

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE MECÁNICA



**“DISEÑO DE ESTRUCTURA AUXILIAR PARA MONTAJE
DE UN PUENTE VEHICULAR METÁLICO DE 169
TONELADAS, DISTRITO DE SHUNTE-TOCACHE,
GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

RAÚL GUMERCINDO LÓPEZ HUAMÁN

Callao, 2021

PERÚ


PEDRO BALTAZAR DE LA CRUZ
CASTILLO
INGENIERO MECANICO
Reg. CIP N° 96534


RAÚL LÓPEZ H.

(Resolución N° 063-2021-C.F. del 14 de abril de 2021)

**ACTA N° 041 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL II CICLO TALLER
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 089 ACTA N° 041 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 17 días del mes de Julio del año 2021, siendo las 10:57 horas, se reunieron, en la Sala Meet:, <https://meet.google.com/ftc-bvra-wuh>, el JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL para la obtención del Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- | | |
|--|--------------------|
| ▪ Dr. José Hugo Tezén Campos | :Presidente |
| ▪ Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci | :Secretario |
| ▪ Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez | :Vocal |
| ▪ Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias | :Suplente |

Se dio inicio al acto de exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller LOPEZ HUAMAN RAUL GUMERCINDO, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, sustenta el Informe Titulado: **"DISEÑO DE ESTRUCTURA AUXILIAR PARA MONTAJE DE UN PUENTE VEHICULAR METÁLICO DE 169 TONELADAS, DISTRITO DE SHUNTE -TOCACHE, GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas la s deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (Quince)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrado la Sesión a las **11:26** horas del día **17** de **Julio** del **2021**.



Dr. José Hugo Tezén Campos
Presidente de Jurado



Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci
Secretario de Jurado



Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
Vocal



Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias
Suplente

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios y a mis padres con mucho cariño que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. A mis hijos que son la razón de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por todo el sacrificio y esfuerzo que han realizado por darme una educación de calidad.

A mis hermanas Isabel y Rosa por su apoyo y confianza incondicional.

A todos los docentes de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Callao.

ÍNDICE

ÍNDICE	4
INTRODUCCIÓN	10
I. ASPECTOS GENERALES	12
1.1. Objetivos	12
1.1.1. Objetivo General.....	12
1.1.2. Objetivo Específicos	12
1.2. Organización de la empresa o institución	12
1.2.1. Breve reseña histórica.....	12
1.2.2. La empresa	13
1.2.3. Organigrama de la empresa Just in Time S.A.C.	14
1.2.4. Funciones desempeñadas.	14
1.2.5. Actividades desarrolladas por la empresa.....	15
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	17
2.1. Marco teórico	17
2.1.1. Antecedentes nacionales.	17
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	18
2.1.3. Bases teóricas.....	19
2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.	39
2.2.1. Información preliminar del proyecto.....	39

2.2.2.	Definir el uso de la estructura auxiliar.....	41
2.2.3.	Seleccionar la estructura auxiliar.....	41
2.2.4.	Determinar las cargas.	42
2.2.5.	Dimensionamiento de los materiales.....	42
2.2.6.	Análisis estructural	43
2.2.7.	Estado limite (capacidad>demanda).	45
2.2.8.	Elaborar los planos.....	50
III.	APORTES REALIZADOS.....	51
3.1.	Análisis de cargas en la estructura auxiliar	51
3.1.1.	Cargas muertas de puente metálico.....	51
3.1.2.	Peso propio de la estructura auxiliar	51
3.1.3.	Cargas de viento	51
3.1.4.	Carga viva	51
3.2.	Dimensionamiento de la estructura auxiliar	52
3.3.	Análisis estructural.....	53
3.3.1.	Análisis de la estructura auxiliar utilizando el SAP 2000	53
3.4.	Estado límite (capacidad >demanda).....	54
3.5.	Evaluación Técnico-Económico.....	64
3.6.	Análisis de resultado.....	65
IV.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	67

4.1. Discusión	67
4.2. Conclusiones	68
V. RECOMENDACIONES	70
VI. BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Especificaciones aplicable a diversos perfiles estructurales</i>	32
Tabla 2: <i>Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K</i>	35
Tabla 3: <i>Flujograma de actividades</i>	39
Tabla 4: <i>Característica técnica del proyecto</i>	41
Tabla 5: <i>Peso de la estructura auxiliar</i>	51
Tabla 6: <i>Reacciones de los puntos de apoyo</i>	53
Tabla 7: <i>Presupuesto de Diseño, Fabricación y Montaje</i>	64
Tabla 8: <i>Cronograma de Diseño, Fabricación y Montaje</i>	64
Tabla 9: <i>Fuerzas y momentos de los elementos estructurales</i>	94
Tabla 10: <i>Elementos a compresión en miembros sujetos a compresión axial</i> 120	
Tabla 11: <i>Elementos a compresión en miembros sujetos a compresión axial</i> 121	
Tabla 12: <i>Elementos de compresión en miembros a flexión</i>	122
Tabla 13: <i>Presupuesto total del proyecto</i>	124

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Organigrama de la empresa Just in Time S.A.C.	14
<i>Figura 2.</i> Puente vehicular metálico	20
<i>Figura 3.</i> Acueductos.	20
<i>Figura 4.</i> Puente peatonal.....	21
<i>Figura 5.</i> Puente de vigas.	21
<i>Figura 6.</i> Puente Rumpiang-Indonesia.....	22
<i>Figura 7.</i> El puente Continental-Perú.....	22
<i>Figura 8.</i> Puente Kaisermühlenbrücke- Viena.....	23
<i>Figura 9.</i> Componentes y elementos de un puente.....	23
<i>Figura 10.</i> Fabricación de puente metálico reticulado.....	25
<i>Figura 11.</i> Lanzamiento del Puente Mariposa-Tocache.....	28
<i>Figura 12.</i> Diagrama de esfuerzo- deformación.....	31
<i>Figura 13:</i> Elemento estructural sometido a tracción	34
<i>Figura 14.</i> Viga sometida a flexión	37
<i>Figura 15:</i> Ubicación geográfica del proyecto	40
<i>Figura 16:</i> Puente vehicular metálico –Shunte.....	40
<i>Figura 17.</i> Longitud de la estructura auxiliar y los pilares de apoyo.....	43
<i>Figura 18.</i> Dimensiones de la estructura auxiliar.	52
<i>Figura 19.</i> Puente reticular - estructura auxiliar. Fuente: Elaboración propia.....	52
<i>Figura 20.</i> Análisis estructural utilizando el sap2000	54
<i>Figura 21.</i> Propiedades de la sección frame 95	55
<i>Figura 22.</i> Propiedades de la sección frame 98	56
<i>Figura 23.</i> Propiedades de la sección frame 96.....	57
<i>Figura 24.</i> Propiedades de la sección frame 152	58
<i>Figura 25.</i> Propiedades de la sección frame 138	61
<i>Figura 26.</i> Propiedades de la sección frame 112	62
<i>Figura 27.</i> Voladizo en el estribo inicial a 3 metros.	76
<i>Figura 28.</i> Voladizo en el estribo inicial a 6 metros.	77
<i>Figura 29.</i> Voladizo en el estribo inicial a 9 metros.	78

<i>Figura 30.</i> Voladizo en el estribo inicial a 12 metros	79
<i>Figura 31.</i> Cuando llega al primer pilar y trabaja sobre el rodillo.....	80
<i>Figura 32.</i> Cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 3 metros	81
<i>Figura 33.</i> Cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 6 metros	82
<i>Figura 34.</i> Cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo 9 metros.	83
<i>Figura 35.</i> Cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 12 metros.	84
<i>Figura 36.</i> Cuando llega al segundo pilar y trabaja sobre el rodillo.....	85
<i>Figura 37.</i> Cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 3 metros.	86
<i>Figura 38.</i> Cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 6 metros.	87
<i>Figura 39.</i> Cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 9 metros.	88
<i>Figura 40.</i> Cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 12 mts.	89
<i>Figura 41.</i> Cuando llega al estribo final y trabaja sobre el rodillo.	90
<i>Figura 42.</i> Cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 3 metros	91
<i>Figura 43.</i> Cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 6 metros	92
<i>Figura 44.</i> Cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 9 metros	93
<i>Figura 45.</i> Análisis estructural con el Software SAP 2000	118
<i>Figura 46.</i> Modelamiento con el Software TEKLA.....	118
<i>Figura 47.</i> Montaje del Puente metálico vehicular de 169 Toneladas	119

INTRODUCCIÓN

En la construcción de puentes se debe tener en cuenta el método con el que se montara, de hecho, debe considerarse incluso en el momento de la etapa inicial del proyecto. De acuerdo al método seleccionado de la instalación del puente se debe considerar el diseño de una estructura auxiliar, la cual se acoplará temporalmente en la parte frontal delantera del puente hasta posicionarlo en sus respectivos puntos de apoyo.

En la construcción del puente del distrito Shunte Tocache, debido a las condiciones de la zona de trabajo, longitud grande del puente, altura y el incremento de cauce del río por la constante lluvias, hace que limiten la ejecución del montaje del puente, como el acceso del personal y grúas en la zona de maniobras. Para estas condiciones de terreno se consideró en diseñar una estructura auxiliar para su montaje.

El presente informe titulado “Diseño de una estructura auxiliar de un Puente Vehicular Metálico de 169 Toneladas, distrito de Shunte -Tocache, Gobierno Regional de San Martín”, tiene por objetivo general diseñar una estructura auxiliar para instalar un puente vehicular metálico de 169 toneladas, de manera óptima y segura.

El análisis de diseño se realizó usando el software de análisis estructural SAP 2000, AISC Steel Construction Manual y la Norma Técnica de Edificación E.090 de Estructuras Metálicas.

En el informe se explica los tipos de puentes, características, fabricación y sistemas de montaje empleados. También hace una explicación y clasificación

de los parámetros que intervienen en el diseño de la estructura auxiliar, con la finalidad de seleccionar la estructura más apropiada de acuerdo a las condiciones geográfica del área y el análisis económico del proyecto, para lo cual hace mención del costo de la estructura auxiliar.

Con el análisis y diseño de la estructura auxiliar en mención, la empresa Just In Time S.A.C. podrá ejecutar montaje de puentes metálicos que tengan la misma condiciones geográficas y limitaciones de terreno, de una manera segura y eficiente. El presente informe servirá de referencia para profesionales que estén interesados en el diseño de estructura auxiliar.

I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Diseñar una estructura auxiliar para instalar un puente vehicular metálico de 169 toneladas, distrito de Shunte-Tocache, Gobierno Regional de San Martín de manera óptima y segura.

1.1.2. Objetivo Específicos

- Definir las normas técnicas de referencia y establecer los parámetros de diseño.
- Elaborar la metodología para determinar las cargas que intervienen en la estructura auxiliar.
- Determinar el peso de la estructura auxiliar para que equilibre el centro de masa del sistema en el proceso de la instalación del puente metálico.
- Seleccionar los elementos estructurales que conforma la estructura auxiliar.
- Evaluar el diseño de la estructura auxiliar elaborando planos y memoria de cálculo.

1.2. Organización de la empresa o institución

1.2.1. Breve reseña histórica.

Just in Time S.A.C. es una empresa peruana que brinda servicios de construcción de obras civiles y fabricación y montaje de estructuras metálicas. Inició sus operaciones el año 2002, realizando estudios de ingeniería (diseño,

cálculos estructurales y asistencia técnica) y la construcción de pequeñas obras para el sector privado (Just in Time ,2021).

En el año 2008, ingresa al mercado de la construcción para el sector público, adjudicándose proyectos de obras civiles con estructuras metálicas. En estos últimos 10 años, ha ejecutado 19 proyectos de este tipo, en las tres regiones del país (JIT,2021).

El trabajo realizado le ha merecido el reconocimiento de sus clientes, por la calidad de su servicio y el desempeño de su equipo profesional, liderado por el Ingeniero Sebastián Romaní, especialista en Ingeniería Estructural.

La experiencia ganada a lo largo de 16 años le ha valido a la empresa para aprender a trabajar de manera consorciada, instalar su taller de fabricación de estructuras metálicas y emprender el proceso de implementación de los estándares de calidad ISOS y OHSAS para mejorar sus oportunidades de negocios (JIT,2021).

1.2.2. La empresa.

- Misión.

Somos una empresa que brinda servicios de construcción de obras civiles y estructuras metálicas para la industria. Desarrollamos los proyectos con calidad, seguridad y cuidado ambiental. Trabajamos con profesionalismo y dedicación, afrontando los nuevos desafíos en base a la experiencia de nuestro talento humano (JIT,2021).

- Visión.

Ser reconocida como empresa eficaz y eficiente por la calidad de sus servicios, competencia profesional y compromisos, que asume

individualmente o en alianzas. Aplica métodos de trabajo que crean valor e innovación para dar respuesta a las nuevas necesidades sociales, contribuyendo al desarrollo sostenible de las áreas donde se ejecuten nuestros proyectos (JIT,2021).

1.2.3. Organigrama de la empresa Just in Time S.A.C.

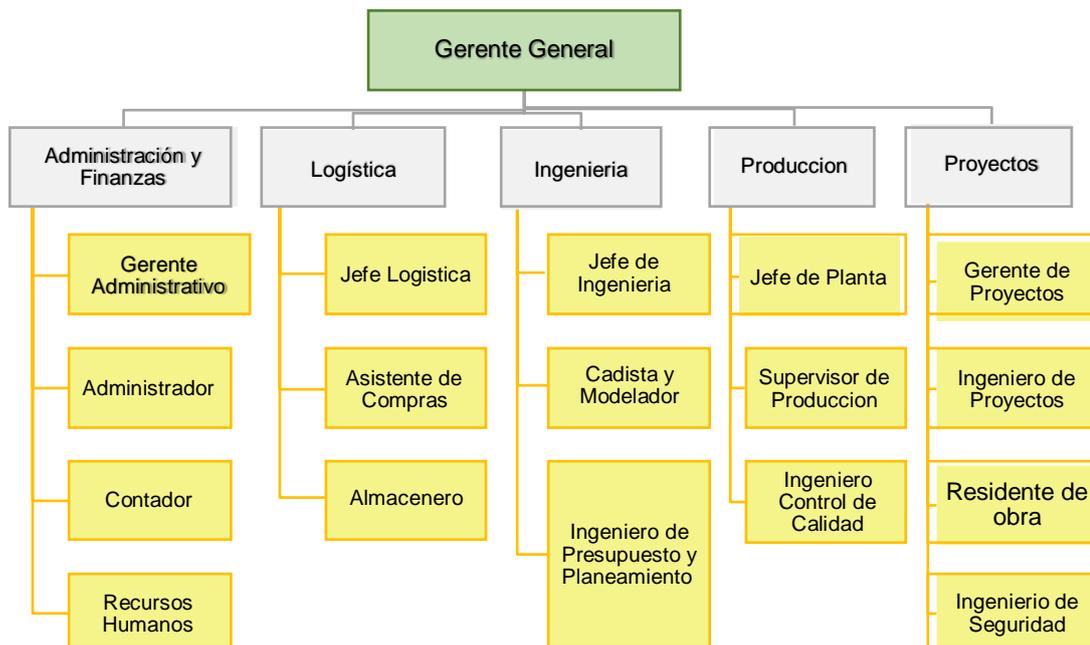


Figura 1. Organigrama de la empresa Just in Time S.A.C.

