



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DINÁMICAS DE UN PUENTE  
ATIRANTADO CON TABLERO TIPO LOSA SOBRE VIGAS CON  
SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO

ULLOA AGUILAR KLEINER RENE  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DINÁMICAS DE UN PUENTE  
ATIRANTADO CON TABLERO TIPO LOSA SOBRE VIGAS CON  
SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO

ULLOA AGUILAR KLEINER RENE  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DINÁMICAS DE UN PUENTE ATIRANTADO  
CON TABLERO TIPO LOSA SOBRE VIGAS CON SISTEMA DE AISLAMIENTO  
SÍSMICO

ULLOA AGUILAR KLEINER RENE  
INGENIERO CIVIL

ORDÓÑEZ FERNANDEZ JOSÉ LUIS

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA  
27 de febrero de 2023

# Propiedades dinámicas de un puente atirantado

*por* Kleiner Rene Ulloa Aguilar

---

**Fecha de entrega:** 22-feb-2023 03:08p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2020671458

**Nombre del archivo:** ULLOA\_AGUILAR\_KLEINER\_RENE.docx (1.57M)

**Total de palabras:** 9245

**Total de caracteres:** 44757

# Propiedades dinámicas de un puente atirantado

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://mafiadoc.com">mafiadoc.com</a> Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1%
5	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
10	scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
12	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
13	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
14	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
16	revistas.uclave.org Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui Trabajo del estudiante	<1 %
18	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
19	www.hormigonyacero.com Fuente de Internet	<1 %

20	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
22	<a href="http://dominiodelasciencias.com">dominiodelasciencias.com</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Tecnológica Indoamerica Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="http://previews.americangeosciences.org">previews.americangeosciences.org</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
28	Jair Giovanni Ramírez González. "Recubrimientos nanoestructurados preparados usando técnicas asistidas por plasmas", Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2012 Publicación	<1 %
29	<a href="http://infonos.com">infonos.com</a> Fuente de Internet	<1 %

30

Leidy Indira Hinestroza Còrdoba. "Aplicación de tecnologías sostenibles para el desarrollo de alimentos nutritivos y saludables dirigidos a mejorar el estado nutricional de la población del departamento del Chocó (Colombia)", Universitat Politecnica de Valencia, 2021

Publicación

&lt;1 %

31

Nora Beatriz Pierangeli. "Estacionalidad de parasitos intestinales en suelos periurbanos de la ciudad de Neuquen, Patagonia, Argentina", Tropical Medicine and International Health, 3/2003

Publicación

&lt;1 %

32

[es.unionpedia.org](http://es.unionpedia.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

33

[www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)

Fuente de Internet

&lt;1 %

34

Ángela Ruiz Tórtola. "Desarrollo de biosensores nanofotónicos de alta sensibilidad para la detección de biomarcadores microRNA en aplicaciones de diagnóstico médico", Universitat Politecnica de Valencia, 2021

Publicación

&lt;1 %

35

"Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures",

&lt;1 %

# American Society of Civil Engineers (ASCE), 2021

Publicación

36

[issuu.com](https://www.issuu.com)

Fuente de Internet

<1 %

37

[repositorioacademico.upc.edu.pe](https://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

38

[www.icar.org](http://www.icar.org)

Fuente de Internet

<1 %

39

Emilio Granja. "Representaciones de las discapacidades en prensa escrita a partir de las noticias sobre Lenín Moreno.", #PerDebate, 2018

Publicación

<1 %

40

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ULLOA AGUILAR KLEINER RENE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Análisis de las propiedades dinámicas de un puente atirantado con tablero tipo losa sobre vigas con sistema de aislamiento sísmico, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de febrero de 2023



ULLOA AGUILAR KLEINER RENE  
0705879740

## RESUMEN

El presente proyecto tiene la finalidad de dar a conocer el análisis del comportamiento vibracional de la estructura del puente del río Napo. El puente tiene una longitud aproximada de 740 metros en el cual cuenta con un tramo atirantado de 590 metros el cual es el asunto donde desarrollaremos un análisis de los modos de vibración de la estructura ya que esta cuenta con disipadores sísmicos para reaccionar ante cualquier movimiento que se dé, para ello se realizó un modelado en un software de análisis y diseño de puente. En donde mediante la utilización de los planos se plasmó la estructura del puente donde se colocó los pilones, estribos, pilas, tablero y tirantes. El puente cuenta con 2 carriles vehiculares y 2 como ciclovía para el cálculo de la carga viva se utilizó la establecida por la norma que es la HL-93, las cargas muertas fueron calculadas utilizando los valores dados por los planos donde se usó las dimensiones de dichos elementos como la barrera de tráfico, barandas, etc.

El análisis que se realiza es modal, usando los valores de masa en la cual se consideró el total de la carga muerta y el 25% de la carga viva para mediante la utilización del software se determinaron los valores de periodo, frecuencia y el factor de participación de la masa para al final hacer un análisis de los valores con y sin el uso de los disipadores sísmicos para observar su importancia en la estructura del puente.

### **Palabras clave:**

Puente, modos, vibración, carga, disipadores sísmicos.

## **ABSTRAC**

The purpose of this project is to publicize the analysis of the vibrational behavior of the structure of the Napo river bridge. The bridge has an approximate length of 740 meters in which it has a cable-stayed section of 590 meters which is the subject where we will develop an analysis of the vibration modes of the structure since it has seismic dissipators to react to any movement that given, for this a modeling was carried out in a bridge analysis and design software. Where by using the plans the structure of the bridge was captured where the pylons, abutments, piers, deck and stays were placed. The bridge has 2 vehicular lanes and 2 as a bicycle path. For the calculation of the live load, the one established by the standard, which is HL-93, was used. The dead loads were calculated using the values given by the plans where the dimensions of the bridge were used. such elements as the traffic barrier, railings, etc.

The analysis that is carried out is modal, using the mass values in which the total dead load and 25% of the live load were considered, for by using the software the period, frequency and factor values were determined. participation of the mass to finally make an analysis of the values with and without the use of seismic arresters to observe their importance in the structure of the bridge.

### **Keywords:**

Bridge, modes, vibration, load, seismic dissipators.

## INICE DE CONTENIDOS

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
Objetivo general .....	13
Objetivo específico .....	13
<b>II. DESARROLLO .....</b>	<b>14</b>
2.1 Definición de puente .....	14
2.2 Clasificación de los puentes .....	14
2.3 Conceptualización de puente atirantado .....	15
2.3.1 Requisitos de implementación.....	15
2.3.2 Comportamiento estructural .....	15
2.3.3 Fallas estructurales en puente .....	16
Fallas del hormigón armado .....	16
Falla en cables de puente .....	16
Fallas de acero .....	16
2.4 Actividad sísmica en el Ecuador .....	17
2.5 Descripción general del puente .....	17
2.5.1 Ubicación del puente .....	17
2.6 Descripción de superestructura de puente.....	18
2.6.1 Tablero .....	18
2.6.2 Viga longitudinal.....	19
2.6.3 Largueros.....	19
2.6.4 Losa de hormigón armado.....	19
2.6.5 Ménsula.....	19
2.6.6 Diafragmas.....	20
Viga transversal 1 .....	20
Viga transversal tipo 2 .....	20
2.6.7 Pilón .....	20
2.6.8 Pilas.....	20
2.6.9 Estribos .....	20
2.6.10 Disipadores sísmicos.....	21
2.6.11 Especificaciones de diseño .....	21
2.7 Modelado en software de análisis y dimensionamiento de puentes.....	22
2.7.1 Cargas de puente .....	22
Cálculo de cargas .....	22

2.8	Análisis de puente atirantado.....	24
2.8.1	Estructura con apoyos móviles.....	24
2.8.2	Estructura con disipadores .....	26
2.9	Análisis de resultados .....	27
<b>III.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>30</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>32</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Anexo 1. Figura 2.1 Perfil longitudinal tramo atirantado .....	32
Anexo 2. Figura 2.3 Sección transversal del puente.....	33
Anexo 3. Figura 2.3 Viga longitudinal de puente.....	33
Anexo 4. Figura 2.4 Larguero de puente.....	34
Anexo 5. Figura 2.5 Ménsula de puente.....	34
Anexo 6. Figura 2.6 Viga diafragma tipo 1 .....	35
Anexo 7. Figura 2.7 Viga diafragma tipo 2 .....	35
Anexo 8. Figura 2.8 Pílon de puente .....	36
Anexo 9. Figura 2.9 Pilas de puente .....	37
Anexo 10. Figura 2.10 Estribos de puente .....	37
Anexo 11. Figura 2.11 Disipador de puente.....	38
Anexo 12. Tabla 2.9 Resultados de análisis con apoyos móviles .....	38
Anexo 13. Figura 2.12 Vibración de modo 1 con apoyos móviles.....	42
Anexo 14. Figura 2.13 Vibración de modo 9 con apoyos móviles.....	43
Anexo 15. Figura 2.14 Vibración de modo 10 con apoyos móviles.....	43
Anexo 16. Figura 2.15 Vibración de modo 15 con apoyos móviles.....	44
Anexo 17. Figura 2.16 Vibración de modo 22 con apoyos móviles.....	44
Anexo 18. Tabla 2.10 Resultados de análisis con sistema de aislamiento sísmico.	45
Anexo 19. Figura 2.17 Vibración de modo 1 con disipadores sísmicos .....	49
Anexo 20. Figura 2.18 Vibración de modo 2 con disipadores sísmicos .....	49
Anexo 21. Figura 2.19 Vibración de modo 4 con disipadores sísmicos .....	50
Anexo 22. Figura 2.20 Vibración de modo 7 con disipadores sísmicos .....	50
Anexo 22. Figura 2.21 Vibración de modo 13 con disipadores sísmicos .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Coordenadas de ubicación de puente .....	17
Tabla 2.2 Elementos longitudinales de puente .....	18
Tabla 2.3 Resistencia a la compresión de hormigón.....	21
Tabla 2.4 Secuencia de sistema de apoyos .....	24
Tabla 2.5 Resultados de análisis con apoyos móviles .....	25
Tabla 2.6 Rigidez de apoyos pots .....	26
Tabla 2.7 Resultados de análisis con sistema de disipación sísmica .....	26
Tabla 2.8 Resultados de análisis .....	27
Anexo 12. Tabla 2.9 Resultados de análisis con apoyos móviles.....	38
Anexo 18. Tabla 2.10 Resultados de análisis con sistema de aislamiento sísmico ....	45

## I. INTRODUCCIÓN

Los puentes son medios de comunicación importantes que han sido reconocidos a lo largo de la historia para el desarrollo de una sociedad la no solo como atractivo turístico sino para que las comunidades crucen fronteras y lugares de difícil acceso.

La región Amazónica del territorio ecuatoriano está conformada por muchos ríos de gran tamaño, entre los cuales tenemos al río Napo que es el río más grande del Ecuador y además que el país esta inmerso en uno de los sectores con más alto riesgo sísmico por lo que estos son los factores por el cual se desarrolló la estructura de puente con una utilización de la metodología de puente atirantado debido a la gran luz del puente la cual debe cruzar por todo el ancho del río junto con utilización de disipadores sísmicos para los movimientos telúricos a los cuales se encuentra expuesto.

Este puente fue diseñado por CONSULSIMICA en el año 2010 con el Ing. Vinicio Suarez como proyectista y el Ing. Aldo Parodi como calculista. Para el desarrollo de este proyecto se contó con los planos estructurales del puente entre los cuales destacamos el perfil longitudinal del puente, las dimensiones y composición del tablero, la estructura del tablero y diafragmas, etc. Todos estos planos nos sirvieron para poder realizar un modelado en el software de análisis y diseño de puentes.

Toda estructura está expuesta a sufrir daños a causa de un movimiento telúrico debido a que el Ecuador está dentro de las regiones más sísmicas del mundo y al ser una estructura de una gran luz se optó por la metodología de puente atirantado en la estructura analizada que además cuenta con disipadores sísmicos para una mayor seguridad. Para el desarrollo del caso de estudio que se realiza la finalidad es comprender las propiedades que adopta el puente con diferentes tipos de apoyos ya que una estructura de gran luz y de gran importancia debe garantizar la seguridad de los usuarios en toda su composición.

## **OBJETIVOS**

Los objetivos planteados para el desarrollo de este proyecto son:

### **Objetivo general**

Determinar las propiedades dinámicas de la estructura del puente atirantado del río Napo mediante la modelación de la superestructura en un software de estudio y dimensionamiento de puentes para analizar sus modos de vibración.

### **Objetivo específico**

- ✓ Calcular las propiedades dinámicas de la estructura mediante un análisis modal utilizando un software de estudio y dimensionamiento de puentes.
- ✓ Realizar una comparación entre el comportamiento estructural del puente atirantado con apoyos móviles y con disipadores sísmicos.
- ✓ Ejecutar un informe detallado de los resultados obtenidos del análisis modal de la superestructura del puente.

## II. DESARROLLO

### 1.1 Definición de puente

Un puente es una estructura que tiene como objetivo de preservar el eje vial de una carretera dándole continuidad en todo momento, es decir que un puente siempre será construido para que los vehículos o peatones no realicen un desvío en lugares de difícil acceso. [1]

### 1.2 Clasificación de los puentes

Los puentes se pueden clasificar de varias formas, en este caso utilizamos la norma ecuatoriana [2] para conceptualizar los tipos de puentes existentes y su forma de clasificación:

**a. De acuerdo con la sección transversal:** se refiere a como está configurado su tablero, estos pueden ser:

- ✓ Puentes Losa
- ✓ Vigas
- ✓ Vigas compuestas

**b. De acuerdo con la forma estructural:** se clasifica a los puentes por su tipo de apoyo que tengan en todo su largo:

- ✓ Isostáticos
- ✓ Hiperestático
- ✓ Aporticado
- ✓ Arco
- ✓ Atirantado

**c. De acuerdo con el material:** estos tipos de puentes se refieren más al material del cual están construidos ya que este puede cambiar dependiendo de los requerimientos y situaciones que se tiene al momento de diseñar.

