3. ARIAS, Jesús, VILLASIS, Miguel y MIRANDA, María. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea]. Abril - junio 2016, vol. 63, n.º 2 [fecha de consulta: 12 de mayo de 2021].  
Disponibile en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>  
ISSN: 0002-5151
  
4. ARTEAGA, Isabel, GARCÍA, Diva, GUZMÁN, Cesar y MAYORGA, José. El espacio público de los puentes peatonales: Lecciones del BRT de Bogotá. *Urbano* [en línea]. Noviembre 2017, vol. 20, n.º 36 [fecha de Consulta: 27 de Julio de 2021].  
Disponibile en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19853617010>  
ISSN: 0717-3997

5. BELTRÁN, Diego. Evaluación técnica, económica y social, Ex Post construcción, de viviendas de tipo emergente implementadas debido al terremoto del 16 de abril del 2016. (Disertación previa la obtención del título de ingeniero civil). Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de civil, 2018. 322 pp.  
Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15431>
  
6. CASTILLO, Nerie, ESPINOSA, Gabriela, BRIONES, Eloy Y ESPINOSA, Jaime. El desarrollo de la educación inicial y su implicación en los recursos didácticos. *Ciencia y educación Edwards Deming* [en línea]. Julio - diciembre 2019, vol. 3, n.º 2 [fecha de consulta: 13 de mayo de 2021].  
Disponible en: <http://www.revista-edwardsdeming.com/index.php/es/article/viewFile/36/62>  
ISSN: 2600-5867
  
7. CASTRO, Guido y SARMIENTO, Fernando. Desing and calculation of cable-stayed arch stretch of a railway bridge of metallic superstructure. *Ciencia e Ingeniería* [en línea]. Marzo 2020, vol. 41, n.º 1 [fecha de consulta: 8 de julio de 2021].  
Disponible en:  
<http://bdigital2.ula.ve:8080/xmlui/bitstream/handle/654321/4807/15870-21921931875-1-SM-1.pdf%20%28art4%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
ISSN: 1316-7081
  
8. CASTRO, Cristian y VILLAREAL, Diego. Diseño de un puente peatonal de estructura mixta como modelo de construcción para la autopista Cajas-Otavalo KM 14+280. (Trabajo de graduación previo a la obtención del título de ingeniero civil). Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de ingeniería, ciencias físicas y matemática, 2016. 585 pp.  
Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7356>



9. CCASO, Noel. Evaluación analítica de vibraciones en puentes peatonales debido a carga peatonal, caso puentes de la Panamericana Norte km19+000-km25+500 lima. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Escuela profesional de ingeniería civil, 2017. 146 pp.  
Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/19976>
10. DIAZ, I., LARRUA, L, WAINSHOTK, H. y MACKCHASER, M.. Simplified methods to determine shear strength in reinforced concrete beams with fiber-reinforced polymers exposed to fire. *Rev. ing. constr.* [en línea]. Abril 2021, vol.36, n.º 1 [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021].  
Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732021000100097&lang=es#aff2](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732021000100097&lang=es#aff2)  
ISSN: 0718-5073
11. ESPINOZA, Eudaldo. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Segunda parte. *Conrado* [en línea]. Julio 2019, vol.15, n.º 69 [fecha de consulta: 13 de mayo de 2021].  
Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n69/1990-8644-rc-15-69-171.pdf>  
ISSN: 1990-8644
12. FERNÁNDEZ, Leonardo. El puente, obra de ingenieros (I). Los puentes del primer periodo y sus constructores. Puentes de piedra y de madera. *Revista de Obras Publicas* [en línea]. Octubre 2014, vol. 161, n.º 3558 [fecha de consulta: 10 de agosto de 2021].  
Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4857460>  
ISSN: 0034-8619
13. FIGUEREDO, Ana, LEÓN, Rafael y MARTÍNEZ, Mariela. Procedimiento para el procesamiento de información científica en la DPI de la carrera Ingeniería