Elaboración propia

1.2.4. Funciones desempeñadas.

Las funciones desarrolladas en esta empresa fueron:

Cargo: Ingeniero de Proyectos.

Periodos: setiembre 2017-setiembre2018

Funciones:

- Elaboración de plan de proyectos (alcance, cronograma, costo, calidad).
- Gestionar los planos de ingeniería de fabricación y montaje
- Gestionar las adquisiciones del proyecto.
- Realizar valorizaciones y liquidación del proyecto.
- Reportar informes de las diferentes etapas del proyecto
- Controlar y monitorear los avances del proyecto a través de la gestión del valor ganado.
- Formalizar y validar los entregables del proyecto.

1.2.5. Actividades desarrolladas por la empresa.

Just in Time S.A.C. es una empresa peruana que brinda servicios de construcción de obras civiles y fabricación y montaje de estructuras metálicas.

Principales obras ejecutadas por Just in Time S.A.C.:

- Instalación de Puentes Modulares Carretera Codo de Pozuzo.
Instalación de 16 puentes modulares por reemplazo en la localidad Codo de Pozuzo, provincia de Puerto Inca, en el departamento de Huánuco. La obra implica el retiro de las estructuras existentes y obras civiles.
- Construcción de Hangar Embotelladora San Miguel del Sur.
Diseño y construcción del Hangar N°7 de la planta Huaura de la Embotelladora San Miguel del Sur. Instalación de 1760 m².
- Construcción del Coliseo Teodoro Fernández.
Instalación de estructuras metálicas, arcos parabólicos, vigas y viguetas en la cúpula del coliseo con cobertores de calamina y zinc en

el techo. Además, se dispuso de luminarias de gran potencia e instalaciones eléctricas.

- **Construcción del Puente Prusia.**
Fabricación y montaje de estructura metálica con acero estructural de calidad grado 50 para soportar más de 40 toneladas de peso. La infraestructura de 86 m de longitud cuenta con vías de acceso, veredas peatonales, estribos, muros de contención, señalizaciones en ambos lados y capacidad.
- **Construcción de la Caja Escénica del Teatro Municipal.**
Estructura metálica de cuatro niveles y 12 m de altura ubicada en la azotea de la Torre A del centro empresarial More. El servicio contempló el suministro, la fabricación, el transporte y montaje de los elementos estructurales.
- **Construcción del Puente Vehicular Mariposa.**
Fabricación y Montaje del Puente metálico reticulado tipo Warren de 80 m de longitud sobre el río Mariposa, cuenta con vías de acceso, veredas peatonales, estribos, muros de contención, señalizaciones en ambos lados y capacidad.

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

2.1. Marco teórico.

2.1.1. Antecedentes nacionales.

- Juvenal Alejandro Aquino Calderón (2020) ,en su tesis titulado “Propuesta de mejora al diseño del plan de lanzamiento y montaje de estructuras metálicas del puente La Eternidad, provincia de Chupaca”, en la presente investigación se genera una propuesta de diseño del plan de montaje y lanzamiento de estructuras metálicas del puente La Eternidad, Provincia de Chupaca, departamento de Junín, utilizando los lineamientos del Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (en adelante Manual MTC) de puentes del año 2016, donde se toma en cuenta para el diseño estructural la filosofía de los estados límites de servicio y resistencia.

Además, se emplearon criterios de montaje y lanzamiento, definición de los componentes y el procedimiento adecuado del lanzamiento de la superestructura en mención.

- Javier Martin Luna Asencio (2016),en su tesis titulado” Procedimiento y aplicación de normas internacionales en la fabricación, empalme y lanzamiento de las vigas metálicas del puente catarata en la provincia de Huancasancos- Ayacucho”, El presente trabajo tiene como finalidad explicar los procesos constructivos de las estructuras metálicas del puente de sección compuesta puente catarata con una luz de 50m, desde su etapa de fabricación hasta la etapa de empalme y

Lanzamiento siguiendo procedimientos lógicos, normas internacionales, lineamiento de aseguramiento y control de calidad.

2.1.2. Antecedentes internacionales.

- Luis Eduardo Erazo Morocho (2019), en su tesis titulada “Lanzamiento de vigas metálicas del puente sobre el río san pedro ubicado en la vía Conocoto Amaguaña, Pichincha”, El trabajo consiste en diseñar el sistema más eficiente para el lanzamiento de vigas del puente. Para lo cual primero se investiga las formas más usadas para el lanzamiento de vigas de hormigón o metálicas de los puentes en el mundo y haciendo énfasis en los últimos métodos utilizados en la construcción de puentes en el Ecuador. Una vez determinado la opción de lanzamiento a realizar se hará un análisis de costo – beneficio para determinar el método más eficiente, por último, se describirá el diseño y metodología de lanzamiento de las vigas metálicas. Lanzamiento, optimización, diseño, puente, eficiencia, metodología.
- Dany Javier Cárdenas Pichucho (2012), en su tesis titulada “Diseño y fabricación de los rodillos y malacate para el desplazamiento del puente metálico de vigas continuas sobre el Rio Cebadas de 60metros de longitud y procedimiento de lanzamiento”. El proyecto propuesto tiene como objetivo diseñar y fabricar los rodillos y el malacate para el desplazamiento del puente metálico de vigas continuas sobre el rio Cebadas de 60metros de longitud y su procedimiento de lanzamiento, para la empresa INTEGRRA la cual fue ejecutora de la fabricación de las vigas metálicas.

2.1.3. Bases teóricas

El puente es una estructura vial que tiene su trazado por encima de las superficies irregulares o accidentes geográficos que presenta la naturaleza a lo largo de proyectos viales.

Los puentes pueden ser fabricados con diferentes tipos de materiales y de la misma manera su ensamble y posterior lanzamiento depende de las condiciones del sitio de cada proyecto, cada puente fabricado tiene diferentes aspectos a ser considerados como utilización de recursos (Cárdenas, 2012 p.1).

a. Clasificación de los puentes

Clasificación según la función que cumplen.

“Los puentes pueden ser utilizados para conducción de agua, soportar carreteras o vías férreas y también pueden estar destinados únicamente para la circulación de personas de esta manera tenemos la siguiente clasificación” (Cárdenas, 2012,p.1).

- Puentes vehiculares.

“El puente es una estructura vial que tiene su trazado por encima de las superficies irregulares o accidentes geográficos que presenta la naturaleza a lo largo de proyectos viales”(Cárdenas, 2012,p.1).



Figura 2. Puente vehicular metálico.

Fuente: "Calaba Bridge, Philippines". Por Waagner Biro, 2020.

- Acueductos.

Es un conjunto de estructura que permite el transporte del agua a través de sus estructuras.



Figura 3. Acueductos.

Fuente: "Los acueductos romanos, maravillas de la ingeniería." Por JW.ORG,2014.

- Puentes peatonales.

“Es una construcción que se desarrolla en altura para que sea más fácil atravesar un obstáculo. Por lo general los puentes pasan sobre fosos, ríos, etc. Peatonal, por otra parte, es aquello exclusivo para peatones: personas que se desplazan a pie” (Perez,2019, párr.4).



Figura 4. Puente peatonal.

Fuente: Elaboración propia

b. Tipos de puentes

- Puentes de vigas.



Figura 5. Puente de vigas.

Fuente: Urbanismo,2021

- Puente de arco.



Figura 6. Puente Rumpiang-Indonesia.

Fuente: Waagner Biro, 2020

- Puente colgante.



Figura 7. El puente Continental-Perú

Fuente: Waagner Biro, 2021

- Puente atirantado.



Figura 8. Puente Kaisermühlenbrücke- Viena.

Fuente: Waagner Biro, 2021

c. Elementos estructurales de un puente

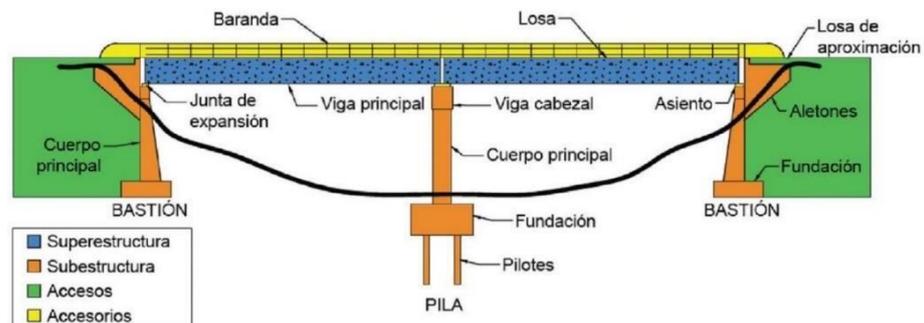


Figura 9. Componentes y elementos de un puente.

Fuente: "Informe sobre estado actual de los 14 puentes ubicados en la Ruta 1".

Por: Universidad de Costa Rica, 2018

- ✓ Superestructuras.

Parte de un puente, conformada por tablero, vigas, diafragma, aceras y protecciones laterales. La función principal de la superestructura es permitir el paso vehicular y transmitir las cargas existentes hacia la infraestructura" (Onofre y Ormazá, 2018, p.7).

✓ Infraestructura.

“Compuesta por los estribos, pilas, cimentación y los aparatos de apoyo. La subestructura soporta las cargas originadas en la superestructura y la trasmite al estrato resistente” (Luna,2016, p.23).

✓ Estribos.

“Estructuras ubicadas en los extremos del puente, transmiten el peso de las superestructuras incluyendo el peso de los mismos estribos hacia el suelo de cimentación “(Onofre y Ormaza,2018, p.7).

d. Fabricación de Puentes

Generalmente el proceso fabricación de la estructura metálica principal del puente, se realiza en taller, y estará bajo los estándares de calidad normados de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

Para ejecutar la fabricación del puente metálico, la empresa deberá con personal especializado en este rubro, para evitar inconvenientes en la ejecución de los trabajos, y deberá ser supervisado por el área de control de calidad en todo el proceso de fabricación.

Elementos estructurales de un puente reticulado tipo Warren:

- ✓ Arriostre superior
- ✓ Viga inferior
- ✓ Viga superior
- ✓ Conector
- ✓ Diagonal lateral
- ✓ Montante lateral
- ✓ Viga transversal
- ✓ Plancha de conexión



*Figura 10.*Fabricación de puente metálico reticulado.

Fuente: Elaboración propia

e. Normatividad de puentes

Actualmente, los puentes se diseñan en general en base a las disposiciones de la norma 173 edición AASHTO (Standard Specifications for Highway Bridges 2002 -en adelante AASHTO STANDARD), y en algunos casos con la norma AASTHO LRFD, (Bridge Design Specifications 2007, en adelante AASHTO LRFD); en las cuales se han desarrollado a lo largo de su existencia y de su vigencia, una serie de criterios, procedimientos y recomendaciones (Aquino ,2020, p.23).

f. Métodos de montaje

Existen muchos métodos de montaje de puentes de acero; los cinco típicos son:

✓ Montaje a pie de obra

Este método implica el montaje del puente a partir de sus componentes o subconjuntos individuales en su posición final, generalmente sobre cimbras o alguna otra forma de apoyo temporal, haciendo las juntas en la obra y retirando las cimbras. Debe proporcionarse un adecuado servicio de grúas que abarque toda la superficie del tablero. La presencia de cimbras puede bloquear temporalmente una carretera, vía férrea o río sobre el que se construye un puente. El montaje a pie de obra puede usarse conjuntamente con otros métodos de montaje (ITEA, s.f., p.256).

✓ Deslizamiento

Este método supone la construcción del puente desplazado lateralmente de la ubicación final para a continuación, levantarlo hasta su posición final. Por lo general se utiliza para sustituir un puente existente que no puede retirarse del servicio durante un período prolongado (Instituto Técnico de la Estructura en Acero, s.f., p.257).

“El equipo necesario para controlar esta operación incluye vigas-carril, placas de deslizamiento, gatos, cabrestantes, etc., además

de lo que se necesite para construir el puente en su alineación desplazada” (ITEA, s.f., p.257).

✓ Elevación-izado

Este método implica levantar una parte independiente o la totalidad de un puente a o cerca de su posición final. Entre las piezas levantadas se puede encontrar desde una pequeña pasarela, de unas pocas toneladas, hasta una gran sección de un gran cruce cuyo peso sea de 1000 toneladas. La elevación puede ser una operación completa en sí misma o parte de un esquema de montaje en voladizo (ITEA, s.f., p.257).

✓ Montaje en voladizo

Este método implica construir un puente, normalmente continuo sobre varios tramos, progresivamente a partir de uno o ambos estribos, uniendo secciones al extremo de la parte ya montada. Un tramo de anclaje se eleva o se monta a pie de obra y, a continuación, se montan en voladizo las secciones a partir de aquí, o bien elevándolas desde el nivel del suelo o bien deslizándolas a lo largo del tablero y haciéndolas descender desde el extremo. Estas operaciones requieren equipo especializado de elevación y/o descenso, así como medios para transportar grandes secciones al lugar del montaje (ITEA, s.f., p.257).

✓ Lanzamiento

Este método supone el montaje de un puente sobre rodillos o patines en su alineación final, pero al lado del obstáculo que se ha de cruzar. Cuando se ha finalizado, se empuja o se tira hacia

adelante para cruzar el obstáculo y se hace descansar sobre aparatos de apoyo en la orilla contraria (ITEA, s.f., p.256).



*Figura 11.*Lanzamiento del Puente Mariposa-Tocache.

Fuente: Elaboración propia

- Tipos de lanzamiento

1. Lanzamiento por empuje

Este lanzamiento como su nombre lo indica consiste en empujar las vigas sea utilizando medios mecánicos, hidráulicos o una máquina. Para el deslizamiento se pueden utilizar rodillos o apoyos metálicos entre los cuales se coloca un elemento que disminuya la fricción tal como el teflón (Erazo, 2019, p.13).