- ✓ Puentes de madera
- ✓ Puentes de hormigón armado
- ✓ Puentes de Hormigón prees forzado
- ✓ Puentes metálicos

**d. De acuerdo con su función:** Los puentes según su función se refieren a como utilizaremos dicho puente es decir el objetivo para el cual está destinado su diseño.

- ✓ Peatonales

- ✓ Trafico terrestre
- ✓ Ferrocarriles
- ✓ Mixtos

### **1.3 Conceptualización de puente atirantado**

Un puente atirantado es un puente conformado por una o más torres y tirantes los cuales pueden ser convergentes y cuentan con una fuerza de pretensado que sirve para lograr grandes luces en los puentes. El mayor objetivo de esta tipología de puente es lograr un equilibrio en todas las fuerzas de los tirantes tanto en la parte superior de las torres como en el tablero al cual se anclan dichos tirantes. [3]

#### **1.3.1 Requisitos de implementación**

En el transcurso de la investigación se llegó a determinar los siguientes requisitos para los cuales se puede implementar un puente atirantado.

- ✓ La distancia que tendrá el puente, con el pasar de los años los puentes atirantados cuentan con sistemas estructurales que les permite vencer luces muy grandes, hoy en día se estima que su utilización se da en luces de 300 m a 1 km [4]. Aunque para luces mayores los diseñadores pueden considerar una tipología de puente que tenga vanos continuos para superar dichas distancias.
- ✓ Se debe tomar en cuenta la características geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas debido a que es una superestructura muy grande se debe considerar el tipo de suelo y las condiciones geológicas de la zona, además del estudio de las aguas superficiales y subterráneas. [5]

#### **1.3.2 Comportamiento estructural**

A diferencia de otros tipos de puentes como los colgantes en los cuales sus elementos trabajan a tracción, en los puentes atirantados los tirantes pueden estar a tracción o compresión dependiendo de los elementos teniendo como objetivo tener esbeltos los tableros y mantener los pilones rígidos para tener un buen atirantamiento.

De acuerdo con la investigación realizada se denota que para puentes con varios tramos son necesarios los tirantes tanto delanteros como traseros ya que estos restringen el valor obtenido de la deflexión horizontal que se da en la torre del pilón lo que genera una deflexión en la plataforma. [6]

### **1.3.3 Fallas estructurales en puente**

Los puentes atirantados han ido evolucionando con el pasar del tiempo, al ser un puente con varios elementos de diferentes materiales estos pueden sufrir algún tipo de falla por lo que se mencionaran a continuación:

#### **Fallas del hormigón armado**

El puente cuenta con varios elementos de hormigón armado como los pilones, pilas, estribos y la losa de tablero donde sus tipos de fallas pueden ser:

- ✓ Falla frágil producido por el cortante en las columnas
- ✓ Falla frágil de muros
- ✓ Falla debido al cambio de rigidez
- ✓ Falla en unión viga columna.

Según investigaciones todas estas fallas han ocurrido en los últimos años en varias estructuras. [7]

#### **Falla en cables de puente**

El puente cuenta con tirantes los cuales se encuentran en todo su largo con una fuerza previamente aplicada y este puede sufrir fallos los cuales pueden ser:

- ✓ Fatiga del material
- ✓ Corrosión

Varias investigaciones detallan que las grietas producidas por la fatiga no solo se dan por la carga viva sino por el viento ya que genera variaciones de tensión en los cables en la cual se ve que se debe considerar al momento de analizar un puente como lo es la luz y varios factores que afectan a la rigidez efectiva. [8]

#### **Fallas de acero**

El tablero del puente es una combinación mixta entre viga de acero y losa de hormigón armado, estas vigas soportan todas las cargas por lo que pueden sufrir fallas las cuales pueden ser:

- ✓ Plasticidad
- ✓ Corrosión
- ✓ Fractura

- ✓ Fatiga

#### 1.4 Actividad sísmica en el Ecuador

En la actualidad el territorio ecuatoriano este clasificado como uno del mayor riesgo sísmico en América Latina, por eso esta caracterizado como un territorio de grandes amenazas que pueden generar pérdidas materiales y humanas. Recientemente el mayor movimiento telúrico presentado en el país fue el terremoto en Pedernales en el año 2016 del cual se ha obtenido mucha información la cual nos demostró que en nuestro país existe un alto déficit de criterio estructural, ya que varias edificaciones colapsaron en su totalidad debido a su falta de criterio estructural y al no respeto de la normativa ecuatoriana de construcción (NEC). [9]

#### 1.5 Descripción general del puente

El puente a realizar el estudio esta caracterizado por ser el más alto del territorio ecuatoriano, cuenta con grandes torres las cuales están ubicadas en el tramo de cruce del puente que tiene la característica de ser atirantado el cual es nuestro objeto de estudio. Según la investigación que se realizó en el Ministerio de transporte y Obras Publicas la obra tuvo un costo de inversión de \$48729557,83 [10] por lo cual la convierte en una de las obras más emblemáticas del país no solo por su atractivo turístico sino por su configuración estructural. La importancia de este puente radica en que da conexión de una manera rápida y segura a las parroquias de García Moreno, La Belleza, Dayuma, Taracoa e Inés Arango con el cantón Francisco de Orellana [10]

##### 1.5.1 Ubicación del puente

El puente para analizar se encuentra ubicado en la provincia de Orellana, la ubicación exacta se presentará a continuación en la tabla 2.1 donde expondremos las coordenadas del puente obtenidas en una página de ubicación geográfica:

**Tabla 2.1 Coordenadas de ubicación de puente**

Coordenadas de ubicación		
Punto	Este(m)	Sur(m)
1	279768	9947572
2	279791	9947581
3	279644	9947898

4	279666	9947915
---	--------	---------

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 1.6 Descripción de superestructura de puente

La superestructura de un puente es la parte donde actúan las cargas vivas móviles es decir el tablero, las vigas longitudinales, los diafragmas, capa de rodadura y otro tipo de cargas. Mientras que la infraestructura es la parte del puente que se encarga de transmitir los esfuerzos al suelo como lo son estribos y pilas [11]. Para nuestro caso de estudio nos enfocaremos en el sector atirantado, este cuenta con dos torres de hormigón armado a las cuales se anclan los tirantes a lo largo del puente, en la figura 2.1 (Ver anexo 1) se puede observar el perfil longitudinal junto con las torres y las pilas que lo conforman. El puente tiene una longitud de 590 m este cuenta con varios elementos colocados a lo largo del tramo atirantado cuyas características detallamos en la tabla 2.2:

**Tabla 2.2 Elementos longitudinales de puente**

Elemento	Abscisa
Estribo MI	0+5 m
Pila B1	0+39 m
Pila B2	0+73 m
Pilón MI	0+139 m
Pilón MD	0+451 m
Pila B2	0+517 m
Pila B1	0+551 m
Estribo MD	0+585 m

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 1.6.1 Tablero

El tablero de puente es de una configuración estructural de vigas de acero con losa de hormigón armado de espesor variable en todo el ancho de este que es de 16m. En la figura 2.2 (Ver anexo 2) podremos observar la sección transversal del puente cuya configuración estructural es:

- ✓ Vigas longitudinales
- ✓ Largueros
- ✓ Losa de hormigón armado
- ✓ Ménsula
- ✓ Diafragmas de sección variable

A continuación, presentaremos las características de los elementos que conforman el tablero y la función estructural que cumplen:

### **1.6.2 Viga longitudinal**

Las vigas longitudinales se encuentran a los costados del puente siendo estas las vigas de mayor tamaño y de sección tipo I las cuales se encuentran a lo largo de todo el puente, en la figura 2.3(Ver anexo 3) se puede observar las dimensiones de dicha sección y su conformación:

### **1.6.3 Largueros**

El puente cuenta con vigas de sección I conocidos como largueros que son elementos que transmiten las cargas que se realizan sobre la losa, en el puente se tiene 3 largueros entre las vigas longitudinales, la dimensión de la sección armada se puede observar en la figura 2.4(ver anexo 4):

### **1.6.4 Losa de hormigón armado**

El puente cuenta con una sección variable de losa debido a la pendiente que le dan hacia ambos lados del puente, además cuenta con diferentes configuraciones en todo el largo del puente, esto viene especificado en planos de armadura de losa en la cual se tiene 5 secciones típicas demarcadas.

### **1.6.5 Ménsula**

Las ménsulas se encuentran conectadas a las vigas longitudinales, estas sirven de soporte para la parte de losa de hormigón armado que será peatonal, en la figura 2.5(Ver anexo 5) podemos observar las dimensiones del elemento y su conformación estructural: Hay que mencionar que este elemento se encuentra colocado cada cierta distancia dependiendo de la colocación del diafragma.

### **1.6.6 Diafragmas**

A lo largo de todo el tramo atirantado se encuentran diafragmas colocados a determinada distancia, habiendo dos secciones de diafragmas las cuales se mencionan como viga transversal 1 y 2.

#### **Viga transversal 1**

La viga transversal 1 son secciones tipo I que dan soporte a lo largo de todos los tramos libres entre pilas o estribos, en la figura 2.6(Ver anexo 6) se puede observar las dimensiones de la sección de este diafragma.

#### **Viga transversal tipo 2**

Este diafragma se encuentra ubicado en los lugares donde existen elementos de soporte ya sean pilas o estribos, a diferencia de la sección 1 esta es una sección armada doble I cuyas dimensiones podemos observar en la figura 2.7 (Ver anexo 7):

### **1.6.7 Pilón**

El pilón es la estructura más alta que tiene el puente con una altura de más de 80 metros, son columnas de hormigón armado de sección hueca la cual es variable y estos tienen una inclinación hacia dentro del puente hasta una altura de 46.5 m de altura para luego volver a estar rectas, esto se puede observar mejor en la figura 2.8(Ver anexo 8) donde se ve que los pilones cambian de sección y tienen una inclinación:

### **1.6.8 Pilas**

Las pilas están conformadas por un muro de hormigón armado que sirve como apoyo para el puente, su configuración podemos observar en la figura 2.9(Ver anexo 9) donde se ve que cuenta con unas bielas de soporte para el tablero del puente y la diferencia entre la pila 1 y 2 son las cotas debido a que el puente cuenta con una variación de altura dada por una pendiente del 2.5%:

### **1.6.9 Estribos**

Los estribos se encuentran colocados a los costados del puente en el perfil longitudinal, estos están conformados por un muro de hormigón armado y bielas de soporte, en la figura 2.10(Ver anexo 10) se puede observar el estribo a colocar donde su variación se da en la altura para el diferente tipo de estribo que se tenga.

### 1.6.10 Disipadores sísmicos

El puente cuenta con disipadores sísmicos los cuales se encuentran colocados en todos los apoyos a lo largo del tramo atirantado del puente. La gran mayoría de las estructuras cuenta con la capacidad de disipar energía sísmica debido al comportamiento que presentan sus elementos el cual es inelástico. Los disipadores están compuestos por materiales los cuales tienen una propiedad de deformación de tipo plástico ya que su funcionamiento se produce mediante el desplazamiento al cual este expuesto la estructura por lo que sirven para dar un aumento en su rigidez y resistencia. [12]

En la estructura del puente se cuentan con apoyos tipo pot los cuales se encuentran a los costados del tablero, mientras que en la parte central se encuentra el disipador de energía cinética, en la figura 2.11(Ver anexo 11) se puede observar al disipador junto con las partes que lo componen en las cuales se ven 16 amortiguadores que tiene los cuales forman parte del sistema de disipación:

### 1.6.11 Especificaciones de diseño

La finalidad de contar con especificaciones para una estructura de puente es regular el diseño, su forma de construcción y la reposición de todos sus elementos para poder controlar los daños causados por los sismos y si se produce algún daño no sea de manera considerable. [13] Una vez conocidas las características de la estructura del puente podemos ver sus propiedades, para ello se usó el plano de especificaciones técnicas del proyecto. A continuación, se presenta en la tabla 2.2 la resistencia a la compresión del hormigón en los elementos del tramo atirantado:

**Tabla 2.3 Resistencia a la compresión de hormigón**

Resistencia a la compresión de hormigón	
Elemento	f'c (MPa)
Pilones	30
Cabezales	30
Losa	30

**Fuente:** Elaborado por el autor

## 1.7 Modelado en software de análisis y dimensionamiento de puentes

Mediante la utilización de este software se realizará los cálculos pertinentes para los modos de vibración, para lo cual conociendo todo el sistema estructural del puente atirantado podemos modelar la estructura con todas las características y propiedades establecidas en los planos. El análisis que se va a realizar es para la superestructura donde se quiere obtener los modos de vibración mediante el análisis modal que realice el programa, para ello debemos ubicar las cargas a las cuales se encuentra sometido el puente.