Forestal. *Biblios: Journal of Librarianship and Information Science* [en línea]. 2019, vol. 1, n.º 75 [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2021].  
Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/biblios/n75/a05n75.pdf>  
ISSN: 1562-4730

14. FLORES, Eric, MIRANDA, María y VILLASIS, Miguel. El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Revista Alergia México* [en línea]. Octubre 2017, vol. 64, n.º 3 [fecha de consulta: 15 de agosto de 2021].  
Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2448-91902017000300364&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2448-91902017000300364&lng=es&nrm=iso)  
ISSN: 2448-9190

15. GUEVARA, Gladys, VERDESOTO, Alexis y CASTRO, Nelly. Metodologías De Investigación Educativa (descriptivas, Experimentales, Participativas, Y De Investigación-Acción. *Recimundo* [en línea]. Julio 2020, vol. 4, n.º 3 [fecha de consulta: 15 de septiembre 2021].  
Disponible en: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>  
ISSN-E: 2588-073X

16. HERNÁNDEZ, Sandra y AVILA, Danae. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* [en línea]. Diciembre 2020, vol. 9, n.º 17 [fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021].  
Disponible en:  
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/download/6019/7678>  
ISSN: 2007-4913

17. HUERGO, Ivan y HERNÁNDEZ, Hugo. Control pasivo de vibraciones verticales inducidas por personas en puentes peatonales. *Ing. invest. y tecnol.* [en línea]. Marzo 2020, vol.21, n.º 2 [fecha de consulta: 14 de agosto de 2021].  
Disponibile en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432020000200107&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432020000200107&lang=es)  
ISSN: 1405-7743
18. INEI. Seguridad Vial [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2021].  
Disponibile en:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1366/cap11.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1366/cap11.pdf)
19. INEI. Estado de la población peruana 2020 [en línea]. Enero-junio 2020. [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2021].  
Disponibile en:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf)
20. JORDAN, Javier, FERRÁZ, Ricardo y SOBRINO, Juan. Análisis comparativo del diseño de un puente mixto mediante Eurocódigo y AASHTO LRFD. *Hormigón y Acero* [en línea]. Enero - marzo 2014, vol. 65, n.º 271 [fecha de consulta: 9 de agosto de 2021].  
Disponibile en: <https://www.elsevier.es/es-revista-hormigon-acero-394-articulo-analisis-comparativo-del-diseno-un-S0439568914500071>  
ISSN: 0439-5689
21. JURKOVIĆ, Željka, KOŠKI, Željko y LOVOKOVIĆ, Danijela. Pedestrian bridges as elements of the new urban identity of cities. *Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS* [en línea]. Febrero 2021, vol. 12, n.º 22 [fecha de consulta: 13 de agosto de 2021].

Disponible en: <http://e-gfos.gfos.hr/app/storage/protected/23-07-2021-05-53-46-egfos-2021-22-2.pdf>

ISSN:1847-8948

22. LEÓN, Julio. Respuesta dinámica de puentes peatonales en la dirección lateral frente a cargas peatonales. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Escuela profesional de ingeniería civil, 2018. 176 pp.

Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/17074/1/leon\\_dj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/17074/1/leon_dj.pdf)

23. LLACCHUA, Carlos. Plantear el diseño de un puente peatonal para una óptima fluidez en la avenida Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos, 2018. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Escuela profesional de ingeniería civil, 2018. 103 pp.

Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/29134/Llacchua\\_UCAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/29134/Llacchua_UCAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

24. LÓPEZ, Raúl, AVELLO, Raidell, PALMERO, Diana, SÁNCHEZ, Samuel y QUINTANA Moisés. Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Medicina Militar* [en línea]. Junio 2019, vol. 48, n.º 2 [fecha de consulta: 6 de julio de 2021].

Disponible en:

<http://www.revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/390/331>

ISSN: 1561-3046

25. MAYORI, Alejandro. *Resistencia de materiales aplicada* [en línea]. 1.a ed. La Paz: Yucatán Hermosa, 2014 [fecha de consulta: 10 de mayo de 2021].