2. Lanzamiento con vigas lanzadora

Este sistema está compuesto por vigas modulares de celosías compuestas, las cuales sirven como un puente provisional por el cual solo se trasladará la viga definitiva. El sistema se basa en descargar la viga del camión detrás del estribo de lanzamiento, donde la viga modular sujeta la viga de hormigón y permite que el camión se retire. A continuación, el sistema desplaza la viga de hormigón hasta estar ubicado exactamente por encima de su posición final y por último la descende verticalmente (Erazo, 2019, p.21).

3. Lanzamiento por volados sucesivos

“El lanzamiento por voladizo sucesivo principalmente es unir mediante el dintel secciones de hormigón en la parte frontal de la viga, el carro de avance es el que se encarga de ubicar las dovelas en su posición final” (Erazo, 2019, p.24).

g. Estructura auxiliar

1. Normas

NTP E.090 –2009 -Estructuras Metálicas, La utilizaremos para el diseño y montaje de estructuras metálicas, utilizando el criterio del método de factores de Carga y Resistencia (LRFD). Esta norma se refiere a aquellos elementos de acero de cualquier sistema estructuras que sean parte esencial para soportar fuerzas externas y cargas gravitacionales.

NTP E.020 – 2006 – Cargas, Nos indicará las cargas mínimas que deberá resistir la estructura como consecuencia de su uso previsto. Las cargas actuantes no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan lo permitido por cada material estructural.

AISC, El American Institute of Steel Construction (2010), Estados Unidos, nos proporciona diferentes parámetros de diseño para el diseño por tensiones admisibles (ASD) y para el diseño por factores de carga y resistencia (LRFD). Se ha desarrollado esta normativa para proporcionar una práctica uniforme en el diseño de edificios de pórticos de acero. Fue escrito por el American Institute of Steel Construction, fundado en 1921, el cual es el organismo de los Estados Unidos encargado de las normas para la industria.

2. Criterio de diseño

Características del acero estructural

Según Ramirez y Díaz (2019) por las diferentes características que presenta el acero estructural, hace que sea un material perfecto para el diseño de estructuras metálicas, ya que es capaz de soportar grandes pesos, sin que su forma sea dañada, a continuación, describiremos algunas de sus características más importantes:

Uniformidad: Sus propiedades se mantienen apreciablemente con el tiempo.

Elasticidad: El acero, debido a su comportamiento es uno de los materiales que más sigue la ley de Hooke con esfuerzos bastante

altos, ya que sus momentos de inercia de una estructura de acero se pueden calcular exactamente (p.35).

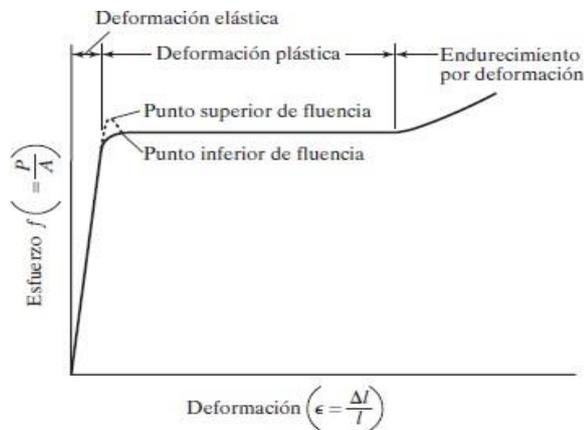


Figura 12. Diagrama de esfuerzo- deformación.

Fuente: “Diseño de estructura de acero” McCormac y Csernak, 2012,p.15

Ductilidad: “Es la propiedad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo esfuerzos de tensiones altos”. Por su naturaleza dúctil de los aceros estructurales, les permite fluir localmente en esos puntos, evitando así que fallen prematuramente” (Estrada Salvador y Díaz, 2019, p.36).

Tenacidad: Son tenaces ya que poseen resistencia y ductilidad. Los miembros de los aceros estructurales presentando grandes deformaciones será capaz de resistir grandes fuerzas. Esto quiere decir que, durante su fabricación y montaje, se pueden someter a grandes deformaciones sin fracturarse (Estrada Salvador y Díaz, 2019, p.36).

Tabla 1: Especificaciones aplicable a diversos perfiles estructurales

Tipo de acero	Designación de la ASTM	Esfuerzo mínimo de fluencia F_y (klb/plg ²)	Esfuerzo de tensión F_u (klb/plg ²)	Serie de perfiles aplicables										
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS Rect. Rempl. Tubo			
Al carbono	A36	36	58-80 ^b											
	A53 Gr. B	35	60											
	A500	Gr. B	42	58										
		Gr. C	46	58										
			50	62										
	A501	Gr. A	36	58										
		Gr. B	50	70										
	A529 ^c	Gr. 50	50	65-100										
		Gr. 55	55	70-100										
	Baja aleación alta resistencia	A572	Gr. 42	42	60									
Gr. 50			50	65 ^d										
Gr. 55			55	65										
A618 ^e		Gr. 60 ^f	60	60										
		Gr. 65 ^g	65	65										
		Gr. I & II	50 ^h	70 ^h										
Baja aleación alta resistencia resistente a la corrosión	A913	Gr. III	50	50										
		50	50 ^h	60 ^h										
		60	60	75										
	A992	65	65	80										
		70	70	90										
Baja aleación alta resistencia resistente a la corrosión	A242	50	65 ⁱ											
		42 ^j	63 ^j											
		46 ^k	67 ^k											
		50 ^l	70 ^l											
	A588	50	70											
A847	50	70												

■ = Especificación recomendada para el material
 □ = Otra especificación de material aplicable, cuya disponibilidad deberá confirmarse antes de la especificación.
 ◻ = La especificación de material no aplica.

^a Mínimo a menos que se muestre un rango.
^b Para perfiles arriba de 426 lb/psf, sólo aplica el mínimo de 58 klb/plg².
^c Para perfiles con un espesor de patín menor que o igual a 1 1/2 plg solamente. Para mejorar la soldabilidad, puede especificarse un máximo de carbono (de acuerdo con el Requisito suplementario S78 de la ASTM). Si se desea, puede especificarse el esfuerzo máximo de tensión de 90 klb/plg² (de acuerdo con el Requisito suplementario S79 de la ASTM).
^d Si se desea, puede especificarse el esfuerzo máximo de tensión de 70 klb/plg² (de acuerdo con el Requisito suplementario S91 de la ASTM).
^e Para perfiles con un espesor de patín menor que o igual a 2 plg solamente.
^f A618 de la ASTM también puede especificarse como resistente a la corrosión; véase A618 de la ASTM.
^g El mínimo aplica a muros de un espesor nominal de 3/4 plg y menor. Para espesores de muro mayores que 3/4 plg, $F_y = 46$ klb/plg² y $F_u = 67$ klb/plg².
^h Si se desea, puede especificarse un esfuerzo máximo de fluencia de 65 klb/plg² y una relación de resistencia máxima a la fluencia entre la de tensión de 0.85 (de acuerdo con el Requisito suplementario S75 de la ASTM).
ⁱ Se incluyen como obligatorias en A992 de la ASTM una relación de resistencia máxima a la fluencia entre la de tensión de 0.85 y una fórmula equivalente para el carbono.
^j Para perfiles con un espesor de patín mayor que 2 plg solamente.
^k Para perfiles con un espesor de patín mayor que 1 1/2 plg y menor que o igual a 2 plg solamente.
^l Para perfiles con un espesor de patín menor que o igual a 1 1/2 plg solamente.

Fuente: Diseño de estructura de acero. Por: McCormac y Csernak, 2012,p.23

3. Tipos de cargas

- Cargas muertas

Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar. Éstas son el peso propio de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a ella. Para un edificio con estructura de acero, son cargas muertas la estructura en sí, los muros, los pisos, el techo, la plomería y los accesorios (McCormac y Csernak, 2012, p.41).

- Cargas vivas

Las cargas vivas son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud. Son causadas cuando una estructura se ocupa, se usa y se mantiene. Las cargas que se mueven bajo su propio impulso como camiones, gente y grúas, se denominan cargas móviles. Aquellas cargas que pueden moverse son cargas movibles, tales como los muebles y los materiales en un almacén (McCormac y Csernak, 2012, p.42).

- Cargas ambientales

Según McCormac y Csernak, (2012), Las cargas ambientales son causadas por el medio ambiente en el cual se localiza una estructura particular. Para los edificios, las cargas ambientales son causadas por la lluvia, la nieve, el viento, los cambios de temperatura y los sismos. Estrictamente hablando, las cargas ambientales son cargas vivas, pero son el resultado del medio ambiente en el cual se ubica la estructura. Aun cuando ciertamente varían con el tiempo, no todas son causadas por la gravedad o por las condiciones de operación, como es común con otras cargas vivas (p.45). Se presentan los diferentes tipos de cargas ambientales: Nieve, lluvia, viento y carga sísmicas.

4. Demanda de capacidad.

Tracción

Según Estrada Salvador y Díaz (2019), cuando se espere que el elemento estructural en estudio vaya a quedar sometido a lo largo

de su vida útil a un gran número de ciclos de carga, en el cálculo de su resistencia se tomará en consideración la posibilidad de una falla por fatiga. Respecto al diseño de miembros en tracción se consideran los estados límite de flujo plástico en la sección total y de fractura en el área neta. En miembros sin agujeros, conectados mediante soldaduras colocadas en todas las partes que componen su sección transversal, en proporción a sus áreas, el área neta efectiva es igual al área total. Se verificará por tracción a todos los elementos que servirán como arriostres en la nave industrial a diseñar. Se realizará el diseño de los arriostres por tracción, mediante las siguientes formulas:

Teniendo la carga axial que llega a los arriostres, hallaremos tentativamente el área de acero mínima para soportar esta fuerza (p.41).

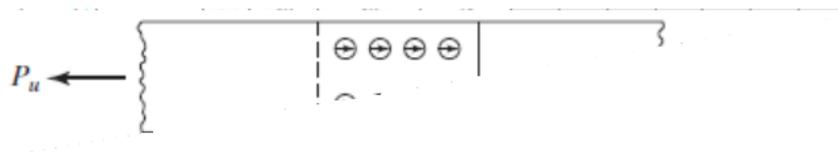


Figura 13: Elemento estructural sometido a tracción.

Fuente: "Diseño de estructura de acero". Por: McCormac y Csernak, 2012, p.68.

Compresión

Según McCormac y Csernak (2012), define a los miembros cargados axialmente a Compresión como: Existen varios tipos de miembros que trabajan a compresión, de los cuales los arriostres y

columna son los más conocidos. Además, muchos otros miembros tienen compresión en alguna de sus partes. Éstos incluyen los patines a compresión de vigas laminadas y armadas y los miembros sujetos simultáneamente a cargas de flexión y de compresión (p. 129).

Tabla 2: Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K

Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo	<ul style="list-style-type: none"> Rotación y traslación impedidas Rotación libre y traslación impedida Rotación impedida y traslación libre Rotación y traslación libres 					

Fuente: Diseño de estructura de acero. Por: McCormac y Csernak, 2012, p.143

Flexión

Según McCormac y Csernak (2012), define la flexión como :

Los miembros estructurales sujetos a una combinación de esfuerzo por flexión y carga axial son mucho más comunes de lo que el lector se imagina. Esta sección se dedica a presentar algunos de los casos más obvios. Las columnas que forman parte de una estructura de acero deben soportar, casi siempre, momentos de flexión, además de sus cargas usuales de compresión. Es casi imposible montar y centrar exactamente las cargas axiales sobre

las columnas, aun en los casos de pruebas de laboratorio, y el lector se dará cuenta de que en las construcciones dicha dificultad es aún mayor. Aunque las cargas en un edificio pudieran centrarse perfectamente en un momento dado, no permanecerían estacionarias. Además, las columnas pueden tener defectos iniciales o tener otras fallas, dando como resultado el que se produzcan flexiones laterales. Las vigas generalmente se ligan a las columnas mediante ángulos o ménsulas colocadas a un lado. Estas cargas aplicadas excéntricamente producen momentos.

El viento y otras cargas laterales ocasionan flexión lateral en las columnas y las de marcos rígidos de edificios, están sometidas a momentos, aun cuando el marco soporte sólo cargas verticales. Los elementos de los portales de puentes deben resistir fuerzas combinadas, en forma semejante a las columnas de edificios. Entre las causas que las originan se encuentran los fuertes vientos laterales o las cargas sísmicas, las cargas verticales de tránsito, sean o no simétricas, y la fuerza centrífuga debida al tránsito en los puentes con curva. (p. 346).

Se realizará el diseño de las vigas por flexión, siguiendo los pasos en el capítulo 3 del AISC-13th edición, para hallar el momento por fluencia (M_n).

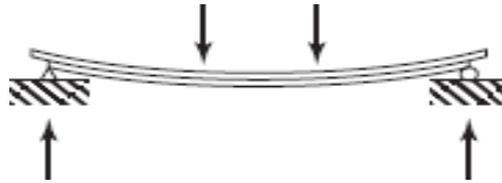


Figura 14. Viga sometida a flexión.

Fuente: "Diseño de estructura de acero", McCormac y Csernak, 2012, p.305

Soldadura

Soldadura de ranura; "cuando la penetración es completa y las soldaduras de ranura están sujetas a tensión o compresión axial, el esfuerzo en la soldadura se supone igual a la carga dividida entre el área transversal neta de la soldadura" (Estrada Salvador Ramírez y Díaz Felices, 2019).

Soldadura filete; según Estrada Salvador Ramírez y Díaz Felices, (2019) las pruebas han mostrado que las soldaduras de filete son más resistentes a la tensión y a la compresión que al corte, de manera que los esfuerzos determinantes en soldaduras de filete que se estipulan en las especificaciones para soldadura, son esfuerzos de corte. Cuando sea práctico usar soldadura de filete, es conveniente arreglar las conexiones de modo que estén sujetas únicamente a esfuerzos de corte, y no a la combinación de corte y tensión, o corte y compresión (p.57).