### 1.7.1 Cargas de puente

Para el análisis del puente utilizaremos los grupos establecidos por la norma AASHTO LRFD y varios artículos científicos [14] nos intuyen un grupo de cargas permanentes las cuales son:

- ✓ DC: cargas de elementos estructurales
- ✓ DW: cargas de superficie de rodadura
- ✓ LL: Carga vehicular
- ✓ Carga peatonal

### Cálculo de cargas

El puente en todo su largo cuenta con varias cargas a las cuales está sometido, entre ellas se encuentran la carga producida por la baranda, barrera de tráfico y del pavimento. Se procederá a realizar el cálculo de las cargas que se le asignará al puente siendo estas las previamente mencionadas ya que el programa se encarga de calcular el peso propio de los elementos modelados.

### Carga DW

La carga producida por el pavimento se calculó usando los siguientes datos:

$$e_{pavimento} = 50 \text{ mm}$$

$$\gamma_{asfalto} = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$Carga_{DW} = e_{pavimento} * \gamma_{asfalto} = 0.05 \text{ m} * 2300 \text{ kg/m}^3 = 115 \text{ kg/m}^2$$

El valor de la carga DW es:

$$Carga_{DW} = 0.115 \text{ ton/m}^2$$

### **Carga barrera de trafico**

La carga producida por la barrera de tráfico se calculó usando los siguientes datos:

$$Area_{barrera} = 2.199 \text{ m}^2$$

$$\gamma_{barrera} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$Carga_{Barrera} = Area_{barrera} * \gamma_{barrera} = 2.199 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3 = 5278.728 \text{ kg/m}$$

El valor de la carga de la barrera de tráfico es:

$$Carga_{Barrera} = 13.197 \text{ ton/m}^2$$

### **Carga barandal**

El barandal este compuesto por varios elementos que tienen diferentes cargas, a continuación, sus características están dadas en el plano de barandas y barreras donde calculamos todos los elementos que componen la baranda que pueden aportar una carga considerable en ella:

La carga total en todo el largo del puente es:

$$Carga_{Barandal} = 0.179 \text{ ton/m}^2$$

Las cargas establecidas en el software son las siguientes:

### **Carga muerta**

Los valores de carga muerta que se tienen en cuenta para el análisis son:

- ✓ Pesos propios de elementos
- ✓ Barrera de trafico
- ✓ Barandal

En el programa solo se agregó estas cargas según estaban distribuidas en el plano de la sección transversal del puente, las cargas del tablero se colocan de manera automática con el programa.

### **Carga viva peatonal**

El valor de la carga viva peatonal que se encuentra en el puente es la establecida por la norma ecuatoriana de la construcción:

$$CV_{Peatonal} = 4.800 \text{ kN/m}^2$$

### **Carga DW**

La carga DW se refiere al peso propio de la superficie de rodadura que fue previamente calculada cuyo valor es:

$$Carga_{DW} = 0.115 \text{ ton/m}^2$$

### **Carga móvil**

En la carga móvil nos referimos a los valores de carga proporcionados por los vehículos para esto el programa ya viene incorporado por los valores establecidos por la norma la carga HL-93.

### **1.8 Análisis de puente atirantado**

Para realizar el análisis del puente en el software se realizará un modelo de cálculo con apoyos móviles para luego aplicar los valores de rigidez dadas por el aislador sísmico y los apoyos pot del puente. Para esto también se debe considerar lo siguiente:

- ✓ **Inercias agrietadas:** Al ser una estructura con hormigón armado sometido a flexión esta puede perder parte de su resistencia luego de su fundición.
- ✓ **Cables de pilones como elemento frame:** el puente cuenta con cables que tienen un número determinado de tendones y la fuerza aplicada a los mismos, para el análisis se modelara elementos tipo frame circulares los cuales simularan el comportamiento de los cables y se verificara si la fuerza aplicada para ellos cumple con los requerimientos.

#### **1.8.1 Estructura con apoyos móviles**

La estructura estará configurada con apoyos fijos que están restringido en ambas direcciones y el apoyo móvil que esta fija solo en z, la secuencia de colocación de los diferentes tipos de apoyo esta dado en la tabla 2.4:

**Tabla 2.4 Secuencia de sistema de apoyos**

<b>Elemento</b>	<b>Sistema de apoyo</b>
Estribo MI	Móvil
Pila B1	Fijo
Pila B2	Móvil
Pilón MI	Fijo
Pilón MD	Móvil
Pila B2	Fijo

Pila B1	Móvil
Estribo MD	Fijo

**Fuente:** Elaborado por el autor

Se realizó el análisis con la secuencia de apoyos previamente mostrada con 160 modos de vibración los resultados se los puede observar en la tabla 2.9(Ver anexo 12). Los datos más relevantes del análisis están plasmados en la tabla 2.5 donde los “U” son porcentaje de masa en cada eje y “R” rotación en el eje:

**Tabla 2.5 Resultados de análisis con apoyos móviles**

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	1	3.895	0.000	0.212	0.000	0.212	0.007
MODAL	9	1.227	0.000	0.292	0.027	0.520	0.004
MODAL	10	1.226	0.000	0.003	0.027	0.523	0.253
MODAL	15	0.893	0.159	0.000	0.192	0.524	0.000
MODAL	22	0.715	0.246	0.000	0.624	0.584	0.000

**Fuente:** Elaborado por el autor

Todos estos datos son los más relevantes en el análisis debido a que son los que presentan mayor participación de masa y de torsión en el eje z, a continuación, se realiza una descripción de la forma de vibrar de la estructura en los diferentes modos enlistados:

**Modo 1:** El modo 1 es el modo mayor que presenta la estructura del tablero, en la figura 2.13(Ver anexo 12) se puede observar que el tablero se desplaza de un lado hacia el otro en la parte central del puente.

**Modo 9:** En este modo se observa que el porcentaje de masa es mayor que el modo 1 esto debido a que es la vibración que realizan las torres, en la figura 2.14(Ver anexo 13) se observa como las torres se desplazan de un lado hacia el otro sin que el tablero realice algún movimiento.

**Modo 10:** Este modo es el que tiene mayor torsión, siendo su valor del 25% donde su forma de vibrar se observa en la figura 2.15(Ver anexo 14) es en las torres movimiento de un lado hacia el otro tratando de girar en el eje z.

**Modo 15:** La forma de vibrar de este modo se puede observar en la figura 2.16(Ver anexo 15) que es el movimiento del tablero con la particularidad de que se ve que entre las torres se produce una mayor deformación.

**Modo 22:** La vibración que presente este modo se observa en la figura 2.17(Ver anexo 16) donde se ve que es el momento del tablero en el eje x pero se produce una mayor deformación entre las torres y las pilas de sus costados.

### 1.8.2 Estructura con disipadores

La estructura del puente cuenta con 8 apoyos entre los cuales tenemos 2 estribos, 4 pilas y 2 torres donde cada uno cuenta con 2 apoyos pots y un disipador sísmico en el centro del tablero. El valor de la rigidez lateral del disipador sísmico será asumido con 120 ton/m debido a que es el mayor valor de rigidez que este dispositivo puede tener. Los apoyos pots brindan una rigidez muy pequeña las cuales se calculan en la tabla 2.5 tomando en cuenta un desplazamiento de 60 cm y una rotación máxima de 0.03:

**Tabla 2.6 Rigidez de apoyos pots**

Elemento	Cantidad de apoyos	Carga vertical (Ton)	Rigidez de cada elemento (ton/m) $K_{Lat} = \frac{V}{\Delta} * \theta$
Estribos	4	30	0.375
Pilas	8	200	1.25
Torres	4	230	2.875

**Fuente:** Elaborado por el autor

Se realizó el análisis con la secuencia de apoyos previamente mostrada con 160 modos de vibración los resultados se los puede observar en la tabla 2.10(Ver anexo 18). Los datos más relevantes del análisis están plasmados en la tabla 2.7 donde los “U” son porcentaje de masa en cada eje y “R” rotación en el eje:

**Tabla 2.7 Resultados de análisis con sistema de disipación sísmica**

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ
Text	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	1	10.424	0.000	0.410	0.000	0.410	0.000
MODAL	2	5.890	0.000	0.000	0.000	0.410	0.499

MODAL	4	4.158	0.696	0.000	0.696	0.487	0.000
MODAL	7	2.222	0.031	0.000	0.727	0.487	0.000
MODAL	13	1.227	0.000	0.292	0.744	0.783	0.000

**Fuente:** Elaborado por el autor

Todos estos datos son los más relevantes en el análisis debido a que son los que presentan mayor participación de masa y de torsión en el eje z, a continuación, se realiza una descripción de la forma de vibrar de la estructura en los diferentes modos enlistados:

**Modo 1:** El modo 1 es el modo mayor que presenta la estructura del tablero, en la figura 2.17(Ver anexo 19) anteriormente se vio que la estructura solo se movía en el centro, ahora con los disipadores se observa que todo el tablero se mueve conjuntamente en el eje y.

**Modo 2:** El modo 2 es el modo que cuenta con mayor porcentaje de rotación, en la figura 2.18(Ver anexo 20) se observa que los disipadores hacen rotar al tablero conjuntamente en la misma dirección.

**Modo 4:** El modo 4 es el mayor modo representativo en el eje “x” con un gran porcentaje de masa en la figura 2.19(Ver anexo 20) se observa que el tablero se mueve en el eje sin presentar deformaciones debido al uso de disipadore sísmicos.

**Modo 7:** Este modo es el segundo modo más considerable en el eje “x”, en la figura 2.20 (Ver anexo 21) se observa que el movimiento del tablero se concentra en el centro y esto se relación con el valor de porcentaje de masa que participa en el modo.

**Modo 13:** Siendo este el segundo modo más representativo en el eje “y” en la figura 2.21(Ver anexo 22) podemos observar que es el modo que realizan las torres.

## 1.9 Análisis de resultados

Para comparar resultados se presenta la tabla 2.8 donde se observa los valores con y sin disipadores:

**Tabla 2.8 Resultados de análisis**

Propiedad		X	Torsión	Y
Periodo	Móvil	0.715	1.226	3.895
	Disipador	4.158	5.890	10.424
UX (%)	Móvil	0.246	0.000	0.000
	Disipador	0.696	0.000	0.000

<b>UY (%)</b>	Móvil	0.000	0.003	0.212
	Disipador	0.000	0.000	0.410
<b>SumUX(%)</b>	Móvil	0.624	0.027	0.000
	Disipador	0.696	0.000	0.000
<b>SumUY(%)</b>	Móvil	0.584	0.523	0.212
	Disipador	0.487	0.410	0.410
<b>RZ (%)</b>	Móvil	0.000	0.253	0.007
	Disipador	0.000	0.499	0.000

**Fuente:** Elaborado por el autor

Observando la tabla podemos darnos cuenta de que los disipadores aumentaron la rigidez de la estructura debido a que el periodo aumento junto con el porcentaje de participación de masa en los modos por lo que se comprueba que los disipadores cumplen la función de disipar energía provocada por el sismo y los deslizadores que, aunque no tienen una rigidez alta estos se deslizan con el tablero otorgándole una mayor flexibilidad.

### III. CONCLUSIONES

Luego de la realizar el trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ Se realizó el cálculo de las propiedades dinámicas de la estructura mediante la utilización del software de estudio y dimensionamiento de puentes con un modelado de la estructura con apoyos móviles y disipadores sísmicos donde se pudo calcular los periodos de vibración para cada modo, su frecuencia, porcentaje de participación de masa y su modo de vibración.
- ✓ El comportamiento estructural del puente atirantado con apoyos móviles nos da como resultado unos periodos bajos y modos de vibración que pueden causar deformaciones inelásticas en la estructura las cuales pueden generar daño en la misma, en cambio con el uso de los disipadores sísmicos el periodo aumento y se produjo un comportamiento dinámico mas equilibrado donde estos dispositivos permiten que los elementos estructurales no se vean afectados al realizar este movimiento traslacional ya que le aportan mayor amortiguamiento y controlan la demanda de ductilidad en la superestructura.
- ✓ Con los resultados obtenidos se elaboró un informe detallado de las partes de la estructura del puente, sus propiedades, dimensiones y apoyos, donde se realizó un análisis de los modos de vibración de la estructura con apoyos móviles y disipadores sísmicos, como consecuencia la estructura presenta una mayor flexibilidad con el uso de estos dispositivos debido a su modo de respuesta ante cualquier eventualidad sísmica.