Disponible en:

[https://www.cartagena99.com/recursos/otros/apuntes/Resistencia\\_de\\_Materiales\\_Aplicada.pdf](https://www.cartagena99.com/recursos/otros/apuntes/Resistencia_de_Materiales_Aplicada.pdf)

26. NAVARRO, Dunia. El proceso de observación: El caso de la práctica supervisada en inglés en la Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales* [en línea]. Febrero 2013, vol. 14, n.º 28 [fecha de consulta: 8 de septiembre de 2021].  
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66629446004>  
ISSN: 2215-2458
27. NAVARRO, Enrique, JIMÉNEZ, Eva, RAPPOPORT, Soledad y THOILLIEZ, Bianca. Fundamentos de la investigación y la innovación educativa [en línea]. 1ª ed. España: UNIR, 2017 [fecha de consulta: 12 de junio de 2021].  
Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/317937065\\_Fundamentos\\_de\\_la\\_investigacion\\_y\\_la\\_innovacion\\_educativa](https://www.researchgate.net/publication/317937065_Fundamentos_de_la_investigacion_y_la_innovacion_educativa)  
ISBN: 978-84-16602-55-1
28. OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea]. 2017, vol. 35, n.º 1 [fecha de consulta: 11 de agosto de 2021]  
Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci\\_abstract](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_abstract)  
ISSN: 0717-9502
29. PANESSO, Angélica María, MARULANDA, Johannio y THOMSON, Peter. Experimental evaluation of vibration based damage identification techniques on a pedestrian bridge. *Dyna rev.fac.nac.minas* [en línea]. Abril - junio 2019, vol.86, n.º 209 [fecha de consulta: 29 de agosto de 2021].  
Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532019000200009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532019000200009)  
ISSN 0012-7353

30. PERALTA, Franklin. Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel-Chiclayo. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Chiclayo: Universidad Señor de Sipán, Escuela académico profesional de ingeniería civil, 2018. 198 pp.  
Disponible en:  
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4570/Peralta%20Peralta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
31. PINTO, Arnaldo y TORRES, Rafael. Incidencia de la norma AASHTO LRFD bridge design specifications en el análisis y diseño de tableros de puentes de concreto reforzado. *Ciencia e Ingeniería* [en línea]. Agosto - noviembre 2015, vol. 36, n.º 3 [fecha de consulta: 14 de mayo de 2021].  
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550629002>  
ISSN: 1316-7081
32. PIZA, Narcisa, AMAIQUEMA, Francisco y BELTRÁN, Gina. Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Conrado* [en línea]. Septiembre - octubre 2019, vol. 15, n.º 70 [fecha de consulta: 29 de agosto de 2021].  
Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442019000500455](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000500455)  
ISSN: 1990-8644
33. POSSO, Richard y BERTHEAU, Edda. Validez y confiabilidad del instrumento determinante humano en la implementación del currículo de educación física. *Educare* [en línea]. Septiembre - diciembre 2020, vol. 24, n.º 3 [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2021].  
Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7834178>  
ISSN: 224-7296