5. Cálculo de las cargas por el método LRFD.

Con el procedimiento LRFD, los valores esperados de las cargas individuales (carga muerta, carga viva, viento, nieve, etc.), se evalúan primero exactamente de igual manera que lo que requiere la especificación que se aplica. A dichas cargas se les denomina cargas de servicio. Las distintas combinaciones de estas cargas, que probablemente ocurran al mismo tiempo, se agrupan. La mayor combinación lineal de cargas en un grupo (en el método LRFD) se usa entonces para el análisis y el diseño. En dicho método, las cargas individuales (muerta, viva y ambiental) se estiman exactamente de la misma manera. Después de estimar las cargas individuales, el siguiente problema es escoger la combinación más desfavorable de cargas que pudiera ocurrir al mismo tiempo y que deberá usarse para el análisis y el diseño (Estrada Salvador y Díaz, 2019, p.61).

2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.

Según la tabla 3 muestra la secuencia de actividades desarrolladas

Tabla 3: *Flujograma de actividades*



Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Información preliminar del proyecto

Solicitar el informe técnico del proyecto, memoria descriptiva y especificaciones técnicas.

a. Ubicación:

Departamento: San Martín

Provincia: Tocache

Distrito: Shunte

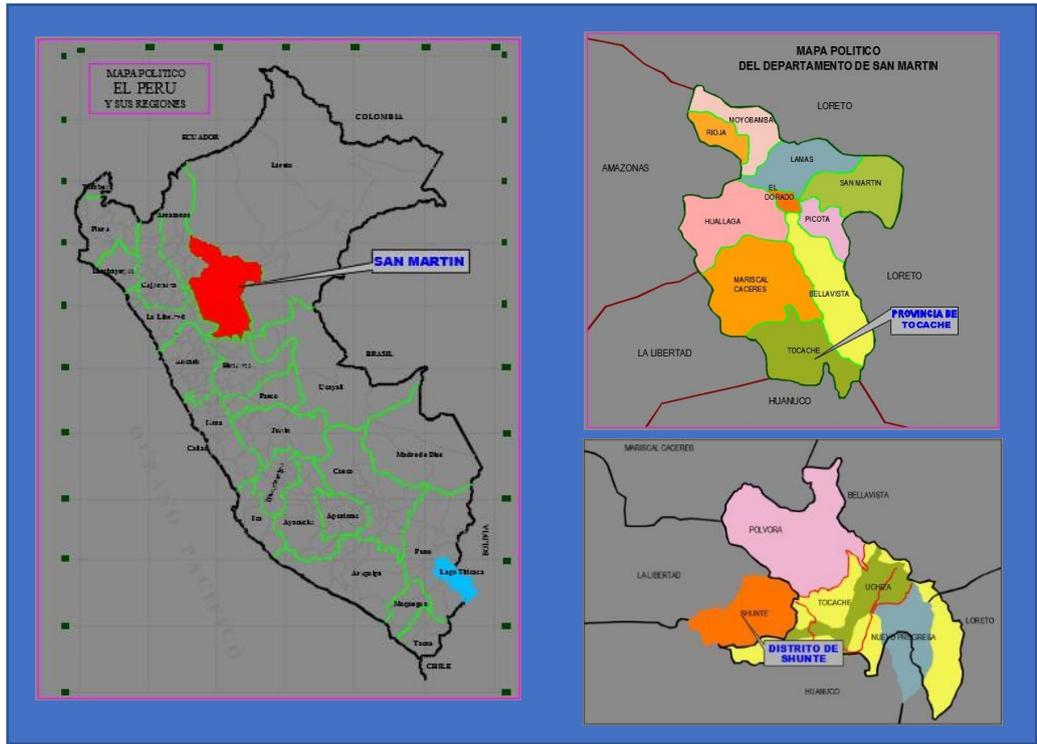


Figura 15: Ubicación geográfica del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

b. Ficha técnica de identificación de proyecto

Obra: “Construcción del puente vehicular en el caserío de Mariposa de Shunte, distrito de Shunte - Tocache - San Martín”

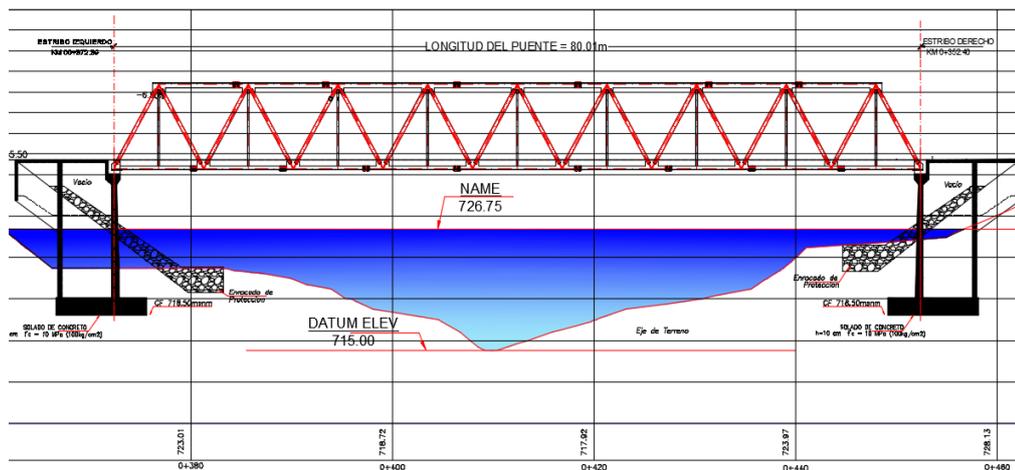


Figura 16: Puente vehicular metálico –Shunte

Fuente. Elaboración propia

Tabla 4. Característica técnica del proyecto

Monto de inversión:	6'265,865.08 Nuevos soles (Seis millones doscientos sesenta y cinco mil ochocientos sesenta y cinco con 08/100 Nuevos)
Plazo de ejecución	210 días hábiles
Tipo de obra proyectada	Puente metalico tipo Warren
Estribos	Derecho e izquierdo, de concreto armado con contrafuertes $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$
Cimentación	Directa (Zapatas)
Número de carriles	1
Ancho de carril	4.00 metros
Ancho de veredas	0.80 metros
Ancho total tablero	5.20 metros
Superficie de rodadura	Losa de Concreto Armado acceso afirmado
Luz entre ejes	80.00 metros
Luz libre de Eje a Eje	80.00 metros

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Definir el uso de la estructura auxiliar

La estructura auxiliar es un soporte temporal que logra reducir la carga aplicada sobre el puente en el proceso del montaje. Esta estructura deberá estar acoplada en la parte frontal de inicio del puente metálicos con la parte posterior de la estructura auxiliar y la unión de ambas estructuras deberá ser capaz de transmitir la flexión y el esfuerzo cortante producidos por la reacción de los rodillos.

2.2.3. Seleccionar la estructura auxiliar.

Para el diseño de la estructura auxiliar se consideró una estructura reticular tipo Warren porque son estructuras livianas y minimizan los esfuerzos del viento que pasa en su interior de ella.

2.2.4. Determinar las cargas.

Una estructura auxiliar no solo transmite las cargas verticales de gravedad a los estribos de deportes, sino que también resiste fuerzas longitudinales y transversales, como las producidas por el viento. El conjunto de arriostramiento transversal y horizontal son lo que proporcionara una estructura rígida lateral y torsional. Las cargas que soportara la estructura se deben a diferentes factores, lo mismo que afectan su resistencia.

Carga muerta, está conformado por el peso propio del puente vehicular y estructura auxiliar.

Carga viva, se considera nulo motivo que aún no está en servicio.

Carga de viento, se considera nula debido a que es una estructura reticular que genera poca resistencia al viento.

Carga de sismo, debido a que la estructura auxiliar es temporal y su función principal es lograr instalar el puente metálico, se ha considerado la carga cero.

2.2.5. Dimensionamiento de los materiales

a. Dimensionamiento.

Las dimensiones de la estructura son tomadas en base en los requerimientos funcionales de la misma, tipo de puente seleccionado y a la disposición de materiales de la empresa. El puente mantiene su equilibrio por si solo hasta cuando ha sido desplazado la mitad de su longitud, pero al contar con 2 pilares de apoyo hace que la longitud de separación de apoyo sea mucha más corta.

Lex=Longitud de la estructura auxiliar

L_{sep} =Longitud de separación entre puntos de apoyos.

$$L_{ex} < \frac{L_p}{3} m$$

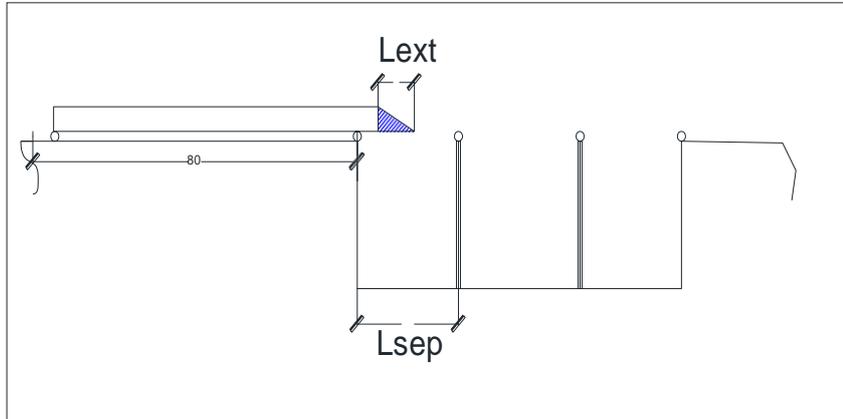


Figura 17. Longitud de la estructura auxiliar y los pilares de apoyo.

Fuente: Elaboración propia

b. Selección de material.

Con objetivo de optimizar los materiales sobrantes de proyectos pasados, se optó en utilizar los siguientes perfiles estructurales disponibles para la fabricación de la estructura auxiliar.

- Tubo ASTM 53 GR B SCH 40X4"
- Tubo ASTM 53 GR B SCH 40X6"
- Tubo ASTM 53 GR B SCH 40X10"
- Viga ASTM A-572 GR 50, W 18" X 86#

2.2.6. Análisis estructural

a. Análisis del recorrido de la estructura auxiliar.

Análisis de los estados críticos, se muestra en el **ANEXO A**.

1. Análisis de la estructura auxiliar en voladizo en el estribo inicial a 3 metros.

2. Análisis de la estructura auxiliar en voladizo en el estribo inicial a 6 metros.
3. Análisis de la estructura auxiliar en voladizo en el estribo inicial a 9 metros.
4. Análisis de la estructura auxiliar en voladizo en el estribo inicial a 12 metros.
5. Análisis de la estructura auxiliar cuando llega al primer pilar y trabaja sobre el rodillo.
6. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 3 metros.
7. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 6 metros.
8. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo 9 metros.
9. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 12 metros.
10. Análisis de la estructura auxiliar cuando llega al segundo pilar y trabaja sobre el rodillo.
11. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 3 metros.
12. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 6 metros.
13. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 9 metros.

14. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 12 metros.
15. Análisis de la estructura auxiliar cuando llega al estribo final y trabaja sobre el rodillo.
16. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 3 metros.
17. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 6 metros.
18. Análisis de la estructura auxiliar cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 9 metros.

b. Análisis de la estructura auxiliar utilizando SAP 2000

Para determinar las cargas internas críticas a la que está sometida los elementos de la estructura auxiliar, se debe crear un modelo estructural que corresponda a las reacciones que ejerce el rodillo sobre la estructura auxiliar en las diferentes posiciones.

2.2.7. Estado limite (capacidad>demanda).

El diseño de la estructura estará regido por las especificaciones de diseño AISC-LRFD, tiene como objeto conseguir una estructura segura y estable en el tiempo.

a. Combinación de carga por el método LRFD.

Con el método LRFD, se formará grupos posibles de servicio, y cada carga de servicio se multiplicará por un factor de carga, normalmente mayor de 1.0.

✓ $U=1.4D$

✓ $U=1.2D+1.6L+0.5(Lr \ 0 \ S \ 0 \ R)$

- ✓ $U=1.2D+1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) +0.5W$
- ✓ $U=1.2D+1.0W+L^*+0.5(L \text{ o } S \text{ o } R)$
- ✓ $U=1.2D+1.0E+L^*+0.2S$
- ✓ $U=0.9D+1.0W$
- ✓ $U=0.9D+1.0E$

U=carga factorizada o de diseño

D=carga muerta

L=carga viva

L_r =carga viva de techo

S=carga de nieve

R=carga nominal a lluvia o hielo

W=carga de viento

E=carga de sismo

L^* =carga para pisos en reuniones

b. Tracción

$$F_u = \frac{P_u}{A}$$

Fórmula 1

Donde:

Fórmula 1

F_u = Esfuerzo de fluencia del acero

P_u = Carga ultima de diseño

Mediante la fórmula 2, debemos cumplir:

$$P_n = \phi * F_u * A_g > P_u \quad \text{Fórmula 2}$$

Donde:

ϕ = Factor de reducción para elementos en tracción (0.90)

A_g = Área de la sección elegida

Finalmente, se verificará la esbeltez en la sección escogida mediante la fórmula 3:

$$\frac{L}{r} < 300 \quad \text{Fórmula 3}$$

r = radio de giro de la sección

L = Longitud libre del arriostre, entre apoyos

c. Compresión

$$P_n = \phi * F_{cr} * A_g \quad \text{Fórmula 4}$$

Donde:

P_n = Fuerza nominal del elemento

A_g = Área de la sección

F_{cr} = Esfuerzo crítico a compresión

El esfuerzo crítico a compresión dependerá de la fórmula 5 si:

$$\frac{KL}{r} < 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{entonces } F_{cr} = F_y * (0.658) \quad \text{Fórmula 5}$$

Y dependerá de la fórmula 6:

$$\frac{KL}{r} > 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{entonces } F_{cr} = 0.877 * (F_e) \quad \text{Fórmula 6}$$

Se hallará el esfuerzo local del elemento (F_e) mediante la fórmula 7

$$F_e = \frac{E \cdot \pi^2}{\frac{K \cdot L^2}{r}} \quad \text{Fórmula 7}$$

Al final, debemos cumplir lo estipulado en la fórmula 8:

$$P_n > P_u \quad \text{Fórmula 8}$$

d. Flexión

$$M_n f = F_y \cdot Z_x \quad \text{Fórmula 9}$$

Donde

$M_n f$ = Momento nominal por fluencia

F_y = Esfuerzo de fluencia del acero

Z_x = Momento de inercia de la sección

La longitud parcial se hallará mediante la fórmula 10:

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{Fórmula 10}$$

L_b = Longitud libre de la viga

La longitud reducida se hallará mediante la fórmula 11:

$$L_r = \pi \cdot \sqrt{\frac{L_y(h-t_w)}{10}} \cdot \sqrt{\frac{E}{0.7 \cdot F_y}} \quad \text{Fórmula 11}$$