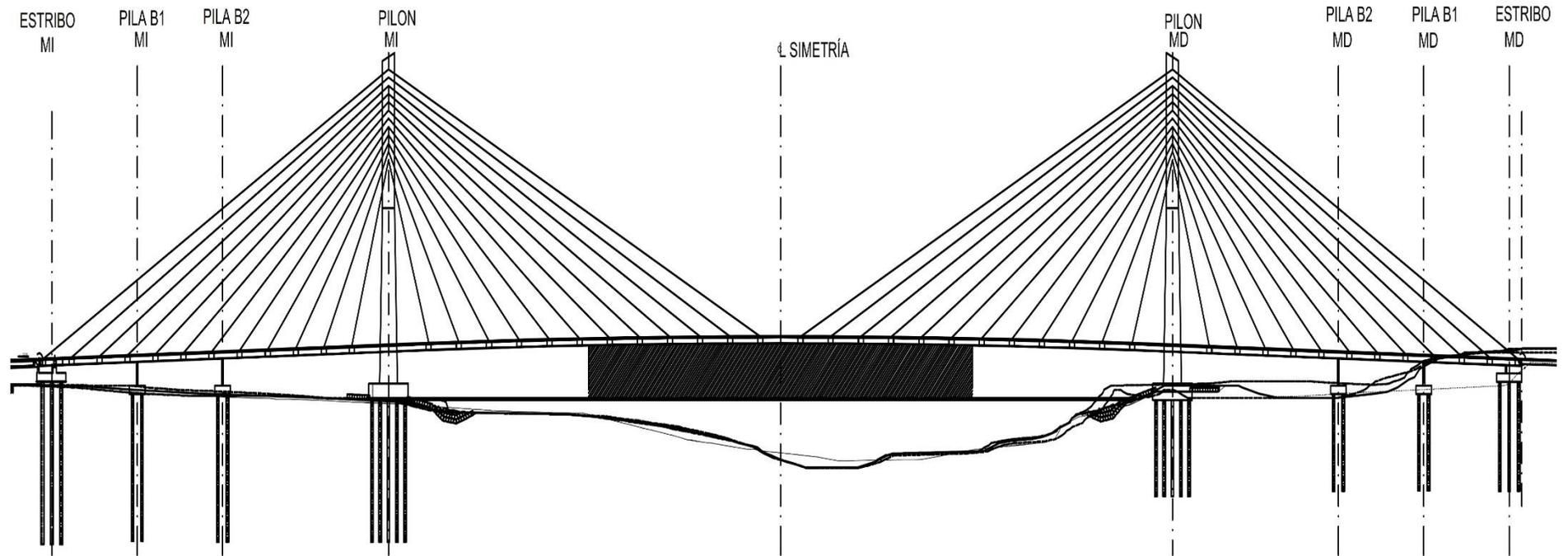
## BIBLIOGRAFIA

- [1] C. V. F. d. J. S. C. Guido Josue, «CÁLCULO Y DISEÑO DEL TRAMO DE UN PUENTE FERROCARRILERO DE SUPERESTRUCTURA METÁLICA EN EL VIGÍA, ESTADO MÉRIDA,» *Gaceta Técnica*, vol. 1, nº 21, pp. 3-26, 2020.
- [2] Ministerio de transporte y obras publicas, «Norma para estudios y diseño vial,» *Norma ecuatoriana vial*, vol. 2, nº B, p. 644, 2013.
- [3] A. S. D. Galante Bardín, «Diseño de directrices para el tablero de un puente curvo atirantado, mediante curvas funiculares y antifuniculares de la carga concéntrica introducida por los tirantes,» *Informes de la Construcción*, Vols. %1 de %269, 548, e228, p. 14, 2017.
- [4] M. Á. A. S. Luis Carrillo Alonso, «Introducción de errores aleatorios en el proceso de instalación de los cables en los puentes atirantados,» *Hormigon y Acero*, vol. 66, nº 277, pp. 203-224, 2015.
- [5] R. R. G.-I. A. V.-V. Sara Fernández-Cruz, «Acciones estratégicas para la preservación del puente natural sobre el río Bitirí,» *Minería y Geología*, vol. 38, nº 2, pp. 141-156, 2022.
- [6] N. Hussain, «Cable stay bridge,» *Hormigon y Acero*, vol. 70, nº 289, p. 118, 2018.
- [7] C. L.-B. Z. P. F.-S. Grisel Morejón-Blanco, «MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA DE LAS FUERZAS SÍSMICAS,» *Ciencia en su PC*, vol. 1, nº 1, pp. 24-35, 2018.
- [8] M. A. Astiz, «Análisis de los factores que contribuyen a la fatiga de los cables en los puentes atirantados,» *Hormigon y Acero*, vol. 72, nº 294/295, pp. 177-194, 2021.
- [9] C. P. Cunalata Fabiana, «Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador,» *Revista Politécnica*, vol. 50, nº 1, pp. 55-64, 2022.
- [10] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, *El puente sobre el Río Napo: Una megaconstrucción que impulsa del desarrollo de una provincia, en beneficio de un país entero.*, Dirección de Comunicación Social y Atención al Ciudadano.
- [11] C. A. L.-A. Carlos Geovanny Delgado-Castro, «Protecciones laterales vehiculares en puentes del Cantón Manta. Aplicabilidad de las Normas AASHTO,» *Dominio de las ciencias*, vol. 5, nº 1, pp. 587-601, 2019.

- [12] M. A. O. O. Sonia E. Ruiz Gómez, «FACTORES DE AMORTIGUAMIENTO PARA ESPECTROS DE DESPLAZAMIENTO DE SISTEMAS CON DISIPADORES DE ENERGÍA HISTERÉTICOS,» *Ingeniería Sísmica*, nº 105, pp. 31-58, 2021.
- [13] S. L.-A. L. G. V.-A. R. C.-B. María J. Rodríguez-Roblero, «Impacto del terremoto de Limón de 1991 en el diseño estructural de puentes,» *Geológica de América Central*, vol. 65, pp. 1-14, 2021.
- [14] R. A. R.-R. W. A. V.-Á. Carlos G. Delgado-Castro, «Propuesta de puente aplicando el método de diseño AASHTO LRFD para la ciudad de Manta,» *Dom. Cien*, vol. 4, nº 3, pp. 189-210, 2018.
- [15] Ministerio de transporte y obras publicas del Ecuador, «Norma para estudios y diseño vial,» Quito, 2013.

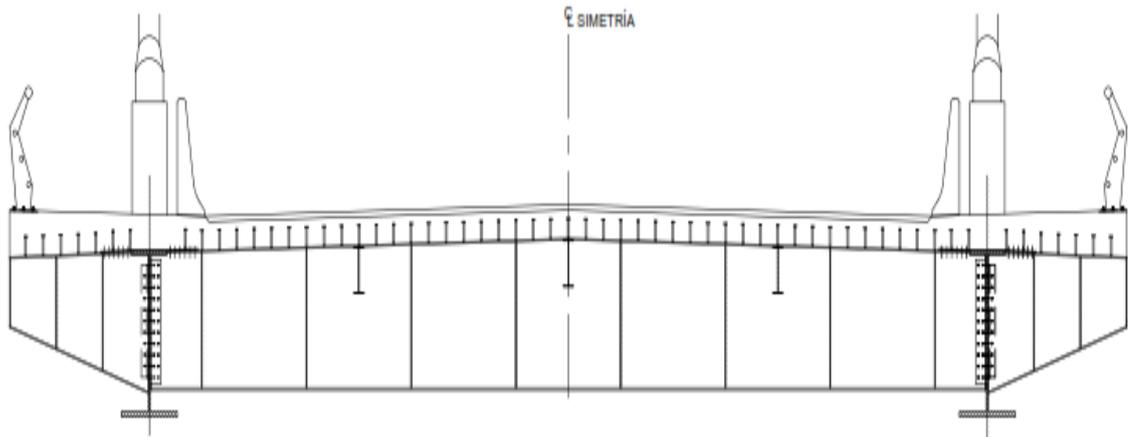
## ANEXOS

Anexo 1. Figura 2.1 Perfil longitudinal tramo atirantado



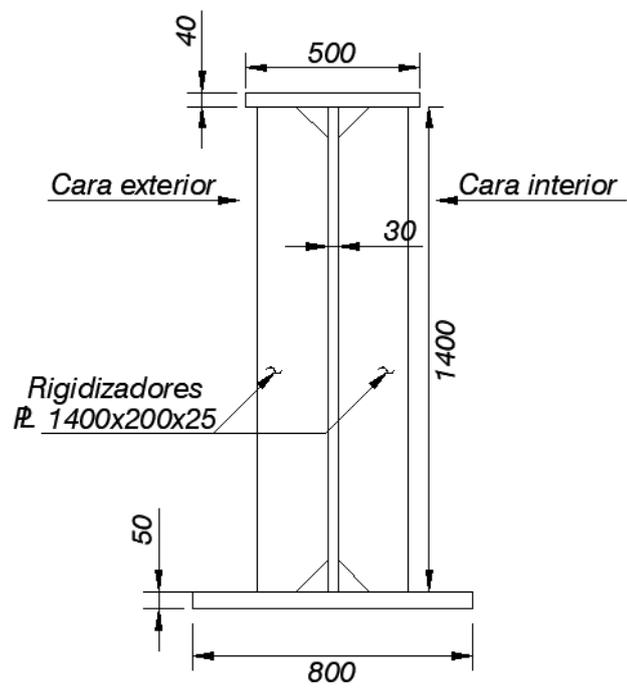
Fuente: Ministerio de transporte y obras publicas

**Anexo 2. Figura 2.3 Sección transversal del puente**



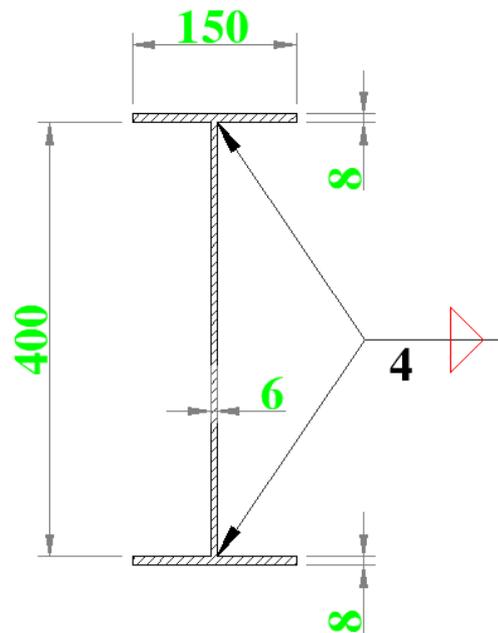
**Fuente:** Ministerio de transporte y obras publicas

**Anexo 3. Figura 2.3 Viga longitudinal de puente**



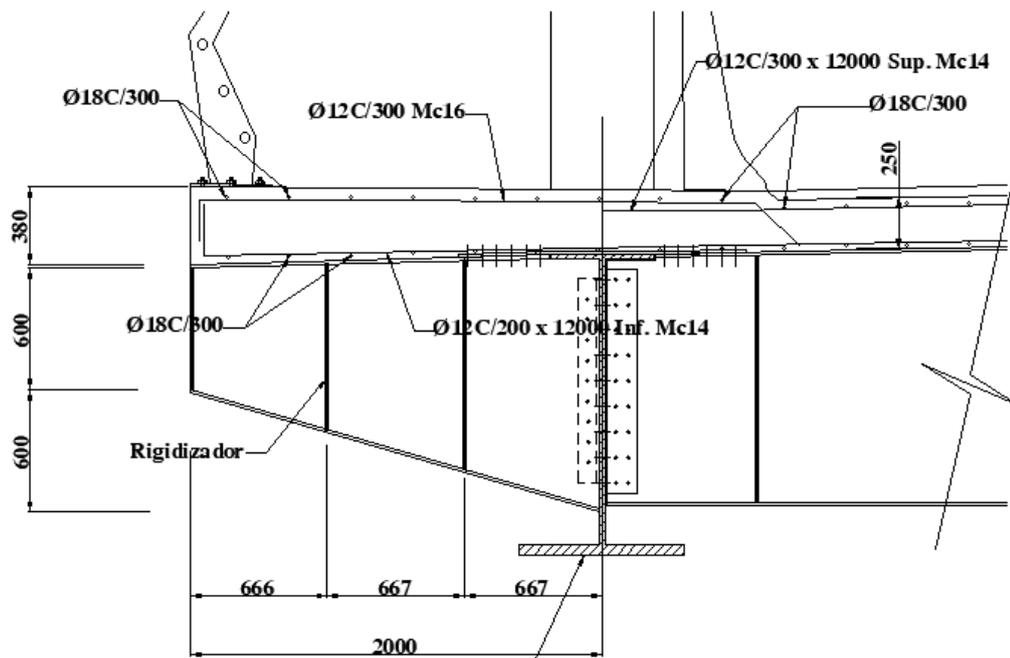
**Fuente:** Ministerio de transporte y obras publicas

**Anexo 4. Figura 2.4 Larguero de puente**



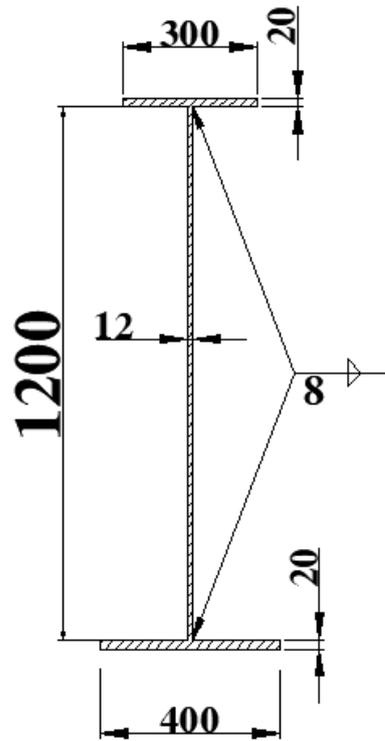
**Fuente:** Ministerio de transporte y obras publicas

**Anexo 5. Figura 2.5 Ménsula de puente**



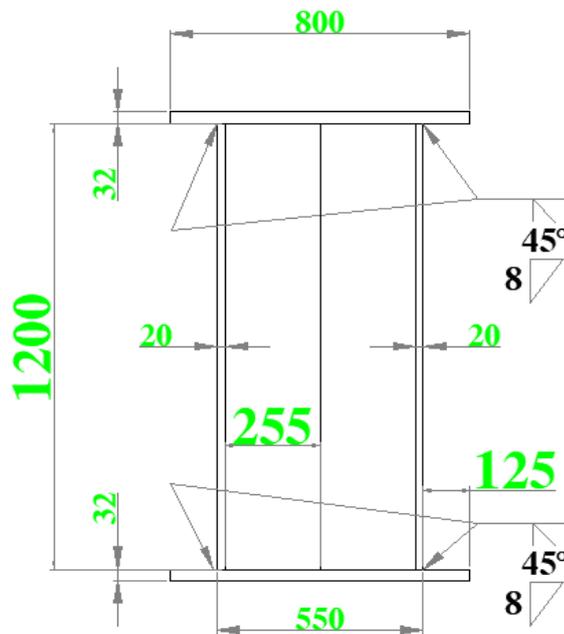
**Fuente:** Ministerio de transporte y obras publicas