34. PUMA, Eduardo. Evaluación Del desempeño dinámico De Estructuras Mixtas De Bambú Estructural Y Concreto Armado Mediante Ensayos a Escala Con Un Simulador De Aceleraciones sísmicas. *Cátedra Villarreal* [en línea]. Junio 2014, vol. 2, n.º 1 [fecha de consulta: 7 de mayo de 2021].  
Disponibile en: <https://revistas.unfv.edu.pe/RCV/article/view/29>  
ISSN: 2310-4767
35. QUINTANILLA, Darío. Ensayos experimentales en vigas de concreto postensado con tendones adheridos y no adheridos. Tesis (Magister en ingeniería civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de postgrado, 2016. 86 pp.  
Disponibile en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7687>
36. SALAS, Edwin. Diseños preexperimentales en psicología y educación: una revisión conceptual. *liber.* [en línea]. Julio 2013, vol.19, n.º 1 [fecha de consulta: 19 de septiembre de 2021].  
Disponibile en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272013000100013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272013000100013&script=sci_arttext)  
ISSN 1729-4827
37. SALAS, Reyme. Revisión y análisis crítico del diseño estructural del puente peatonal solidaridad ubicado en el malecón checa, límite entre los distritos de san juan de Lurigancho y el Agustino (Lima). Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencias e ingeniería, 2018. 105 pp.  
Disponibile en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11733>
38. SÁNCHEZ, Víctor, MELCHOR, Carlos y LEÓN, Julio. Estudio del fenómeno de Excitación Sincrónica Lateral caso: Puente Peatonal “Rayitos De Sol”. *Tecnia* [en línea]. Julio - diciembre 2020, vol.30, n.º 2 [fecha de consulta: 21 de Julio de 2021].

Disponible en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2309-04132020000200018&lang=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2309-04132020000200018&lang=es)

ISSN 0375-7765

39. SHUANGRUI, Chen y QUANSHENG, Yan. The Bayesian Forecasting of the Bridge Deflection Based on Constant Mean Discount Model. *The Open Civil Engineering Journal* [en línea]. Noviembre 2015, vol. 9 [fecha de consulta: 10 de agosto de 2021].

Disponible en: <https://opencivilengineeringjournal.com/VOLUME/9/PAGE/1016/>

ISSN: 1874-1495

40. U.S. Department of Labor. Investigation of March 15, 2018 Pedestrian Bridge Collapse at Florida International University, Miami, FL [en línea]. Julio 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2021].

Disponible en: [https://www.osha.gov/sites/default/files/2019-12/2019\\_r\\_03.pdf](https://www.osha.gov/sites/default/files/2019-12/2019_r_03.pdf)

41. VENTURA, José. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana Salud Pública* [en línea]. Octubre - diciembre 2017, vol.43, n.º 4 [fecha de consulta: 14 de mayo de 2021].

Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662017000400014](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662017000400014)

ISSN: 0864-3466

42. VIORATO, Nancy y REYES, Vianey. La ética en la investigación cualitativa. *Cuidarte* [en línea]. Agosto 2019, vol. 8, n.º 16 [fecha de consulta: 12 de mayo de 2021].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22201/fesi.23958979e.2019.8.16.70389>

ISSN: 2395-8979



## **ANEXOS**


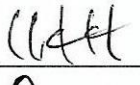
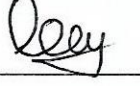
## ANEXO 1: Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><u>Problema general</u> ¿De qué manera los sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales influyen en la evaluación técnica?</p>	<p><u>Objetivo general</u> Determinar de qué manera los sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales influyen en la evaluación técnica</p>	<p><u>Hipótesis general</u> Los sistemas estructurales de sección compuesta con vigas metálicas en puentes peatonales influyen positivamente en la evaluación técnica.</p>	<p>Variable Independiente: Sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales</p>	D1: Puente simplemente apoyado de sección compuesta con vigas metálicas	I1: Luz (m)
					I2: Peralte (m)
				D2: Puente simplemente apoyado de C.A. postensado	I1: Luz (m)
					I2: Peralte (m)
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS			
¿De qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en la frecuencia vertical y horizontal debido a cargas permanentes?	Evaluar de qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en la frecuencia vertical y horizontal debido a cargas permanentes.	El sistema estructural de sección compuesta con vigas metálicas en puentes peatonales influye positivamente en la frecuencia vertical y horizontal debido a cargas permanentes.	<p>Variable dependiente: Evaluación técnica</p>	<p>D1: Respuesta a cargas permanentes (DC)</p>	I1: Frecuencia vertical y horizontal (Hz)
¿De qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en los esfuerzos en los elementos debido a cargas permanentes?	Calcular de qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en los esfuerzos en los elementos debido a cargas permanentes.	El sistema estructural de C.A. postensado en puentes peatonales influye positivamente en la frecuencia vertical y horizontal debido a cargas permanentes.			I2: Esfuerzos en los elementos (V, M)
¿De qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en la deflexión máxima?	Analizar de qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en la deflexión máxima.	El sistema estructural de sección compuesta con vigas metálicas en puentes peatonales influye positivamente en la deflexión máxima.		<p>D2: Respuesta a cargas transitorias (PL)</p>	I1: Deflexión máxima (mm)
¿De qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en los esfuerzos en los elementos debido a cargas transitorias?	Determinar de qué manera los sistemas estructurales de puentes peatonales influyen en los esfuerzos en los elementos debido a cargas transitorias.	El sistema estructural de C.A. postensado en puentes peatonales influye positivamente en la deflexión máxima.			I2: Esfuerzos en los elementos (V, M)