Las distancias a, b y c se hallarán mediante la fórmula 12, 13 y 14.

$$X_a = L/4 \quad \text{Fórmula 12}$$

$$X_b = L/2 \quad \text{Fórmula 13}$$

$$X_c = 3L/4 \quad \text{Fórmula 14}$$

Una vez hallada las distancias, se procederá hallar los momentos dependiendo de cada posición mediante las fórmulas 15, 16 y 17.

$$M_a = (P_u \cdot x_a) - w \cdot x_a \quad \text{Fórmula 15}$$

$$M_b = (P_u \cdot x_b) - w \cdot x_b \quad \text{Fórmula 16}$$

$$M_c = (P_u \cdot x_c) - w \cdot x_c \quad \text{Fórmula 17}$$

Se hallará el coeficiente de flexión (C_b) mediante la fórmula 18:

$$C_b = \frac{12.5 \cdot M_u}{2.5 \cdot M_u + 3 \cdot M_a + 4 \cdot M_b + 3 \cdot M_c} \quad \text{Fórmula 18}$$

Y el momento nominal (M_n) se hallará mediante la fórmula 19:

$$M_n = C_b \cdot (M_{nf} - M_{nf} - 0.7 \cdot F_y \cdot S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \quad \text{Fórmula 19}$$

θ = Factor de reducción para elementos en tracción (0.90)

Y debe cumplir lo especificado en la fórmula 20:

$$\theta M_n > M_u \quad \text{Fórmula 20}$$

e. Flexión y tensión axial

Cálculo de momento en la dirección 3 (M_{cx})

$$\phi M_{cx} = Z_3 \cdot F_y \cdot \phi$$

Cálculo de momento en la dirección 2 (M_{cy})

$$\phi M_{cy} = Z_2 \cdot F_y \cdot \phi$$

Si $P_r/P_c \geq 0.2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad \text{Fórmula 21}$$

Si $P_r/P_c < 0.2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad \text{Fórmula 22}$$

f. Soldadura

Para el metal base, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{n_{BM}} \cdot A_{BM} \quad \text{(Ecuación J2-2 del AISC)}$$

Para el metal de la soldadura, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nw} * A_{we} \quad (\text{Ecuación J2-3 del AISC})$$

En las ecuaciones anteriores,

$F_{n_{BM}}$ = el esfuerzo nominal del metal base, klb/plg²

F_{nw} = el esfuerzo nominal del metal de la soldadura, klb/plg²

A_{BM} = área efectiva del metal base, plg²

A_{we} = área efectiva de la soldadura, plg²

2.2.8. Elaborar los planos.

Se elaboro los planos utilizando el software Tekla, según el **Planos** con los siguientes códigos de planos: M00, M01, 155-NZ-1.

- Planos de fabricación
- Planos de montaje

III. APORTES REALIZADOS

3.1. Análisis de cargas en la estructura auxiliar

3.1.1. Cargas muertas de puente metálico

El puente vehicular metálico está conformado por vigas principales, vigas transversales y un conjunto de arriostramiento.

Peso de superestructura=169,671 Kg

3.1.2. Peso propio de la estructura auxiliar

Peso de estructura auxiliar=6,928.04 Kg

Según la tabla 5 se detalla el peso de estructura auxiliar.

Tabla 5. *Peso de la estructura auxiliar*

Elemento	Material	Unid.	Long. (m)	Nº Piezas	Cant.	Peso Unitario Kg/und.	Peso Parcial Kg.
ESTRUCTURA							
Viga principal V1	Viga W 18" X 86#	m	9.00	2	18.00	127.99	2303.73
Viga tubular V2	Tubo de acero SCH 40 10"	m	15.07	2	30.14	60.29	1817.02
Vigas transversal V3	Tubo de acero SCH 40 8"	m	5.95	2	11.90	42.53	506.28
Vigas transversal V4	Tubo de acero SCH 40 8"	m	6.10	2	12.20	42.53	518.87
Diagonales D1	Tubo de acero SCH 40 6"	m	2.28	2	4.55	28.26	128.58
Montante M1	Tubo de acero SCH 40 6"	m	4.86	2	9.73	28.26	274.86
Montante M2	Tubo de acero SCH 40 6"	m	2.31	2	4.62	28.26	130.45
Montante M3	Tubo de acero SCH 40 4"	m	2.31	1	2.31	16.07	37.09
Arriostres A1	Tubo de acero SCH 40 4"	m	3.89	4	15.56	16.07	250.05
Arriostres A2	Tubo de acero SCH 40 4"	m	3.75	2	7.50	16.07	120.53
Arriostres A3	Tubo de acero SCH 40 4"	m	3.89	4	7.50	16.07	163.35
						Peso total :	6928.04

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Cargas de viento

Se considera la carga de viento igual a cero porque es una estructura reticular.

3.1.4. Carga viva

Se considera la carga viva igual a cero porque la estructura no está en servicio

3.3. Análisis estructural

Registro de análisis de los estados críticos de la estructura auxiliar.

Según **ANEXO A**.

Tabla 6. Reacciones de los puntos de apoyo

Punto de apoyo	Distancia X(m)	R1 (Ton)	R2 (Ton)	R3 (Ton)	R4 (Ton)	Frame critico (codigo)
Estribo inicial	3	33.13	67.62	22.07	-	Ninguno
Estribo inicial	6	33.13	66.79	22.91	-	
Estribo inicial	9	33.13	59.23	30.47	-	
Estribo inicial	12	33.13	63.60	26.09	-	
Estribo inicial	25	28.22	48.02	28.57	18.01	frame 95
Pilar 01	3	27.83	43.82	33.60	17.58	Ninguno
Pilar 01	6	27.41	39.45	36.15	17.81	
Pilar 01	9	27.56	41.01	21.91	32.35	
Pilar 01	12	27.40	39.33	28.90	27.19	
Pilar 01	30	34.58	32.01	37.57	18.66	frame 95
Pilar 02	3	28.08	43.35	29.80	21.58	Ninguno
Pilar 02	6	28.09	25.78	51.27	17.69	
Pilar 02	9	29.16	24.54	34.54	34.59	
Pilar 02	12	22.86	36.76	30.79	32.41	
Pilar 02	25	27.38	39.12	40.95	15.37	frame 95
Estribo final	3	28.08	43.33	29.80	21.58	Ninguno
Estribo final	6	28.09	25.78	51.27	17.69	
Estribo final	9	29.16	24.54	34.54	34.59	

Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Análisis de la estructura auxiliar utilizando el SAP 2000.

Se ha realizado un análisis de la estructura auxiliar mediante el software Sap2000, con la finalidad que cumpla con la resistencia requerida por el método AISC- LRFD. Según en el **ANEXO B** y **C**, se registran los esfuerzos evaluados por el software.

Combinación de carga:

U=1.4D

Datos de la tabla 6:

Reacción del rodillo apoyado en el 2° pilar =18.66Ton

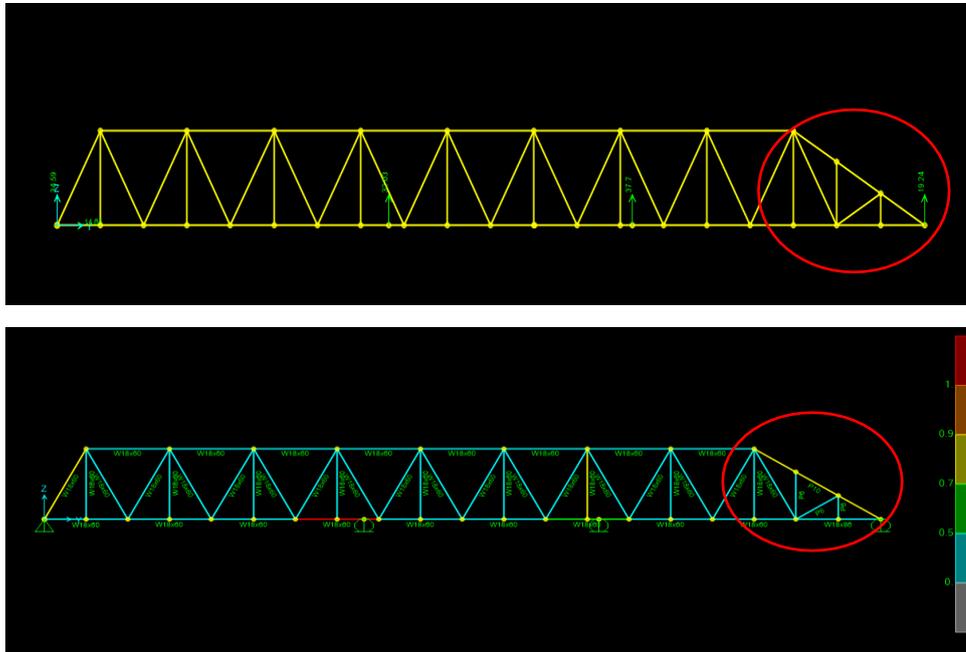


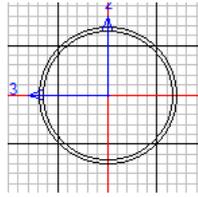
Figura 20. Analisis estructural utilizando el sap2000

Fuente: Elaboración propia

3.4. Estado límite (capacidad >demanda).

Se abordará el diseño de la estructura auxiliar considerando el código de la AISC-LRFD.

- a. Diseño de compresión de la brida superior código de elemento "frame 95".
 - Combinación de carga= 1.4D
 - $P_u = 32.77$ Ton



AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : LRFD
 Units : Kip, in, F

Frame : 95	Design Sect: P10		
X Mid : 240.157	Design Type: Brace		
Y Mid : 3239.665	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 164.803	Sect Class : Compact		
Length : 623.563	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 0.000	RLLF : 1.000		
Area : 11.900	SMajor : 29.953	rMajor : 3.678	AVMajor: 6.273
IMajor : 161.000	SMinor : 29.953	rMinor : 3.678	AVMinor: 6.273
IMinor : 161.000	ZMajor : 39.381	E : 29000.000	
Ixy : 0.000	ZMinor : 39.381	Fy : 42.000	

Figura 21. Propiedades de la sección frame 95.

Fuente-. Elaboración propia

Cálculo de resistencia axial nominal (Pn)

Cálculo de la razón ancho-espesor, según **ANEXO D**.

$$D/t = (10.75 - 0.365) / 0.365 = 28.45$$

$$\lambda = 1.40 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.40 * \sqrt{\frac{29000}{42}} = 36.79$$

$$\lambda = 36.79$$

Se cumple que $D/t = 28.45 \leq \lambda = 36.79$, el elemento se clasifica como no esbelto.

La resistencia axial nominal Pn

$$P_n = A_g * F_{cr}^2$$

Revisión de relación de esbeltez KL/r

$$KL/r = (1 * 623.56 \text{ in}) / (3.678 \text{ in}) = \rightarrow KL/r = 169.54 \leq 200 \text{ cumple}$$

Revisión de criterio para determinar Fcr.

$$4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 * \sqrt{\frac{29000}{42}} = 123.76 \text{ se cumple } KL/r > 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_{cr} = 0.877 F_e \quad \text{donde} \quad F_e = \frac{\pi^2 * 29000}{(169.54)^2} = 9.96 \text{ Ksi}$$

$$F_{cr} = 0.877 * 9.96 = 8.732 \text{ Ksi}$$

Cálculo de Pn

$$P_n = A_g * F_{cr} = 11.9 \text{ in}^2 * 8.73 \text{ Kip/in}^2 = 103.89 \text{ kip}$$

Cálculo de ϕP_n

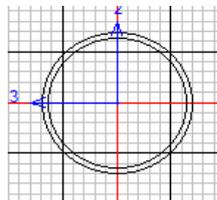
$$\phi P_n = 103.89 * 0.9 \text{ kip} = 93.49 \text{ kip} = 42.40 \text{ ton}$$

$\phi P_n > P_u$ entonces **42.40 Ton > 32.77 Ton.....OK**

Porcentaje de uso de capacidad del perfil: **77.29%**

b. Diseño de tensión de la diagonal con código de elemento "frame 98".

- Combinación de carga = 1.4D
- $P_u = 11.32 \text{ Ton}$



AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : LRFD
 Units : Kip, in, F

Frame : 98	Design Sect: P6		
X Mid : 240.157	Design Type: Brace		
Y Mid : 3238.583	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 55.159	Sect Class : Compact		
Length : 208.705	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 104.352	RLLF : 1.000		
Area : 5.580	SMajor : 8.483	rMajor : 2.244	AVMajor: 2.979
IMajor : 28.100	SMinor : 8.483	rMinor : 2.244	AVMinor: 2.979
IMinor : 28.100	ZMajor : 11.280	E : 29000.000	
Ixy : 0.000	ZMinor : 11.280	Fy : 42.000	

Figura 22. Propiedades de la sección frame 98.

Fuente: Elaboración propia

Relación esbeltez

$$L/r < 300$$

$$L/r = 208.705 \text{ in} / 2.244 \text{ in} = 93$$

$$93 < 300$$

$$\phi P_n = \phi * F_u * A_g > P_u$$

$$A_g = 5.58 \text{ in}^2$$

$$F_u = 42 \text{ Kip/in}^2$$

$$\phi = 0.90$$

$$\phi P_n = 0.90 \times 42 \times 5.58 = 210.93 \text{ Kip}$$

$$\phi P_n = 96.68 \text{ Ton}$$

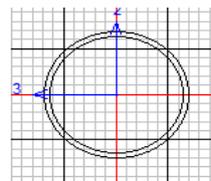
Revisión de diseño

$$\phi P_n > P_u \text{ entonces } \mathbf{96.68 \text{ Ton} > 11.32 \text{ Ton} \dots\dots\dots \text{OK}}$$

Porcentaje de uso de capacidad del perfil: **11.71%**

c. Diseño de tensión del montante código de elemento "frame 96".

- Combinación de carga = 1.4D
- $P_u = 4.71 \text{ Ton}$



AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : LRFD
Units : Kip, in, F

Frame : 96	Design Sect: P6		
X Mid : 240.157	Design Type: Column		
Y Mid : 3150.000	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 110.318	Sect Class : Compact		
Length : 220.636	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 0.000	RLLF : 1.000		
Area : 5.580	SMajor : 8.483	rMajor : 2.244	AVMajor: 2.979
IMajor : 28.100	SMinor : 8.483	rMinor : 2.244	AVMinor: 2.979
IMinor : 28.100	ZMajor : 11.280	E : 29000.000	
Ixy : 0.000	ZMinor : 11.280	Fy : 42.000	

Figura 23. Propiedades de la sección frame 96.