Anexo 6. Figura 2.6 Viga diafragma tipo 1



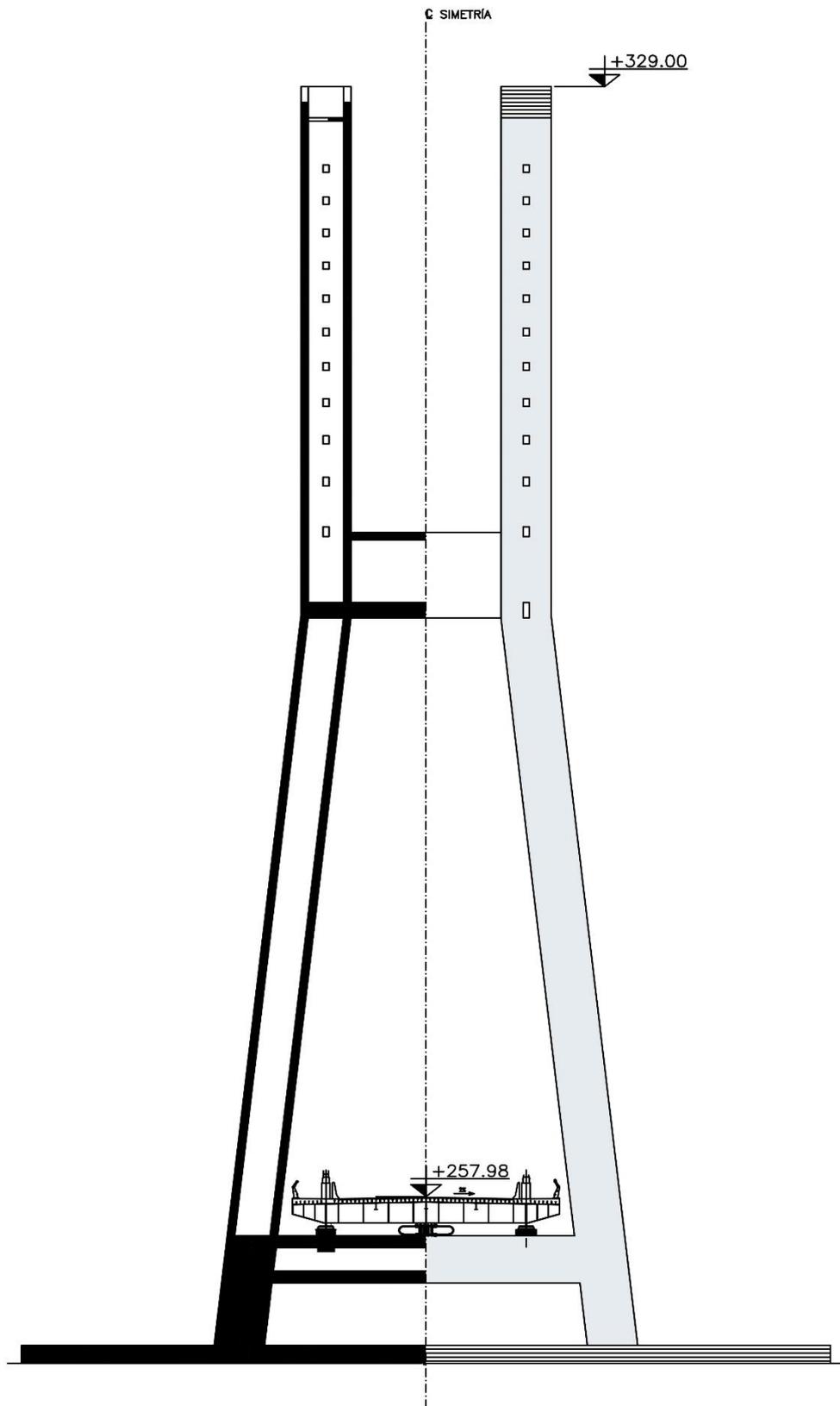
Fuente: Ministerio de transporte y obras publicas

Anexo 7. Figura 2.7 Viga diafragma tipo 2



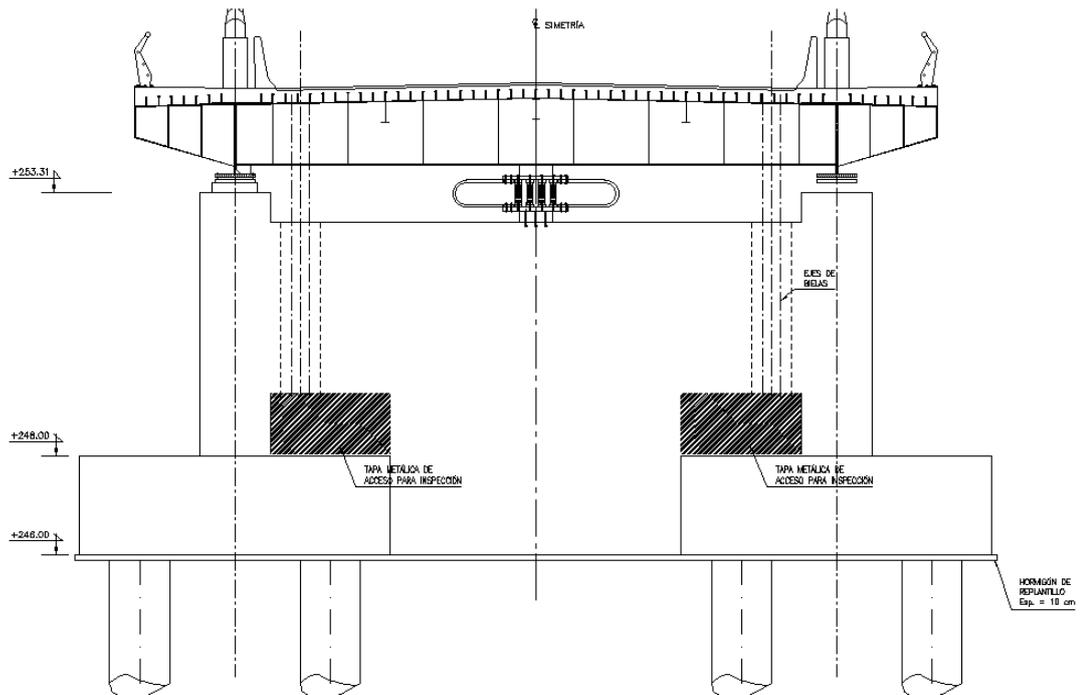
Fuente: Ministerio de transporte y obras publicas

Anexo 8. Figura 2.8 Pilón de puente



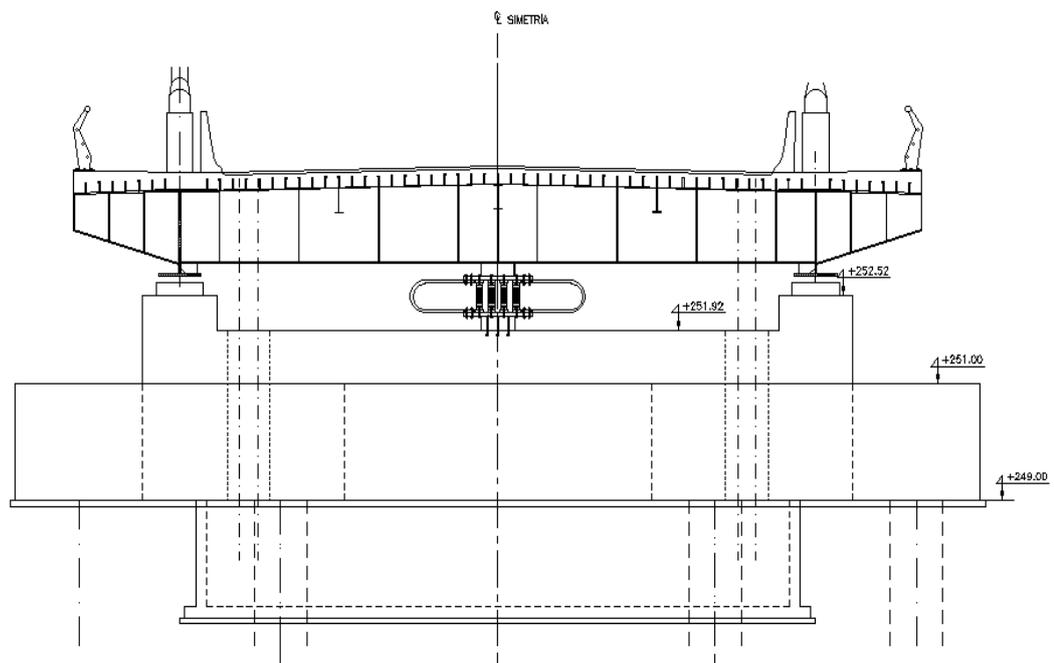
Fuente: Ministerio de transporte y obras publicas

### Anexo 9. Figura 2.9 Pilas de puente



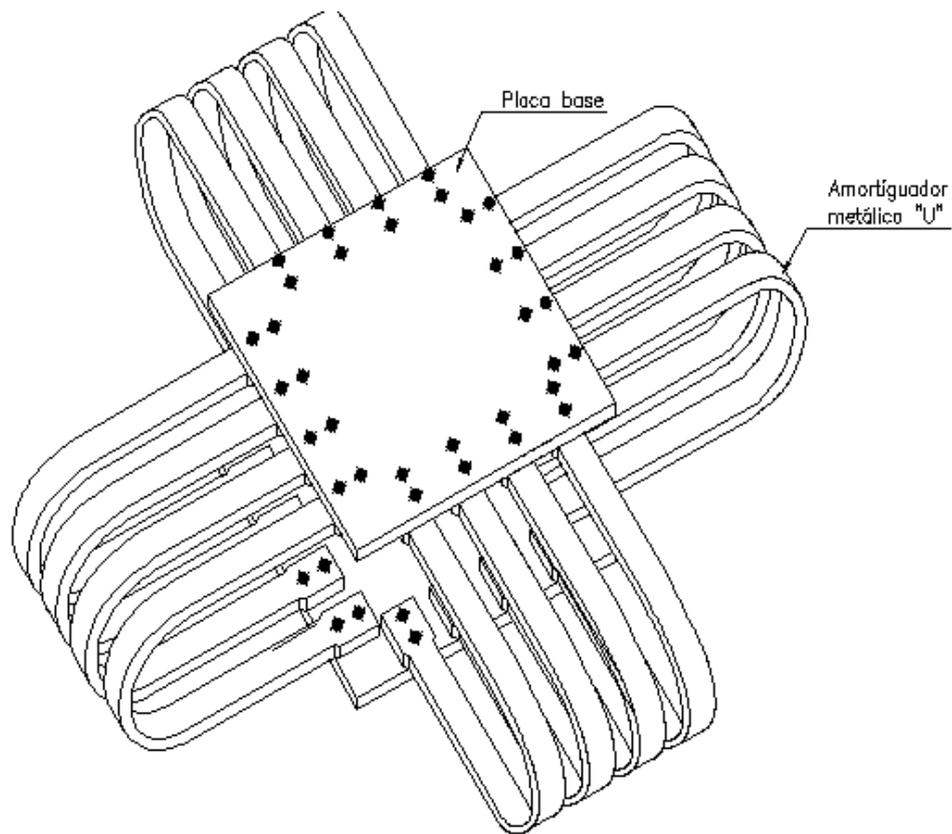
Fuente: Ministerio de transporte y obras publicas

### Anexo 10. Figura 2.10 Estribos de puente



Fuente: Ministerio de transporte y obras publicas

**Anexo 11. Figura 2.11 Disipador de puente**



**Fuente:** Ministerio de transporte y obras publicas

**Anexo 12. Tabla 2.9 Resultados de análisis con apoyos móviles**

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	1	3.895	0.000	0.212	0.000	0.212	0.007
MODAL	2	2.862	0.000	0.000	0.000	0.212	0.000
MODAL	3	2.216	0.017	0.000	0.017	0.212	0.000
MODAL	4	1.954	0.000	0.013	0.017	0.225	0.004
MODAL	5	1.545	0.000	0.000	0.017	0.225	0.000
MODAL	6	1.481	0.000	0.001	0.017	0.226	0.013
MODAL	7	1.308	0.000	0.003	0.017	0.228	0.042
MODAL	8	1.232	0.010	0.000	0.027	0.228	0.000
MODAL	9	1.227	0.000	0.292	0.027	0.520	0.004
MODAL	10	1.226	0.000	0.003	0.027	0.523	0.253
MODAL	11	1.078	0.000	0.001	0.027	0.524	0.000
MODAL	12	1.026	0.006	0.000	0.033	0.524	0.000
MODAL	13	0.915	0.000	0.000	0.033	0.524	0.000
MODAL	14	0.915	0.000	0.000	0.033	0.524	0.000
MODAL	15	0.893	0.159	0.000	0.192	0.524	0.000