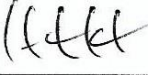

## ANEXO 2: Matriz de Operacionalización.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ NIVELES DE MEDICIÓN
VI: Sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales	La superestructura es aquella sección del puente que tiene como componentes principales a las vigas y el tablero los cuales soportan las cargas de forma directa (Pinto y Torres, 2015, p. 7). Los sistemas estructurales se clasifican en tres grandes grupos que son: puentes tipo viga, suspendidos y arco (MTC, 2018, p.58).	Primeramente, se efectuará el predimensionamiento para posteriormente definir los materiales y la geometría de las dimensiones 1 y 2.	D1: Puente simplemente apoyado de sección compuesta con vigas	I1: Luz (m)	Intervalo
				I2: Peralte (m)	Intervalo
			D2: Puente simplemente apoyado de C.A. postensado	I1: Luz (m)	Intervalo
				I2: Peralte (m)	Intervalo
VD: Evaluación técnica	La evaluación técnica es indispensable en todos los proyectos de construcción pues esto determina si la construcción realizada esta debidamente elaborada, teniendo en cuenta los parámetros de construcción y con los materiales adecuados para garantizar la seguridad de la obra y así poderlos integrar las construcciones de una manera adecuada con los espacios urbanos. (Beltrán, 2018, p. 100).	Se realizará el análisis y luego el diseño con el apoyo del software Robot Structural Analysis Professional para calcular los indicadores de las dimensiones de la variable dependiente.	D1: Respuesta a cargas permanentes (DC)	I1: Frecuencia vertical y lateral (Hz)	Intervalo
				I2: Esfuerzos en los elementos (V, M)	Intervalo
			D2: Respuesta a cargas transitorias (PL)	I1: Deflexión máxima (mm)	Intervalo
				I2: Esfuerzos en los elementos (V, M)	Intervalo



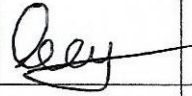
**ANEXO 3: Ficha técnica N° 1.**

FICHA TÉCNICA N° 1					
TITULO		Evaluación técnica de sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales, Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos – 2021			
AUTOR		Ugarte Bernuy, Abraham Elias			
INDICADOR		Frecuencia vertical y lateral			
UBICACIÓN		Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos			
		Rigidez K	Masa	RESULTADOS	
				F. Vertical	F. Horizontal
Unidades		kN/m	kg	Hz	
Dimensiones	Puente simplemente apoyado de C.A. postensado.	15923.567	202445.14	2.66	1.59
	Puente simplemente apoyado de sección compuesta con vigas metálicas.	8620.69	141826.48	2.85	2.06
VALIDACIÓN					
Apellidos y nombres		CIP	Firma	Puntaje	
SANGAMA SVAZO SAUL		181032		0.8	
LLACCHUA UNION CARLOS		238662		0.95	
LOA LÓPEZ, KENYO E.		256185		1.0	
PROMEDIO				0.9	