Fuente: Elaboración propia

Relación esbeltez

$$L/r < 300$$

$$L/r = 220.64 \text{ in} / 2.244 \text{ in} = 98.33$$

$$98.33 < 300$$

$$\phi P_n = \phi * F_u * A_g > P_u$$

$$A_g = 5.58 \text{ in}^2$$

$$F_u = 42 \text{ Kip/in}^2$$

$$\phi = 0.90$$

$$\phi P_n = 0.90 \times 42 \times 5.58 = 210.93 \text{ Kip}$$

$$\phi P_n = 96.68 \text{ Ton}$$

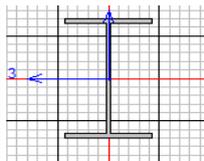
Revisión de diseño

$$\phi P_n > P_u \text{ entonces } \mathbf{96.68 \text{ Ton} > 4.71 \text{ Ton} \dots\dots\dots \text{OK}}$$

Porcentaje de uso de capacidad del perfil: **4.87%**

d. Diseño de flexión viga principal código de elemento "frame 152".

- Combinación de carga = 1.4D
- $M_u = 3.48 \text{ Ton-m}$



AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : LRFD
Units : Kip, in, F

Frame : 152	Design Sect: W18x96		
X Mid : 240.157	Design Type: Beam		
Y Mid : 3327.165	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 0.000	Sect Class : Compact		
Length : 354.331	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 177.165	RLLF : 1.000		
Area : 25.300	SMajor : 166.395	rMajor : 7.777	AVMajor: 8.827
IMajor : 1530.000	SMinor : 31.560	rMinor : 2.630	AVMinor: 14.232
IMinor : 175.000	ZMajor : 186.000	E : 29000.000	
Ixy : 0.000	ZMinor : 48.400	Fy : 50.000	

Figura 24. Propiedades de la sección frame 152.

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la razón ancho-espesor, según **ANEXO E**

$$b/t=5.545/0.770=7.201$$

Cálculo de parámetro limitante de esbeltez para elementos compactos

$$\lambda_p = 0.38 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 * \sqrt{\frac{29000}{50}}=9.15$$

$$\lambda_p=9.15$$

Cálculo de parámetro limitante de esbeltez para elementos no compactos

$$\lambda_r = 1.0 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.0 * \sqrt{\frac{29000}{50}}=24.08$$

$$\lambda_r=24.08$$

$b/t \leq \lambda_p$ el elemento se clasifica como compacto.

Cálculo de momento se diseñó en la dirección 3

$$M_n3=M_p=9300\text{kip-in}$$

$$M_n3.\phi_b=Z_x.F_y.\phi_b=186.\text{in}^3 \times 50\text{ksi} \times 0.90=8370\text{kip-in}$$

$$M_n3.\phi_b=96.43\text{ton-m}$$

Cálculo de L_p y L_r :

$$L_p=1.76 * r_y * \sqrt{\frac{E}{F_y}}=1.76 * 2.630 * \sqrt{\frac{29000}{50}}=111.48\text{in}$$

$$L_p=111.48\text{in}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \sqrt{\frac{E}{0.7F_y} \left[\left(\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y}{E} \right)^2} \right)^2 \right]}$$

$$L_r = 1.95 \times 3.05 \times \frac{29000}{0.7 \times 50} \sqrt{\left(\frac{4.1}{166 \times 17.6} + \sqrt{\left(\frac{4.1}{166 \times 17.6} \right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 \times 50}{29000} \right)^2} \right)^2} = 342.85\text{in}$$

$$L_b=177.17\text{in}$$

Lb=longitud total del claro, sin soporte lateral.

$L_p < L_b < L_r$

Se cumple $L_b > L_p$, por lo tanto, el estado límite de pandeo torsional **si aplica.**

$C_b = 1.299$

$$M_n = C_b \left(M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right) \leq M_p$$

$$M_n = 1.299 \left(9300 - (9300 - 0.7 \times 50.166 \left(\frac{177.17 - 111.48}{342.85 - 111.48} \right)) \right)$$

$M_n = 2142.78 \text{ kip-in}$

$\phi M_n = 0.9 \times 2142.78 = 1928.50 \text{ Kip-in}$

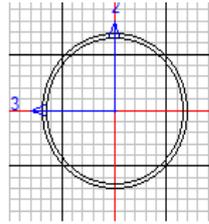
$\phi M_n = 22.22 \text{ ton-m}$

Revisión de diseño.

$22.22 \text{ ton-m} > 3.48 \text{ ton-m}$

Porcentaje de uso de capacidad del perfil: **15.66%**

- e. Diseño de tensión combinada con flexión de la viga transversal código de elemento "frame 138".
- Combinación de carga= 1.4D
 - $P_u = 0.092 \text{ Ton}$
 - $M_{u33} = 0.214 \text{ Ton-m}$
 - $M_{u22} = 0.066 \text{ Ton-m}$



AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : LRFD
 Units : Kip, in, F

Frame : 138	Design Sect: P8		
X Mid : 120.079	Design Type: Beam		
Y Mid : 3504.331	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 0.000	Sect Class : Compact		
Length : 240.157	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 102.925	RLLF : 1.000		

Area : 8.400	SMajor : 16.812	rMajor : 2.938	AVMajor: 4.451
IMajor : 72.500	SMinor : 16.812	rMinor : 2.938	AVMinor: 4.451
IMinor : 72.500	ZMajor : 22.210	E : 29000.000	
Ixy : 0.000	ZMinor : 22.210	Fy : 42.000	

Figura 25. Propiedades de la sección frame 138.

Fuente: Elaboración propia

Relación esbeltez

$$L/r < 300$$

$$L/r = 240.157 \text{ in} / 2.938 \text{ in} = 81.75$$

$$81.75 < 300$$

$$\phi P_n = \phi * F_u * A_g > P_u$$

$$A_g = 8.4 \text{ in}^2$$

$$F_u = 42 \text{ Kip/in}^2$$

$$\phi = 0.90$$

$$\phi P_n = 0.90 \times 42 \times 8.4 = 317.52 \text{ Kip}$$

$$\phi P_n = 144.02 \text{ Ton}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{0.092}{144.02} = 0.00064$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} < 0.2$$

Cálculo de momento en la dirección 3 (M_{Cx})

$$\phi M_{Cx} = Z_3 \times F_y \phi = 22.21 \times 42 \times 0.9 = 839.54 \text{ Kip-in} = 9.67 \text{ Ton-m}$$

Cálculo de momento en la dirección 2 (M_{Cy})

$$\phi M_{Cy} = Z_2 \times F_y \phi = 22.21 \times 42 \times 0.9 = 839.54 \text{ Kip-in} = 9.67 \text{ Ton-m sí}$$

$$P_r / P_c < 0.2$$

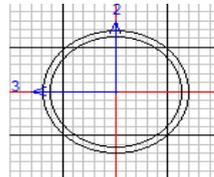
$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{Cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{Cy}} \right) \leq 1.0 \quad \frac{0.092}{2 \times 144.02} + \left(\frac{0.214}{9.67} + \frac{0.066}{9.67} \right) = 0.0293$$

$$0.0293 \leq 1.0$$

Porcentaje de uso de capacidad del perfil: **2.93%**

f. Diseño de compresión del arrioste código de elemento "frame 112".

- Combinación de carga= 1.4D
- P_u= -0.488 Ton



AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : LRFD
 Units : Kip, in, F

Frame : 112	Design Sect: P4		
X Mid : 60.039	Design Type: Brace		
Y Mid : 3371.457	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 82.739	Sect Class : Compact		
Length : 159.086	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 79.543	RLLF : 1.000		
Area : 3.170	SMajor : 3.213	rMajor : 1.510	AVMajor: 1.719
IMajor : 7.230	SMinor : 3.213	rMinor : 1.510	AVMinor: 1.719
IMinor : 7.230	ZMajor : 4.312	E : 29000.000	
Ixy : 0.000	ZMinor : 4.312	Fy : 42.000	

Figura 26. Propiedades de la sección frame 112.

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de resistencia axial nominal (Pn)

Cálculo de la razón ancho-espesor, según ANEXO D

$$D/t=(0.1143-0.00602)/0.00602 =17.986$$

$$\lambda = 1.40 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.40 * \sqrt{\frac{29000}{42}}=36.79$$

$$\lambda=36.79$$

Se cumple que $D/t=17.99 \leq \lambda=36.79$, el elemento se clasifica como no esbelto.

La resistencia axial nominal Pn

$$P_n = A_g \times F_{cr}^2$$

Revisión de relación de esbeltez KL/r

$$KL/r=(1*159.086in)/(1.510in) =105.35 \rightarrow KL/r=105.35 \leq 200 \text{ cumple}$$

Revisión de criterio para determinar Fcr.

$$4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 * \sqrt{\frac{29000}{42}} = 123.76 \text{ se cumple } KL/r < 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_{cr} = 0.658 \frac{F_y}{F_e} \quad \text{donde} \quad F_e = \pi^2 * 29000 / (105.35)^2 = 25.79 \text{Ksi}$$

$$F_{cr} = 0.658 \frac{42}{25.79} = 21.24 \text{ksi}$$

Cálculo de Pn

$$P_n = A_g * F_{cr} = 3.17 \text{in}^2 * 21.24 \text{Kip/in}^2 = 67.33 \text{kip}$$

Cálculo de ϕP_n

$$\phi P_n = 67.33 * 0.9 \text{kip} = 60.60 \text{kip} = 27.47 \text{ton}$$

$$\phi P_n > P_u \quad \text{entonces} \quad \mathbf{27.47 \text{ Ton} > 0.488 \text{ Ton} \dots\dots\dots \text{OK}}$$

Porcentaje de uso de capacidad del perfil: **1.78%**

3.5. Evaluación Técnico-Económico.

Resumen del costo total del proyecto en el **Anexo F**

a. Presupuesto

Tabla 7. *Presupuesto de Diseño, Fabricación y Montaje*

 DISEÑO ,FABRICACION Y MONTAJE DE UNA ESTRUCTURA AUXILIAR PARA EL PUENTE VEHICULAR SHUNTE - TOCACHE		
Cliente	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SHUNTE	
Lugar	SAN MARTIN - TOCACHE - SHUNTE	
Item	Descripción	Und.
1.0	Ingeniería	
1.1	Calculo estructural	
1.2	Elaboracion de planos de habilitado	
1.3	Elaboracion de planos de fabricacio	
1.4	Elaboracion de planos de mon	
1.6	Packing list	
2.0	Fabricacion	
3.0	Montaje	
	Costo	
	G	

Fuente: Elaboración propia

b. Cronograma

Tabla 8. *Cronograma de Diseño, Fabricación y Montaje*

 CRONOGRAMA DEL DISEÑO ,FABRICACION Y MONTAJE DE UNA ESTRUCTURA AUXILIAR PARA EL PUENTE VEHICULAR SHUNTE - TOCACHE																							
Diseño,fabricacion y montaje de una estructura auxiliar	Dias	D1	D2	D3	D4	D5	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24
1.0	Ingeniería	14																					
1.1	Calculo estructural	5																					
1.2	Elaboracion de planos de habilitado	2																					
1.3	Elaboracion de planos de fabricacion	2																					
1.4	Elaboracion de planos de montaje	1																					
1.6	Packing list	1																					
2.0	Fabricacion	5																					
3.0	Montaje	6																					

Fuente: Elaboración propia

3.6. Análisis de resultado

- ✓ Se determinó las cargas que intervienen en el diseño de la estructura auxiliar bajo la norma técnica de edificación E.020.
- ✓ Se observó que los elementos de la estructura auxiliar aumentan la capacidad de diseño, sobre todo en el perfil de la brida superior con código "frame 95" cuando se apoya en del segundo pilar, en el cual se ejerce la máxima compresión.
- ✓ Para el diseño de la estructura auxiliar se seleccionó una estructura reticular, con la finalidad de evitar fuerzas externas como el viento y obtener una estructura liviana y resistente.
- ✓ Para la selección de los elementos de la estructura auxiliar se optó que sean perfiles compactos y que tengan baja torsión, como los perfiles cerrados tubulares.
- ✓ Para optimizar el costo de la estructura auxiliar se realizó una memoria de cálculo y elaboración de planos, el cual garantiza la compra del perfil adecuado y seguro.
- ✓ Se observó que porcentaje de costo directo de la estructura auxiliar con respecto a la partida de estructura metálica del puente es del 3.44%, un costo que no estaba contemplada en las partidas, el cual afectara parte de la utilidad de presupuesto contractual.
- ✓ Se consideró que la estructura auxiliar sea de un solo uso por motivo que las conexiones son soldadas y no modulares a comparaciones de otros proyectos que consideran conexiones emperradas y modulares para posteriormente volverlo a usarlo.

- ✓ En este proyecto se contempló diseñar una estructura óptima, segura y económica con la finalidad de lograr vender el acero como material reciclable en la zona de trabajo el cual resultaría más económico que trasladarlo a Lima.
- ✓ El uso de la estructura auxiliar en el montaje del puente metálico vehicular es de suma importancia que cumplan con las necesidades y exigencia de los parámetros de diseño. Debido a que si la esta estructura llegara a fallar en el momento del montaje generaría una pérdida equivalente del costo total del puente, retrasos en cronograma, penalidades, pérdidas de clientes y prestigio en el rubro de construcción y montaje de estructura metálicas.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Estos son los resultados obtenidos del diseño de una estructura auxiliar para instalar un puente metálico reticular tipo Warren.

- ✓ Se consideró el peso del puente como cargas puntuales distribuidas en los nudos del puente, debido a que es una estructura reticular y para la estructura auxiliar se consideró el peso propio de los perfiles dimensionado.
- ✓ Mediante el análisis estructural se registró las reacciones de los puntos de apoyos y la capacidad de diseño crítico de los elementos de cada perfil de la estructura auxiliar en su desplazamiento sobre los puntos de apoyo.
- ✓ Con respecto al dimensionamiento se consideró la longitud de la estructura auxiliar sea menor o igual al 30% de longitud de separación de los puntos de apoyos, debido a que cuenta con pilares intermedios.
- ✓ Los resultados obtenidos se realizaron mediante el software del SAP 2000 utilizando las especificaciones de la AISC-LRFD, el cual fue comprobado de manera manual.

Estos resultados varían con lo que sostienen(Cárdenas Pichucho, 2012). Debido a que su diseño de estudio se basa para puentes de vigas de sección constante.