<b>OutputCase</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>	<b>RZ</b>
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	16	0.888	0.000	0.000	0.192	0.524	0.000
MODAL	17	0.812	0.064	0.000	0.256	0.524	0.000
MODAL	18	0.763	0.122	0.000	0.378	0.524	0.000
MODAL	19	0.753	0.000	0.026	0.378	0.551	0.000
MODAL	20	0.737	0.000	0.001	0.378	0.551	0.048
MODAL	21	0.733	0.000	0.033	0.378	0.584	0.001
MODAL	22	0.715	0.246	0.000	0.624	0.584	0.000
MODAL	23	0.684	0.000	0.017	0.624	0.601	0.002
MODAL	24	0.682	0.024	0.000	0.649	0.601	0.000
MODAL	25	0.633	0.000	0.000	0.649	0.601	0.000
MODAL	26	0.625	0.009	0.000	0.658	0.601	0.000
MODAL	27	0.581	0.001	0.000	0.659	0.601	0.000
MODAL	28	0.576	0.000	0.000	0.659	0.602	0.001
MODAL	29	0.562	0.000	0.000	0.659	0.602	0.000
MODAL	30	0.545	0.000	0.009	0.659	0.610	0.000
MODAL	31	0.517	0.000	0.000	0.659	0.611	0.000
MODAL	32	0.509	0.000	0.000	0.659	0.611	0.000
MODAL	33	0.500	0.002	0.000	0.660	0.611	0.000
MODAL	34	0.495	0.000	0.001	0.660	0.611	0.000
MODAL	35	0.494	0.002	0.000	0.662	0.611	0.000
MODAL	36	0.484	0.000	0.000	0.662	0.611	0.000
MODAL	37	0.446	0.004	0.000	0.666	0.611	0.000
MODAL	38	0.441	0.000	0.000	0.666	0.611	0.000
MODAL	39	0.435	0.015	0.000	0.682	0.611	0.000
MODAL	40	0.427	0.018	0.000	0.699	0.611	0.000
MODAL	41	0.420	0.105	0.000	0.804	0.611	0.000
MODAL	42	0.415	0.000	0.000	0.804	0.611	0.002
MODAL	43	0.406	0.000	0.000	0.804	0.612	0.004
MODAL	44	0.397	0.010	0.000	0.814	0.612	0.000
MODAL	45	0.387	0.002	0.000	0.816	0.612	0.000
MODAL	46	0.375	0.000	0.000	0.816	0.612	0.000
MODAL	47	0.362	0.000	0.000	0.816	0.612	0.000
MODAL	48	0.359	0.000	0.000	0.816	0.612	0.000
MODAL	49	0.351	0.000	0.000	0.816	0.612	0.001
MODAL	50	0.348	0.000	0.000	0.816	0.612	0.000
MODAL	51	0.346	0.000	0.000	0.816	0.612	0.000
MODAL	52	0.339	0.001	0.000	0.818	0.612	0.000
MODAL	53	0.328	0.001	0.000	0.818	0.612	0.000
MODAL	54	0.323	0.000	0.001	0.818	0.613	0.000
MODAL	55	0.308	0.000	0.000	0.818	0.613	0.000
MODAL	56	0.304	0.000	0.062	0.818	0.676	0.093
MODAL	57	0.299	0.000	0.004	0.818	0.680	0.004

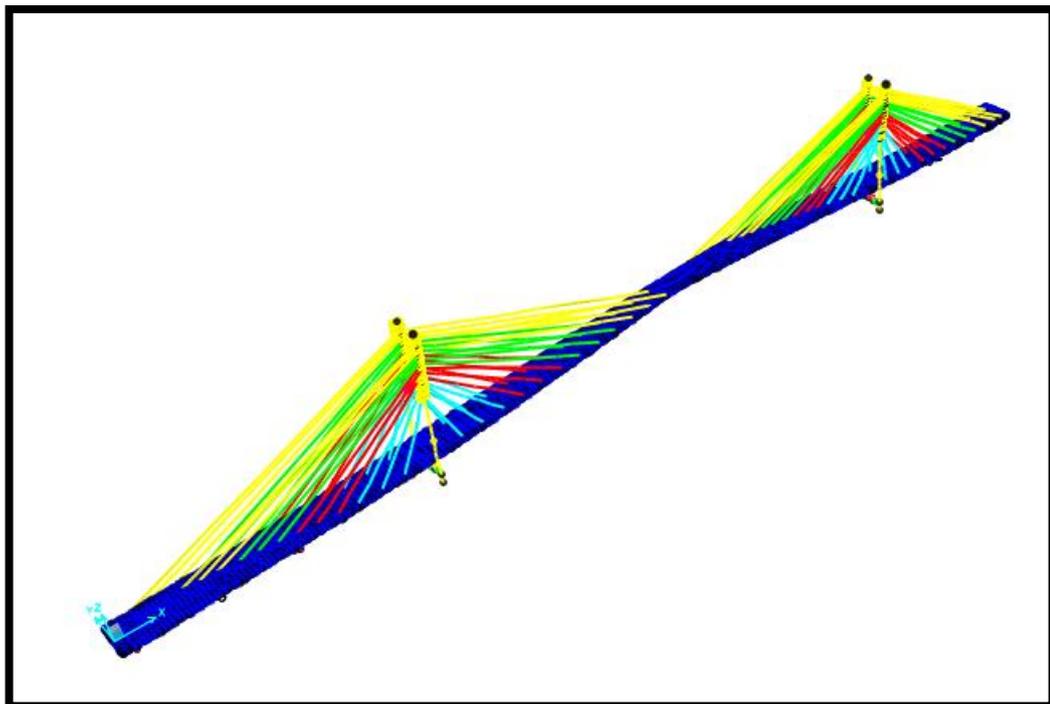
OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	58	0.289	0.000	0.014	0.818	0.693	0.106
MODAL	59	0.284	0.000	0.015	0.818	0.709	0.034
MODAL	60	0.274	0.004	0.000	0.822	0.709	0.000
MODAL	61	0.271	0.003	0.000	0.826	0.709	0.000
MODAL	62	0.269	0.000	0.004	0.826	0.712	0.000
MODAL	63	0.266	0.000	0.062	0.826	0.775	0.024
MODAL	64	0.264	0.000	0.000	0.826	0.775	0.000
MODAL	65	0.264	0.000	0.000	0.826	0.775	0.000
MODAL	66	0.261	0.000	0.014	0.826	0.788	0.012
MODAL	67	0.258	0.000	0.002	0.826	0.791	0.007
MODAL	68	0.252	0.000	0.000	0.826	0.791	0.000
MODAL	69	0.244	0.000	0.000	0.826	0.791	0.000
MODAL	70	0.238	0.000	0.000	0.826	0.791	0.000
MODAL	71	0.223	0.000	0.000	0.827	0.791	0.000
MODAL	72	0.216	0.001	0.000	0.827	0.791	0.000
MODAL	73	0.212	0.000	0.001	0.827	0.791	0.003
MODAL	74	0.210	0.000	0.000	0.827	0.791	0.000
MODAL	75	0.208	0.000	0.004	0.827	0.795	0.003
MODAL	76	0.197	0.003	0.000	0.830	0.795	0.000
MODAL	77	0.194	0.009	0.000	0.839	0.795	0.000
MODAL	78	0.194	0.000	0.016	0.839	0.810	0.064
MODAL	79	0.188	0.000	0.001	0.839	0.811	0.001
MODAL	80	0.182	0.025	0.000	0.864	0.811	0.000
MODAL	81	0.180	0.004	0.000	0.868	0.811	0.000
MODAL	82	0.179	0.010	0.000	0.878	0.811	0.000
MODAL	83	0.173	0.000	0.000	0.879	0.811	0.000
MODAL	84	0.172	0.000	0.000	0.879	0.811	0.000
MODAL	85	0.167	0.000	0.000	0.879	0.811	0.000
MODAL	86	0.166	0.000	0.000	0.879	0.811	0.000
MODAL	87	0.164	0.000	0.000	0.879	0.811	0.000
MODAL	88	0.163	0.000	0.002	0.879	0.813	0.000
MODAL	89	0.162	0.000	0.010	0.879	0.823	0.001
MODAL	90	0.161	0.000	0.009	0.879	0.832	0.000
MODAL	91	0.161	0.001	0.000	0.879	0.832	0.000
MODAL	92	0.160	0.000	0.000	0.879	0.832	0.000
MODAL	93	0.160	0.000	0.000	0.879	0.832	0.000
MODAL	94	0.158	0.000	0.001	0.879	0.833	0.000
MODAL	95	0.158	0.001	0.000	0.880	0.833	0.000
MODAL	96	0.155	0.000	0.000	0.880	0.833	0.000
MODAL	97	0.152	0.000	0.000	0.880	0.833	0.001
MODAL	98	0.152	0.000	0.002	0.880	0.835	0.001
MODAL	99	0.149	0.000	0.000	0.880	0.835	0.000

<b>OutputCase</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>	<b>RZ</b>
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	100	0.148	0.000	0.000	0.880	0.835	0.000
MODAL	101	0.146	0.000	0.000	0.880	0.835	0.000
MODAL	102	0.143	0.000	0.000	0.880	0.835	0.001
MODAL	103	0.143	0.000	0.000	0.880	0.835	0.000
MODAL	104	0.141	0.000	0.000	0.880	0.835	0.000
MODAL	105	0.139	0.000	0.000	0.880	0.835	0.000
MODAL	106	0.135	0.000	0.000	0.880	0.835	0.002
MODAL	107	0.135	0.000	0.000	0.880	0.835	0.000
MODAL	108	0.130	0.000	0.000	0.880	0.836	0.019
MODAL	109	0.128	0.000	0.000	0.880	0.836	0.000
MODAL	110	0.125	0.001	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	111	0.124	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	112	0.123	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	113	0.123	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	114	0.122	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	115	0.121	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	116	0.119	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	117	0.117	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	118	0.114	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	119	0.114	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	120	0.113	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	121	0.111	0.000	0.000	0.881	0.836	0.000
MODAL	122	0.110	0.000	0.017	0.881	0.853	0.002
MODAL	123	0.110	0.000	0.001	0.881	0.854	0.000
MODAL	124	0.108	0.000	0.002	0.881	0.856	0.001
MODAL	125	0.108	0.000	0.000	0.881	0.856	0.001
MODAL	126	0.107	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	127	0.107	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	128	0.107	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	129	0.105	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	130	0.104	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	131	0.104	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	132	0.103	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	133	0.102	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	134	0.099	0.000	0.000	0.881	0.856	0.000
MODAL	135	0.099	0.002	0.000	0.883	0.856	0.000
MODAL	136	0.099	0.001	0.000	0.884	0.856	0.000
MODAL	137	0.099	0.000	0.000	0.884	0.856	0.000
MODAL	138	0.097	0.000	0.000	0.884	0.856	0.000
MODAL	139	0.096	0.000	0.000	0.884	0.856	0.000
MODAL	140	0.096	0.000	0.000	0.884	0.856	0.000
MODAL	141	0.096	0.000	0.002	0.884	0.858	0.011

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	142	0.096	0.000	0.005	0.884	0.864	0.023
MODAL	143	0.095	0.000	0.000	0.884	0.864	0.000
MODAL	144	0.095	0.000	0.000	0.884	0.864	0.000
MODAL	145	0.095	0.000	0.000	0.884	0.864	0.000
MODAL	146	0.094	0.000	0.000	0.884	0.864	0.000
MODAL	147	0.093	0.000	0.000	0.884	0.864	0.000
MODAL	148	0.091	0.000	0.000	0.884	0.864	0.000
MODAL	149	0.090	0.000	0.000	0.884	0.864	0.000
MODAL	150	0.090	0.000	0.000	0.884	0.864	0.000
MODAL	151	0.088	0.000	0.023	0.884	0.886	0.011
MODAL	152	0.088	0.000	0.000	0.884	0.886	0.000
MODAL	153	0.087	0.000	0.000	0.885	0.886	0.000
MODAL	154	0.086	0.000	0.001	0.885	0.888	0.001
MODAL	155	0.085	0.000	0.000	0.885	0.888	0.000
MODAL	156	0.085	0.000	0.000	0.885	0.888	0.000
MODAL	157	0.085	0.000	0.000	0.885	0.888	0.000
MODAL	158	0.085	0.000	0.000	0.885	0.888	0.000
MODAL	159	0.085	0.000	0.000	0.885	0.888	0.000
MODAL	160	0.085	0.000	0.000	0.885	0.888	0.000

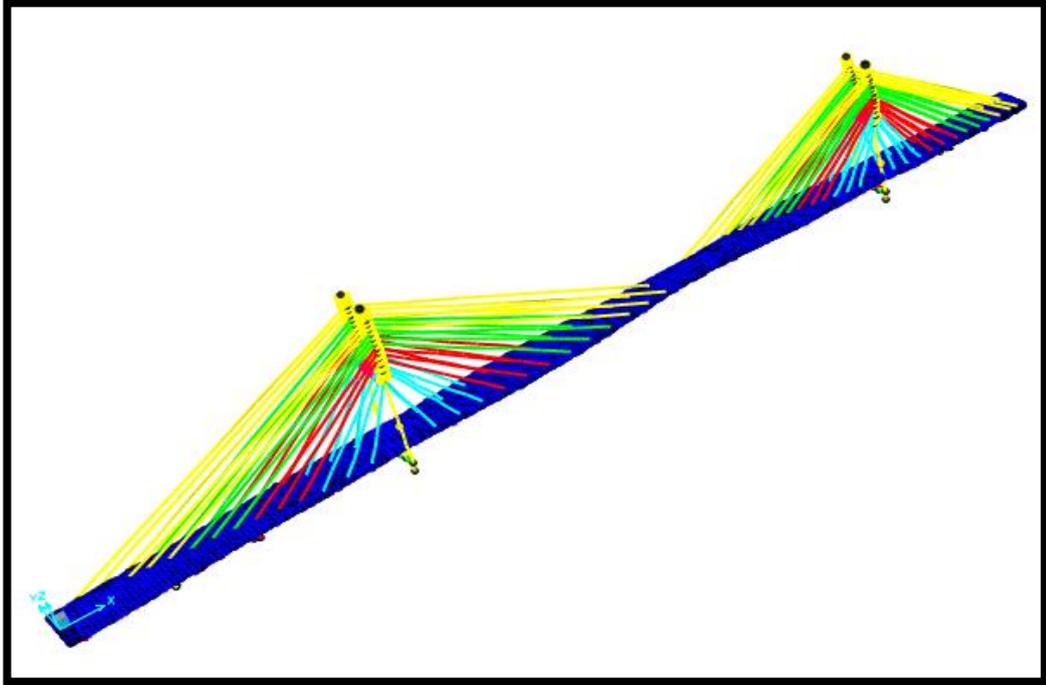
Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 13. Figura 2.12 Vibración de modo 1 con apoyos móviles