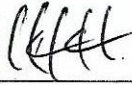

**ANEXO 4: Ficha técnica N° 2.**

FICHA TÉCNICA N° 2							
TITULO		Evaluación técnica de sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales, Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos – 2021					
AUTOR		Ugarte Bernuy, Abraham Elias					
INDICADOR		Esfuerzos en los elementos (V, M) para carga permanente.					
UBICACIÓN		Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos					
						<b>RESULTADOS</b>	
		Peso específico de los materiales	L	Ancho del puente	Peralte	Espesores de platina	
Unidades		kg/m3	m	m	m	m	
Dimensiones	Puente simplemente apoyado de C.A. postensado.	25.0	31.2	2.8	1.37	-	<b>565.34</b> <b>4384.64</b>
	Puente simplemente apoyado de sección compuesta con vigas metálicas.	Acero= 76.97  Concreto= 25.0	31.2	2.8	1.15	Ala= 2.54  Alma= 1.9	<b>141.435</b> <b>906.833</b>
<b>VALIDACIÓN</b>							
Apellidos y nombres		CIP	Firma		Puntaje		
SANGAMA SUAZO SAUL		181032			0.9		
LLACCHUA UNTON CARLOS		238662			0.95		
LOALOPEZ, KENYO F.		256185			1.0		
PROMEDIO					0.95		

**ANEXO 5: Ficha técnica N° 3.**

FICHA TÉCNICA N° 3						
TITULO		Evaluación técnica de sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales, Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos – 2021				
AUTOR		Ugarte Bernuy, Abraham Elias				
INDICADOR		Deflexión máxima				
UBICACIÓN		Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos				
		Rigidez K (kN/m)			Carga viva peatonal	RESULTADOS
		E	I	L		
Unidades		GPa	m <sup>4</sup>	m	KPa	mm
Dimensiones	Puente simplemente apoyado de C.A. postensado.	30.668	0.327	31.2	4.31	18.3
	Puente simplemente apoyado de sección compuesta con vigas metálicas.	Concreto= 30.668 Acero= 200.0	0.0266	31.2	4.31	28.9
VALIDACIÓN						
Apellidos y nombres		CIP		Firma	Puntaje	
SANGAMA JUAZO JAUL		181032			0.9	
LLACCHUA UNTON CARLOS		238662			0.9	
LOA LÓPEZ, KENYO E.		256185			1.0	
PROMEDIO					0.9	


**ANEXO 6: Ficha técnica N° 4.**

FICHA TÉCNICA N° 4						
TÍTULO		Evaluación técnica de sistemas estructurales para la superestructura de puentes peatonales, Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos – 2021				
AUTOR		Ugarte Bernuy, Abraham Elias				
INDICADOR		Esfuerzos en los elementos (V, M) para carga transitoria.				
UBICACIÓN		Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos				
		Carga peatonal	L	Ancho del puente	RESULTADOS	
Unidades		psf	m	m	Cortante	Momento
					kN	kN.m
Dimensiones	Puente simplemente apoyado de C.A. postensado.	90	31.2	2.8	188.76	1463.96
	Puente simplemente apoyado de sección compuesta con vigas metálicas.	90	31.2	2.8	93.715	602.111
VALIDACIÓN						
Apellidos y nombres		CIP	Firma	Puntaje		
SANGAMA SUAZO SAUL		181032		0.8		
LLACCHUA UNTON CARLOS		238662		0.95		
LOA LÓPEZ, KENYO E.		256185		1.0		
PROMEDIO				0.9		

## ANEXO 7: Licencia original del software Robot Structural Analysis Professional.

### Administrador de licencias ✕

Las licencias en uso en esta aplicación

 **Robot Structural Analysis Professional**  
Licencia de usuario : desconocido [Cambiar tipo de licencia](#)

Detalles de licencia ⓘ	ID de Autodesk abrahan305	Fecha de caducidad de la licencia sábado, 22 de octubre de 2022
	Comportamiento de licencia Desconocido	

Módulos de extensión, complementos y extensiones de Autodesk