- ✓ Para el diseño estructural, utilizo el peso del puente y estructura auxiliar como cargas distribuidas en el análisis estructural el cual obtuvo reacciones externas y momentos críticos sobre la estructura auxiliar en su desplazamiento.

- ✓ Con respecto al dimensionamiento de la estructura auxiliar considero que la longitud de dicha estructura. Sea mayor al 50% de la longitud del puente metálico o separación de puntos de apoyos.
- ✓ Los resultados obtenidos lo realizo de manera manual mediante el análisis estático.

4.2. Conclusiones

- ✓ En este informe de experiencia profesional se diseñó una estructura auxiliar para instalar un puente vehicular metálico de 169 toneladas, distrito de Shunte-Tocache, Gobierno Regional de San Martín, el cual se desarrolló de manera óptima y segura cumpliendo con las necesidades y condiciones geográficas del terreno.
- ✓ Se definió las normas técnicas de referencia de la AISC-LRFD, NTE 0.90 de estructura metálicas y se estableció el montaje de lanzamiento, estructura reticular, pilares intermedios de apoyo y las cargas para su análisis estructural como parámetros de diseño.
- ✓ Se elaboró la metodología de un análisis estático mediante el software SAP 2000 el cual evaluó la capacidad de diseño crítico de los componentes de la estructura auxiliar, a lo largo de su desplazamiento para su instalación. Para posteriormente determinar las cargas que definirá el diseño de la estructura auxiliar.
- ✓ Se determinó el peso de la estructura auxiliar de acuerdo al dimensionamiento de la longitud de separación establecido de ser menor o igual del $30\%L_{sep}$ para que equilibre el centro de masa del sistema en el proceso de la instalación del puente metálico.

- ✓ Se seleccionó los elementos estructurales que garantiza la capacidad de diseño que conforma la estructura auxiliar lo cual se muestra en la memoria de cálculo.
- ✓ Se elaboró los planos que detalla el perfil, material y dimensionamiento para la fabricación y montaje y se elaboró la memoria de cálculo que sustenta el análisis realizado.

V. RECOMENDACIONES

- ✓ Considerar el diseño de la estructura auxiliar antes del inicio del proyecto para poder realizar una estructura que sea segura y reutilizable para futuros proyectos en condiciones geográficas similares.
- ✓ Utilizar normas técnicas de diseño que sean compatibles con el software que estén trabajando para su facilitación de su análisis estructural.
- ✓ Utilizar algún software de diseño estructural que se ha compatible con la norma de referencia que esté utilizando con la finalidad de desarrollar su análisis de manera rápida y segura.
- ✓ Evaluar las condiciones geográficas de la zona de trabajo para las instalaciones de pilares intermedio con finalizar de reducir el dimensionamiento de la estructura auxiliar y lograr de esta manera un montaje óptimo y seguro.
- ✓ Exigir los planos correspondientes para iniciar la fabricación de la estructura auxiliar y la memoria de cálculo que garantice que la estructura auxiliar tendrá la capacidad de diseño para instalar el montaje del puente.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) - NATIONAL STEEL BRIDGE ALLIANCE (NSBA). *S4.1 Steel Bridge Fabrication QC/QA Guide Specifications*. Estados Unidos 2da Edición. 2002 [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en https://www.aisc.org/globalassets/nsba/aashto-nsba-collab-docs/s-4.1-2002-steel-bridge-fabrication-qc_qa-guide-specification.pdf
- AASHTO - NSBA. *S2.1 Steel Bridge Fabrication Guide Specifications*. Estados Unidos 2da Edición. 2016 [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://www.aisc.org/globalassets/nsba/aashto-nsba-collab-docs/nsbasbf-3.pdf>
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC). *Manual of Steel Construction-Load & Resistance Factor Design*. Estados Unidos 13ava. Edición 2005. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wp-content/uploads/sites/14/2016/02/manual_of_steel_construction-load_and_resistance_factor_design-2nd_edition.pdf

- AISC. *Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*. American National Standard. 2016. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/code-of-standard-practice-june-15-2016.pdf>
- AQUINO, J. *Propuesta de mejora al diseño del plan de lanzamiento y montaje de estructura metálicas del puente La Eternidad, provincia de Chupaca*. [en línea] Perú. Universidad Continental. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8172>.
- CÁRDENAS, D. *Diseño y Fabricación de los rodillos y malacate para el desplazamiento del puente metálico de vigas continuas sobre el río Cebadas de 60 metros de longitud y procedimiento de lanzamiento*. [en línea] Ecuador. Escuela Politécnica del Ejercito. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6104>
- ERAZO, L. *Lanzamiento de vigas metálicas del puente sobre el río San Pedro ubicado en la vía Conocoto - Amaguaña, Pichincha*. [en línea] Ecuador. Universidad San Francisco de Quito. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8279>

- ESTRADA SALVADOR, J. y DÍAZ, T. *Análisis y diseño estructural de una nave industrial con puente grúa en el distrito de Talara, provincia de Piura*. [en línea] Perú. Universidad Ricardo Palma. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2799v>
- INSTITUTO TÉCNICO DE LA ESTRUCTURA EN ACERO (ITEA). *Sistema Estructurales. Puentes*. s.f [Fecha de consulta 25 de junio del 2021].
Disponible en webaero.net/ingenieria/estructuras/metallica/bibliografia_documentacion/itea/TOMO18.pdf
- JUST IN TIME (JIT). Definición de la empresa [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://www.jitsac.com/>
- LUNA, J. *Procedimiento y aplicación de normas internacionales en la fabricación, empalme y lanzamiento de las vigas metálicas del puente Catarata en la provincia de Huancasancos-Ayacucho*. 2016. [en línea] Perú. 2016. Universidad Nacional del Callao. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1800>
- MCCORMAC, J. y CSERNAK, S. *Diseño de Estructura de Acero*. Quinta Edición. Mexico.2012 [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://civilarq.com/libro/disenio-estructuras-acero-5ta-edicion-jack-c-mccormac-stephen-f-csernak-libro-solucionario/>

- ONOFRE, B. y ORMAZA, A. *Diseño estructural del puente vehicular en curva, en hormigón armado con cimentación profunda, al ingreso de la parroquia “El Chaupi” (cantón Mejía), aplicando el código AASHTO LRFD 2014.* en línea] Ecuador. Universidad Central del Ecuador. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15373>
- PÉREZ, J. *Definición de puente peatonal.* Definición. De 2019. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://definicion.de/puente-peatonal/>
- UNIVERSIDAD DE COSTA RICA (UCR). *Informe sobre estado actual de los 14 puentes ubicados en la Ruta 1.* Ciencia y tecnología. 2018. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/04/26/tres-puentes-de-la-via-san-jose-san-ramon-estan-en-condicion-alarmante.html>
- Waagner Biro. *Bridge Systems.* Vienna, Austria. 2021. [Fecha de consulta 25 de junio del 2021]. Disponible en <https://www.waagnerbiro-bridgesystems.com/>

ANEXOS

Anexo A. Registros de análisis crítico de la estructura auxiliar

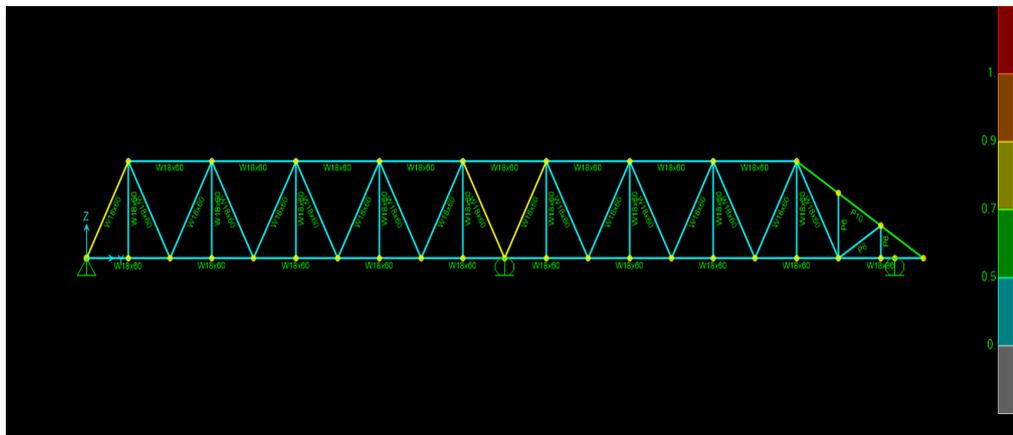
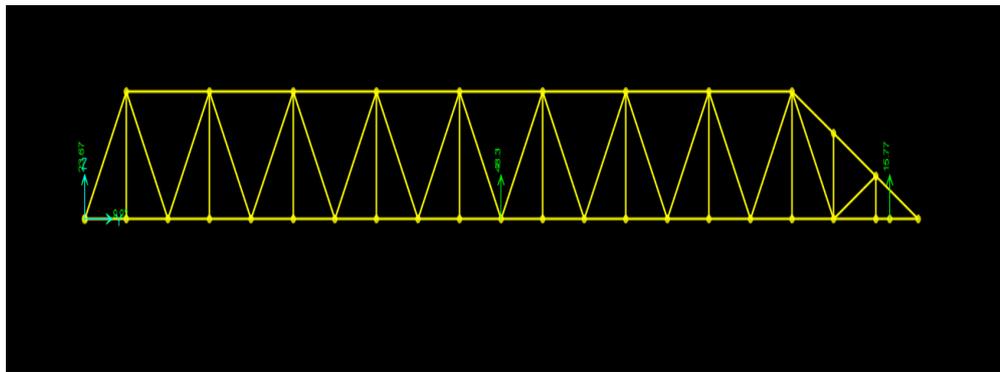
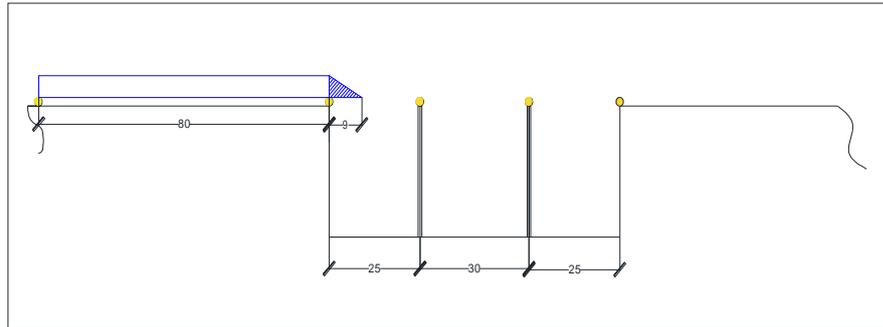


Figura 27. Voladizo en el estribo inicial a 3 metros.

Fuente: Elaboración propia

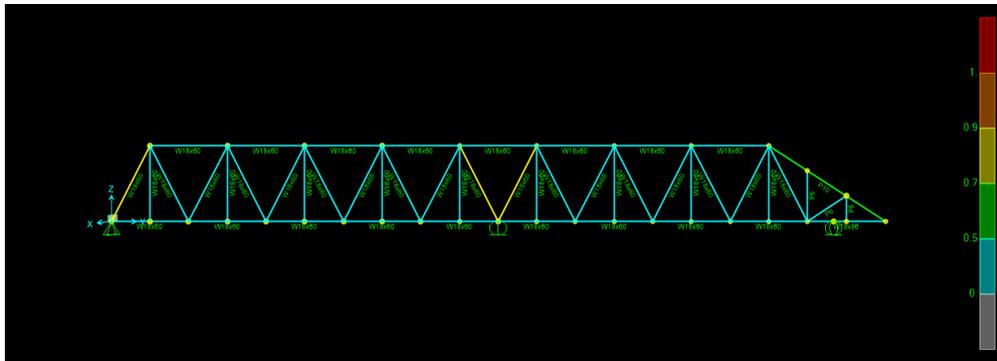
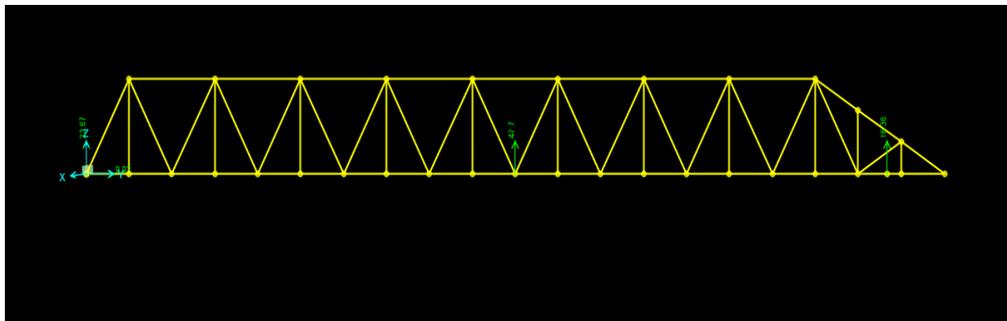
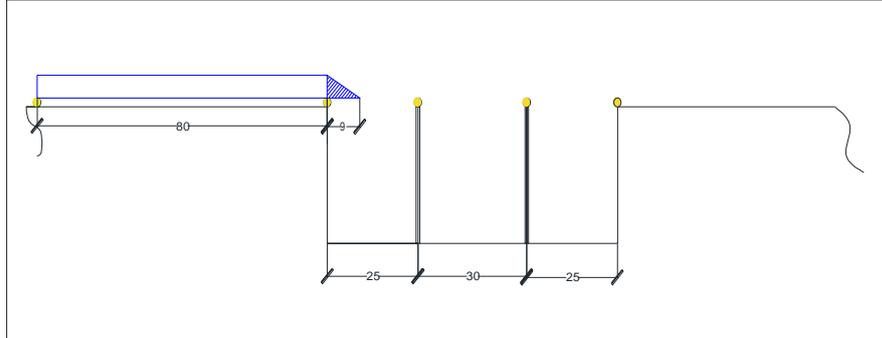


Figura 28. Voladizo en el estribo inicial a 6 metros.