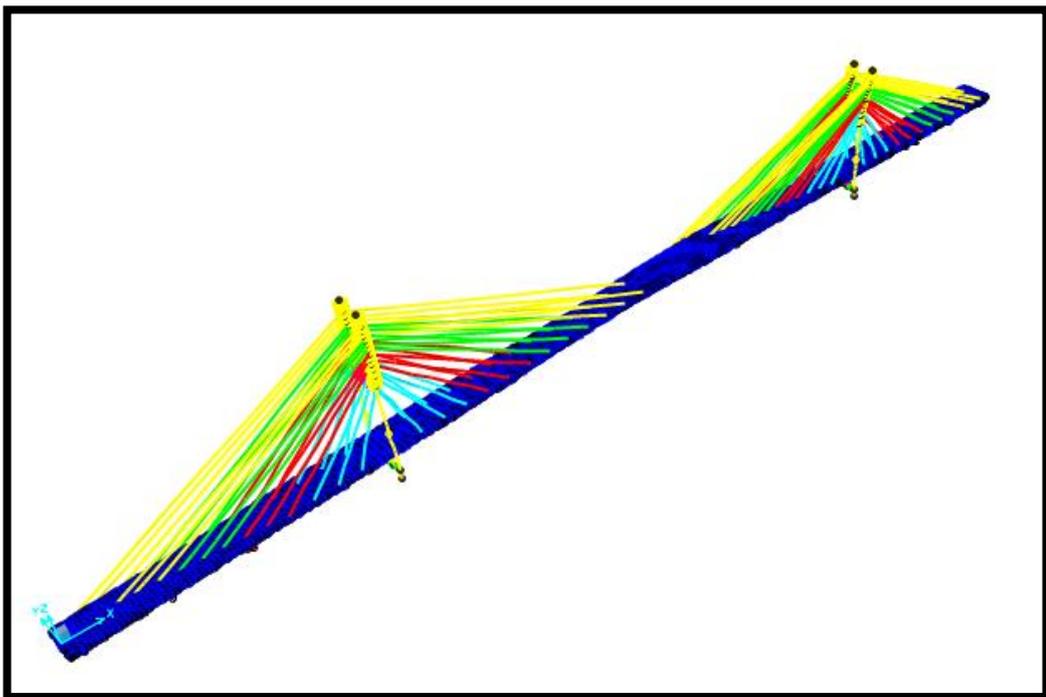
Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 14. Figura 2.13 Vibración de modo 9 con apoyos móviles



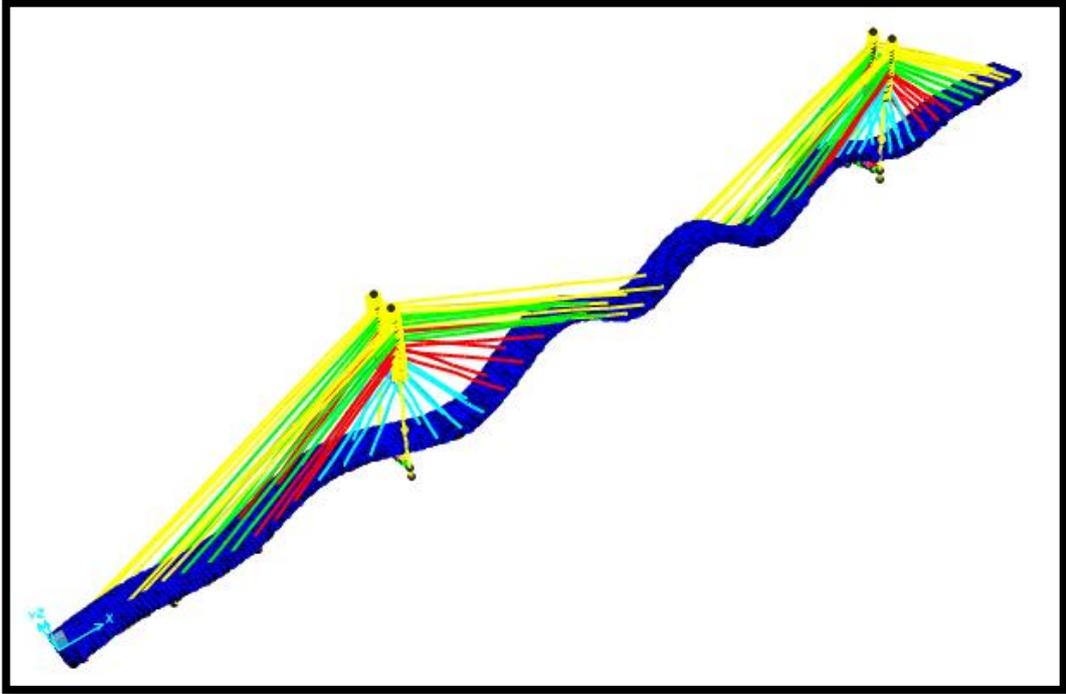
Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 15. Figura 2.14 Vibración de modo 10 con apoyos móviles



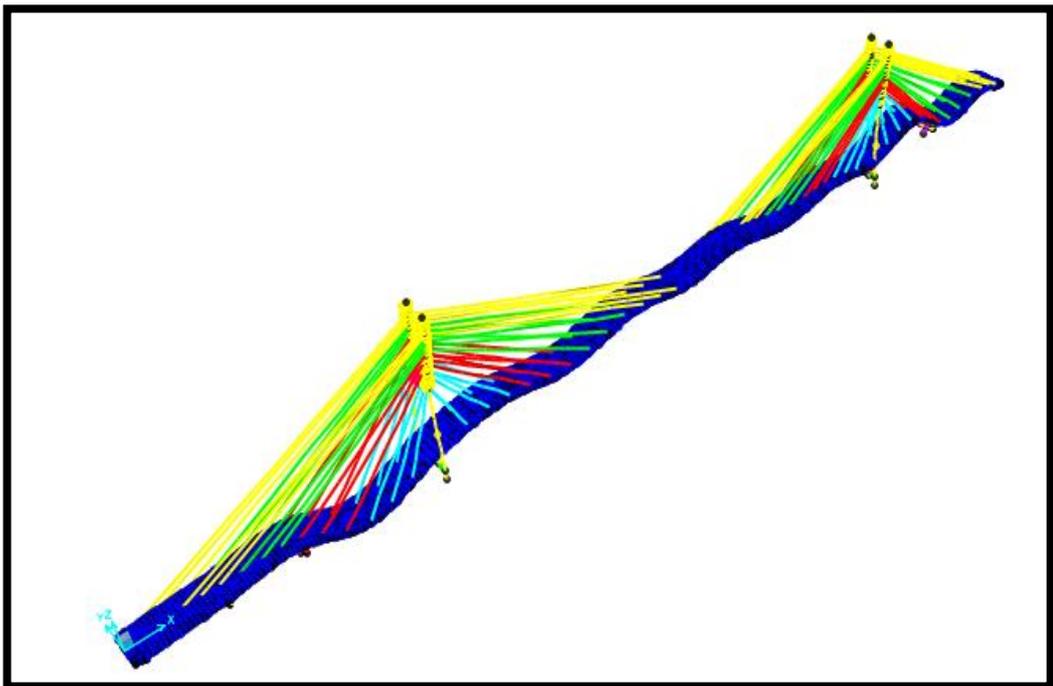
Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 16. Figura 2.15 Vibración de modo 15 con apoyos móviles



Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 17. Figura 2.16 Vibración de modo 22 con apoyos móviles



Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 18. Tabla 2.10 Resultados de análisis con sistema de aislamiento sísmico**

<b>OutputCase</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>	<b>RZ</b>
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	1	10.424	0.000	0.410	0.000	0.410	0.000
MODAL	2	5.890	0.000	0.000	0.000	0.410	0.499
MODAL	3	4.401	0.000	0.077	0.000	0.487	0.000
MODAL	4	4.158	0.696	0.000	0.696	0.487	0.000
MODAL	5	2.887	0.000	0.000	0.696	0.487	0.000
MODAL	6	2.397	0.000	0.000	0.696	0.487	0.008
MODAL	7	2.222	0.031	0.000	0.727	0.487	0.000
MODAL	8	2.059	0.000	0.000	0.727	0.487	0.000
MODAL	9	1.556	0.000	0.000	0.727	0.487	0.000
MODAL	10	1.450	0.000	0.000	0.727	0.487	0.001
MODAL	11	1.296	0.000	0.004	0.727	0.491	0.000
MODAL	12	1.233	0.018	0.000	0.744	0.491	0.000
MODAL	13	1.227	0.000	0.292	0.744	0.783	0.000
MODAL	14	1.226	0.000	0.000	0.744	0.783	0.254
MODAL	15	1.081	0.000	0.001	0.744	0.784	0.000
MODAL	16	1.030	0.000	0.000	0.744	0.784	0.000
MODAL	17	0.915	0.000	0.000	0.744	0.784	0.000
MODAL	18	0.915	0.000	0.000	0.744	0.784	0.000
MODAL	19	0.893	0.000	0.000	0.744	0.784	0.000
MODAL	20	0.880	0.012	0.000	0.756	0.784	0.000
MODAL	21	0.836	0.000	0.000	0.756	0.784	0.000
MODAL	22	0.805	0.000	0.000	0.756	0.784	0.000
MODAL	23	0.754	0.005	0.000	0.761	0.784	0.000
MODAL	24	0.745	0.000	0.024	0.761	0.807	0.000
MODAL	25	0.736	0.000	0.000	0.761	0.807	0.047
MODAL	26	0.730	0.000	0.031	0.761	0.838	0.000
MODAL	27	0.689	0.000	0.000	0.761	0.838	0.000
MODAL	28	0.656	0.000	0.000	0.761	0.838	0.000
MODAL	29	0.636	0.000	0.000	0.761	0.838	0.000
MODAL	30	0.599	0.000	0.000	0.761	0.838	0.000
MODAL	31	0.585	0.002	0.000	0.763	0.838	0.000
MODAL	32	0.567	0.000	0.000	0.763	0.838	0.000
MODAL	33	0.565	0.000	0.000	0.763	0.839	0.000
MODAL	34	0.540	0.015	0.000	0.779	0.839	0.000
MODAL	35	0.524	0.000	0.000	0.779	0.839	0.000
MODAL	36	0.514	0.000	0.000	0.779	0.839	0.000
MODAL	37	0.507	0.000	0.000	0.779	0.839	0.000
MODAL	38	0.498	0.000	0.000	0.779	0.839	0.000
MODAL	39	0.498	0.001	0.000	0.780	0.839	0.000
MODAL	40	0.487	0.000	0.000	0.780	0.839	0.000

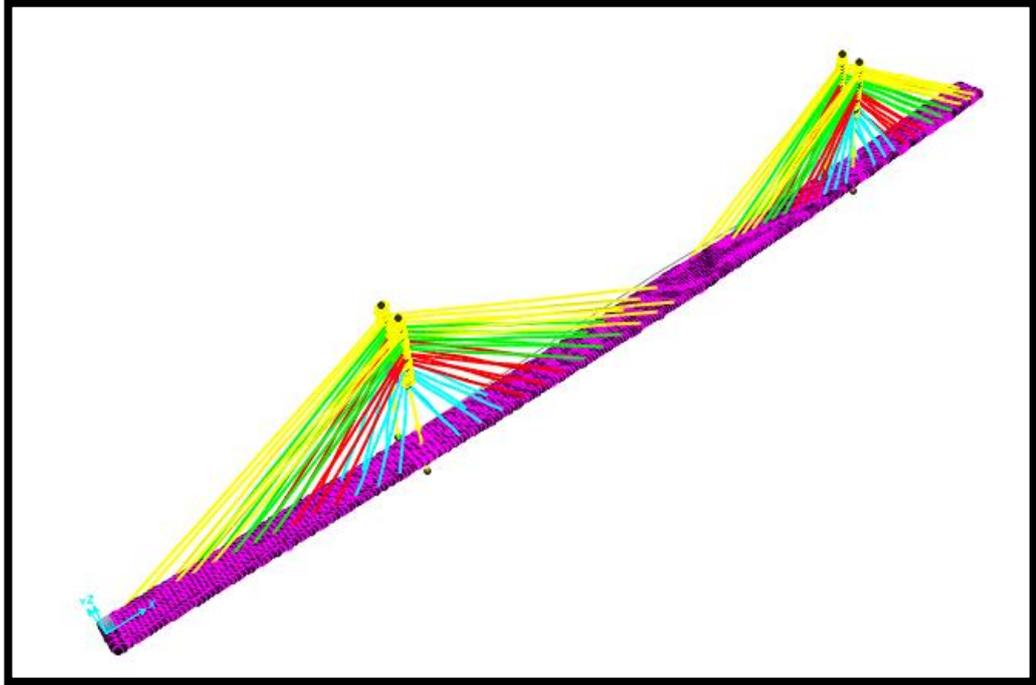
OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	41	0.460	0.000	0.000	0.780	0.839	0.000
MODAL	42	0.442	0.000	0.000	0.780	0.839	0.000
MODAL	43	0.439	0.000	0.000	0.780	0.839	0.000
MODAL	44	0.435	0.048	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	45	0.428	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	46	0.419	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	47	0.407	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	48	0.389	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	49	0.388	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	50	0.379	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	51	0.365	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	52	0.355	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	53	0.352	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	54	0.349	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	55	0.346	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	56	0.340	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	57	0.325	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	58	0.325	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	59	0.322	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	60	0.308	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	61	0.301	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	62	0.296	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	63	0.282	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	64	0.273	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	65	0.269	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	66	0.264	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	67	0.264	0.000	0.000	0.828	0.839	0.000
MODAL	68	0.261	0.000	0.000	0.828	0.839	0.023
MODAL	69	0.261	0.000	0.027	0.828	0.866	0.000
MODAL	70	0.257	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	71	0.252	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	72	0.245	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	73	0.238	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	74	0.224	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	75	0.217	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	76	0.215	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	77	0.212	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	78	0.211	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	79	0.208	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	80	0.196	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	81	0.188	0.000	0.000	0.828	0.866	0.000
MODAL	82	0.182	0.011	0.000	0.839	0.866	0.000

<b>OutputCase</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>	<b>RZ</b>
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	83	0.182	0.037	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	84	0.180	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	85	0.178	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	86	0.176	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	87	0.173	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	88	0.168	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	89	0.167	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	90	0.164	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	91	0.164	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	92	0.163	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	93	0.163	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	94	0.160	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	95	0.160	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	96	0.160	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	97	0.159	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	98	0.155	0.000	0.000	0.876	0.866	0.000
MODAL	99	0.152	0.000	0.000	0.876	0.866	0.003
MODAL	100	0.151	0.000	0.004	0.876	0.869	0.000
MODAL	101	0.150	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	102	0.150	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	103	0.150	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	104	0.149	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	105	0.146	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	106	0.145	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	107	0.143	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	108	0.141	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	109	0.135	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	110	0.135	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	111	0.130	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	112	0.128	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	113	0.124	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	114	0.123	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	115	0.123	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	116	0.122	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	117	0.121	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	118	0.119	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	119	0.117	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	120	0.115	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	121	0.114	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	122	0.114	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	123	0.114	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	124	0.111	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ
Modo	#	Sec	%	%	%	%	%
MODAL	125	0.110	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	126	0.110	0.000	0.000	0.876	0.869	0.000
MODAL	127	0.108	0.000	0.003	0.876	0.872	0.001
MODAL	128	0.108	0.000	0.001	0.876	0.873	0.003
MODAL	129	0.107	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	130	0.107	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	131	0.107	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	132	0.105	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	133	0.104	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	134	0.103	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	135	0.103	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	136	0.102	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	137	0.100	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	138	0.099	0.000	0.000	0.876	0.873	0.000
MODAL	139	0.099	0.001	0.000	0.878	0.873	0.000
MODAL	140	0.099	0.002	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	141	0.097	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	142	0.096	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	143	0.096	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	144	0.095	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	145	0.095	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	146	0.095	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	147	0.094	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	148	0.093	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	149	0.092	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	150	0.091	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	151	0.090	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	152	0.090	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	153	0.088	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	154	0.088	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	155	0.086	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	156	0.085	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	157	0.085	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	158	0.085	0.000	0.000	0.879	0.873	0.000
MODAL	159	0.085	0.000	0.000	0.880	0.873	0.000
MODAL	160	0.085	0.000	0.000	0.880	0.873	0.000

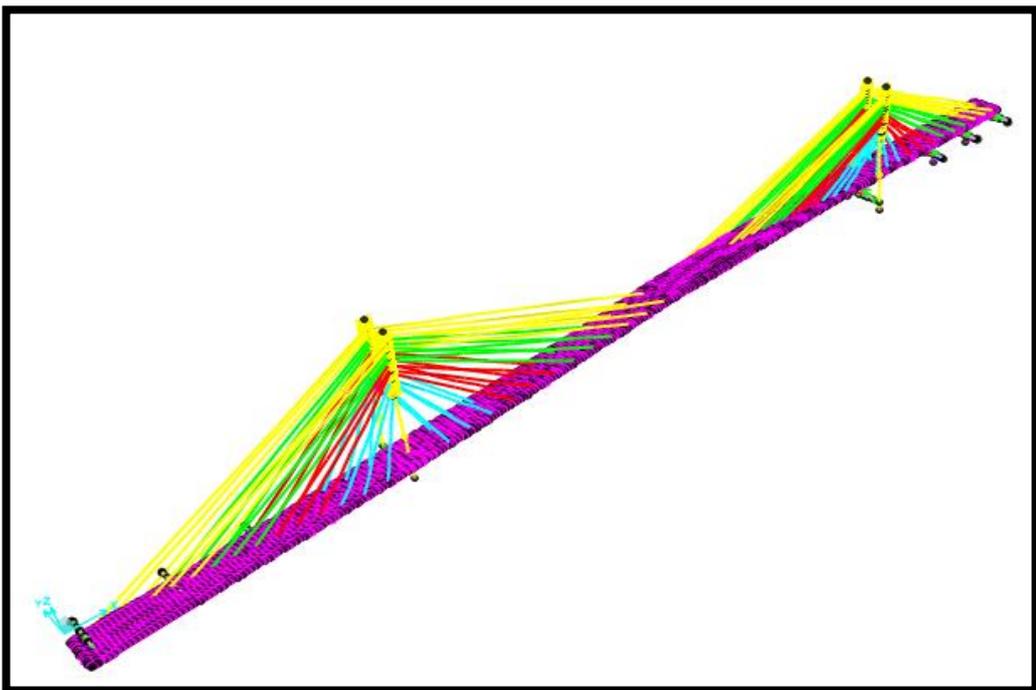
Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 19. Figura 2.17 Vibración de modo 1 con disipadores sísmicos**



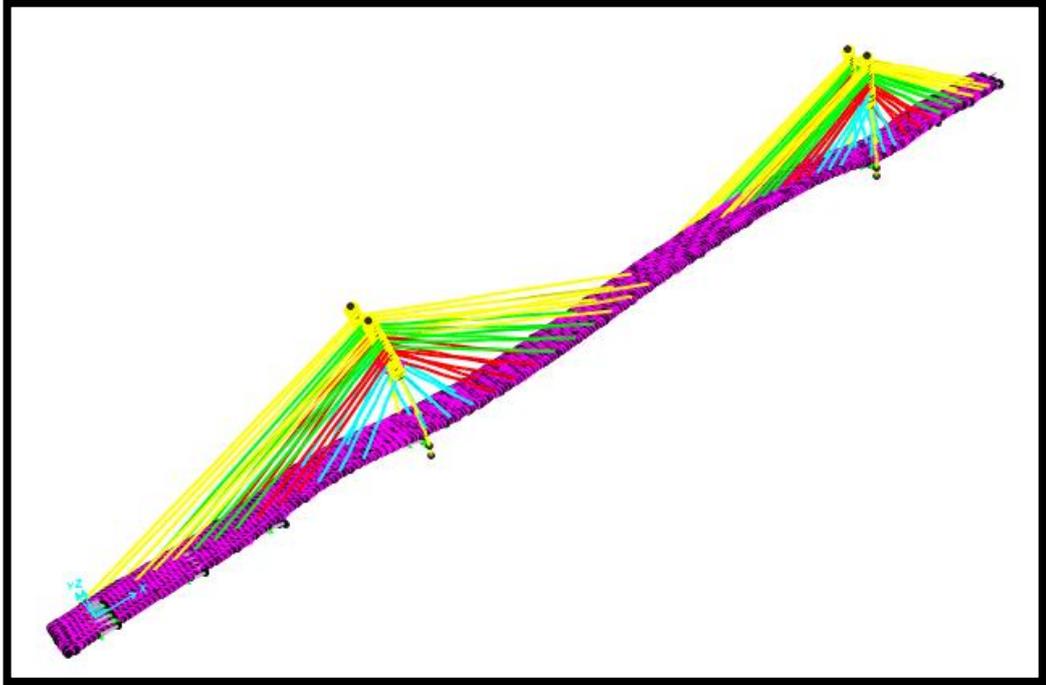
**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 20. Figura 2.18 Vibración de modo 2 con disipadores sísmicos**



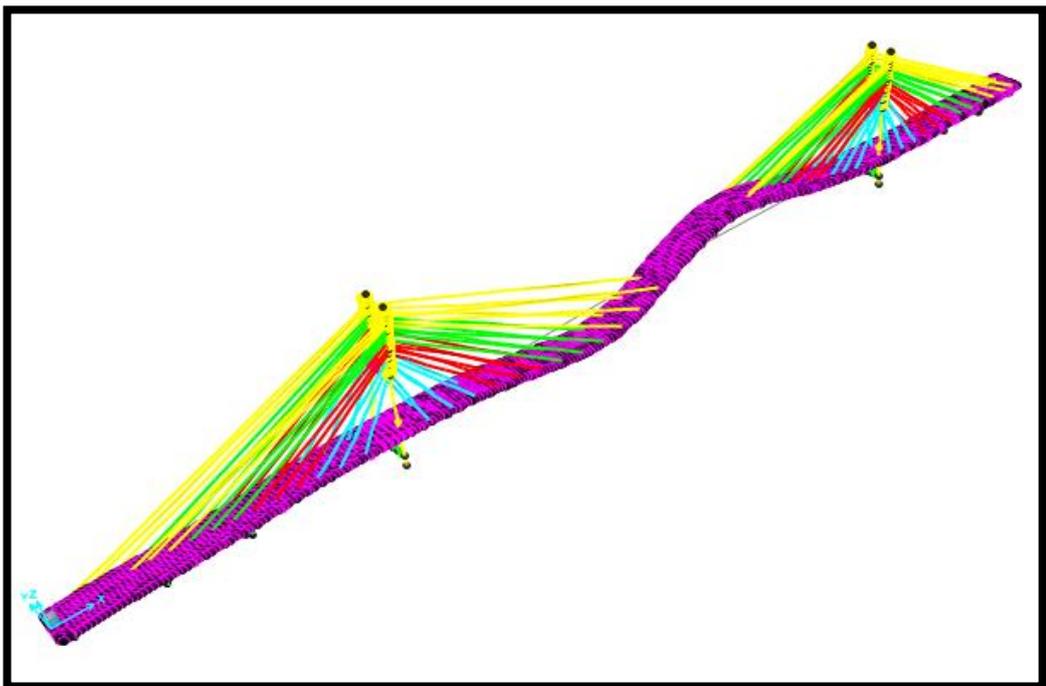
**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 21. Figura 2.19 Vibración de modo 4 con disipadores sísmicos**



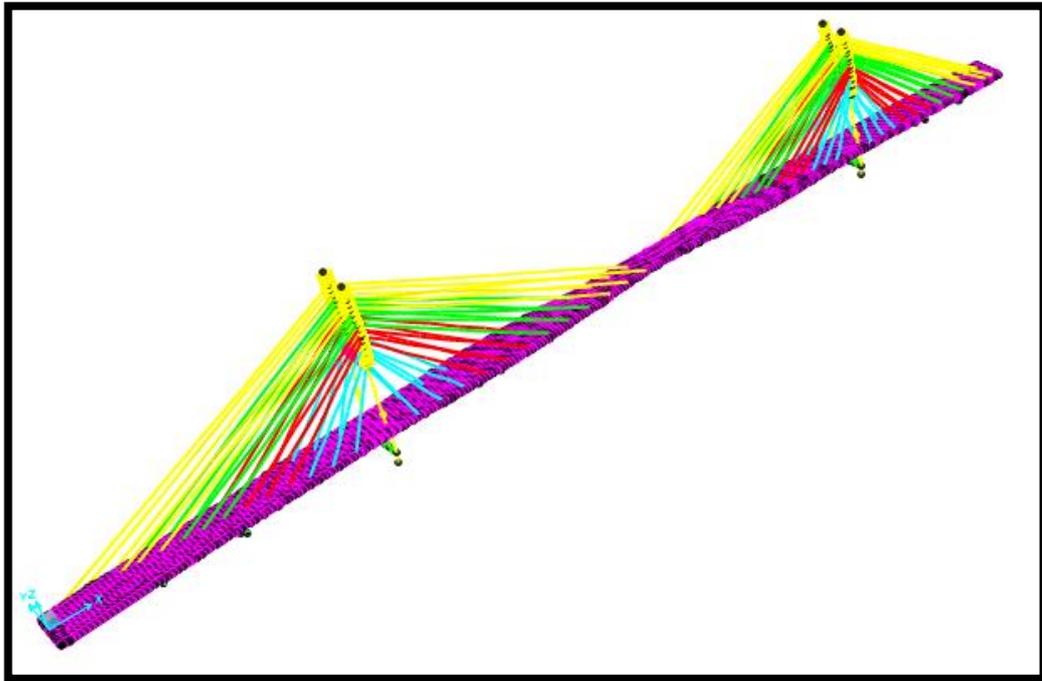
**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 22. Figura 2.20 Vibración de modo 7 con disipadores sísmicos**



**Fuente:** Elaborado por el autor

Anexo 22. Figura 2.21 Vibración de modo 13 con disipadores sísmicos



Fuente: Elaborado por el autor