Fuente: Elaboración propia

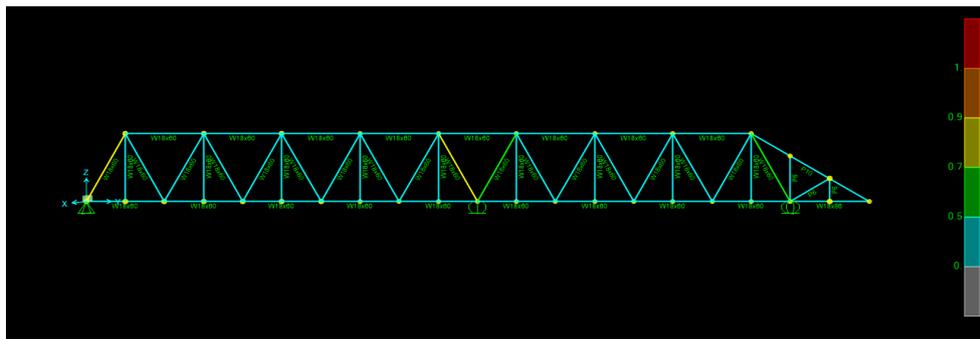
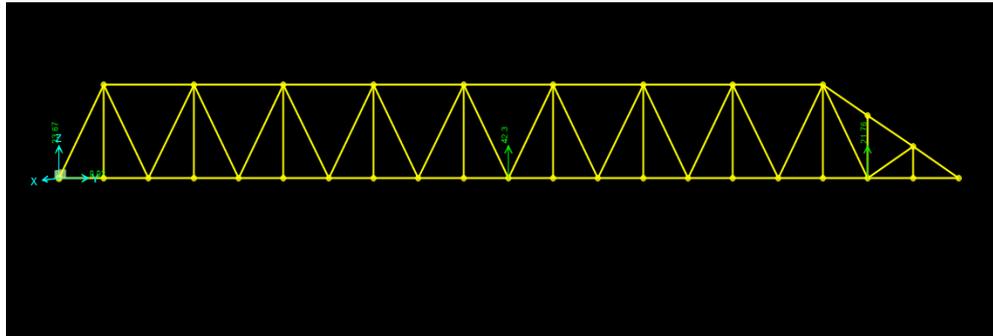
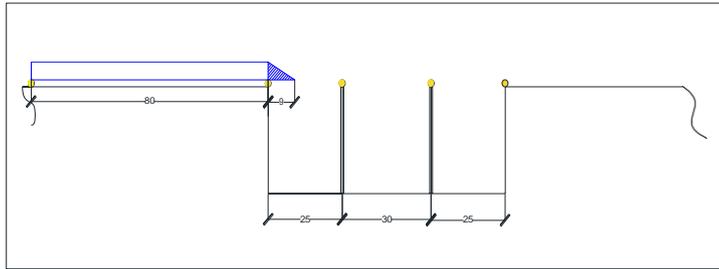


Figura 29. Voladizo en el estribo inicial a 9 metros.

Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Voladizo en el estribo inicial a 12 metros.

Fuente: Elaboración propia

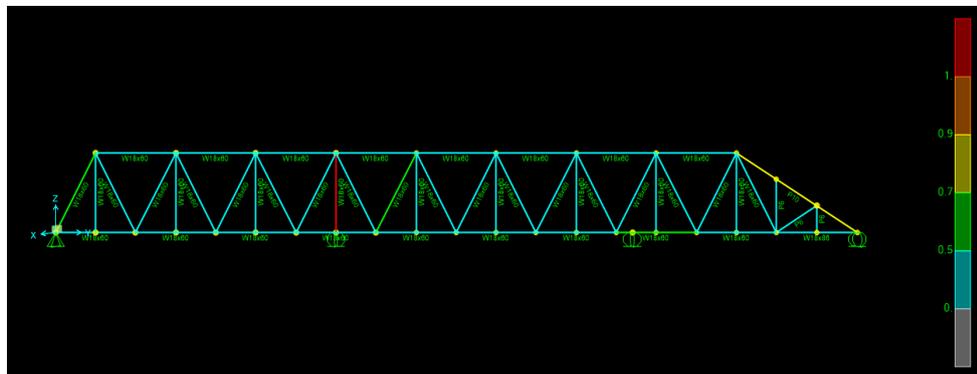
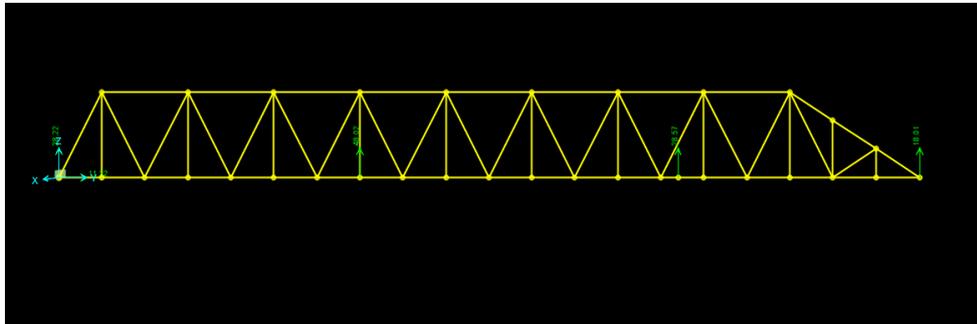
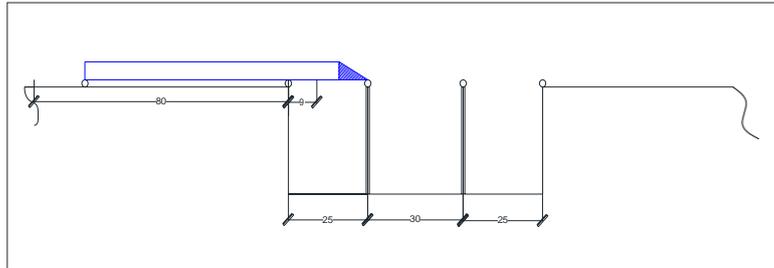


Figura 31. Cuando llega al primer pilar y trabaja sobre el rodillo.

Fuente: Elaboración propia

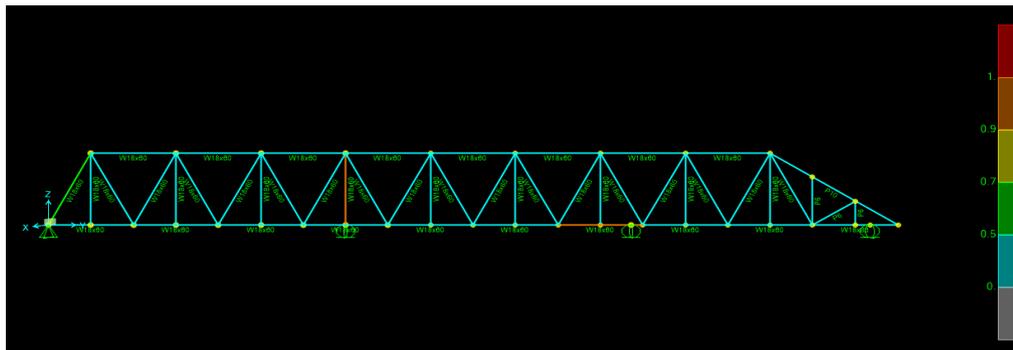
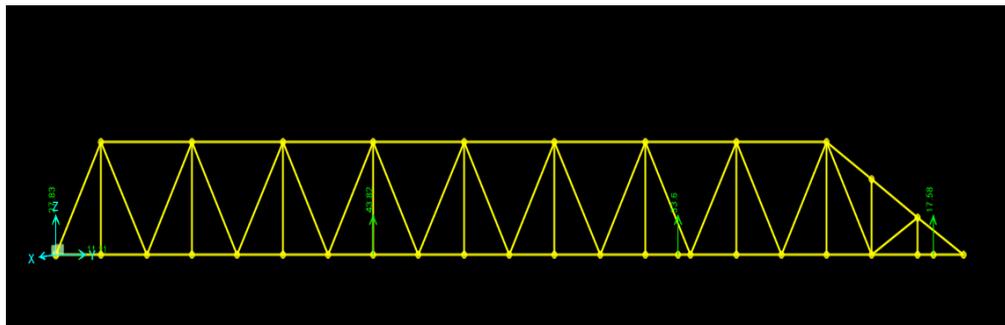
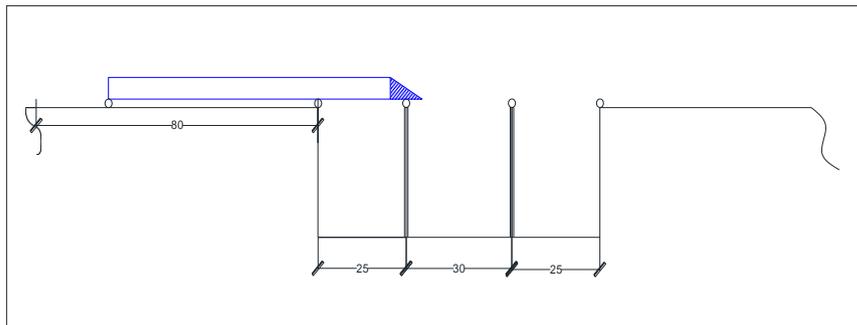


Figura 32. Cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 3 metros.

Fuente: Elaboración propia

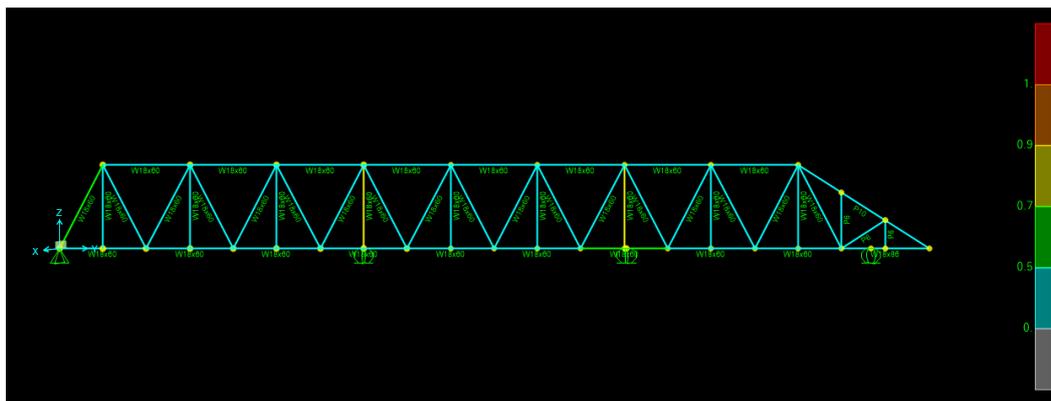
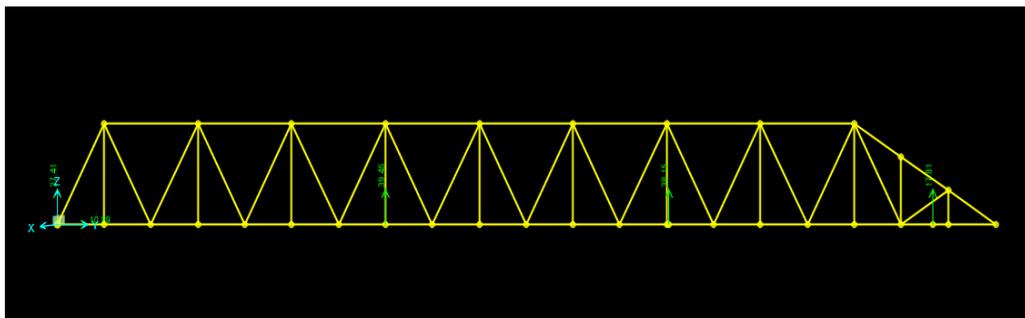
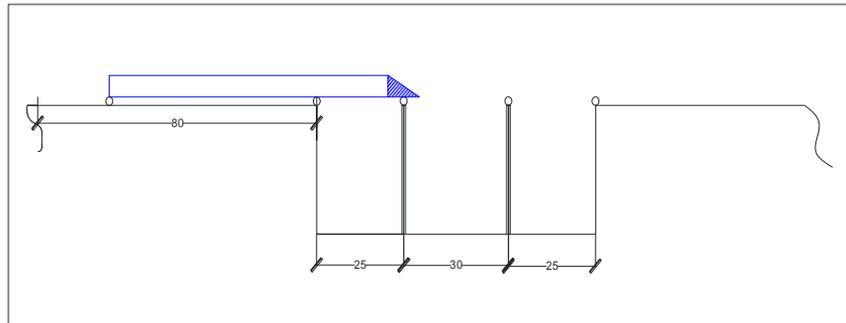


Figura 33. Cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 6 metros.

Fuente: Elaboración propia

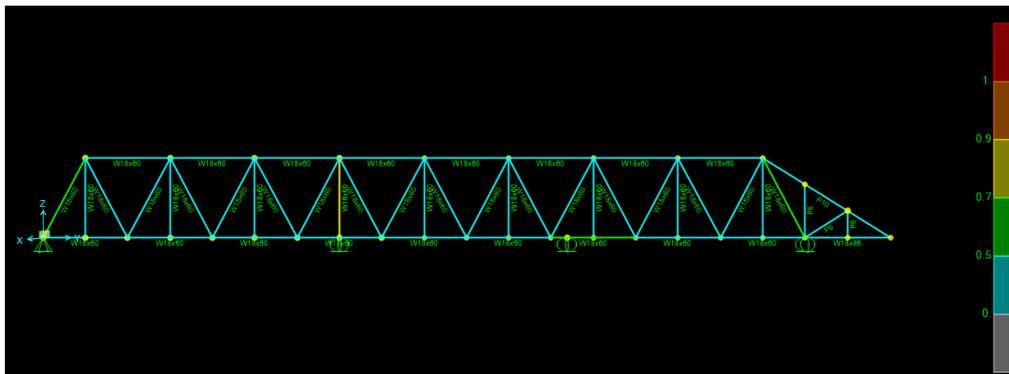
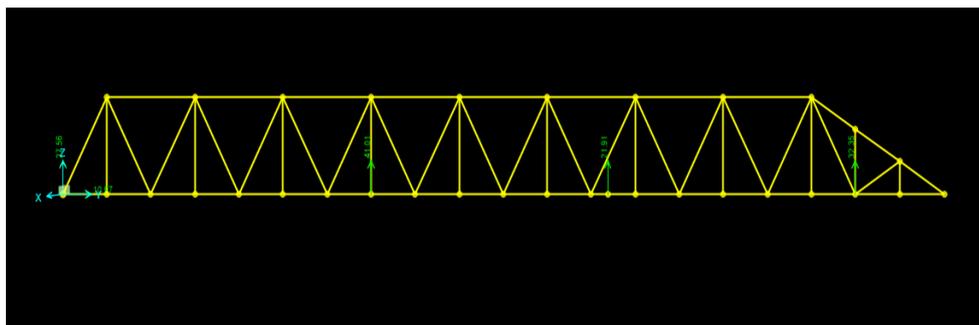
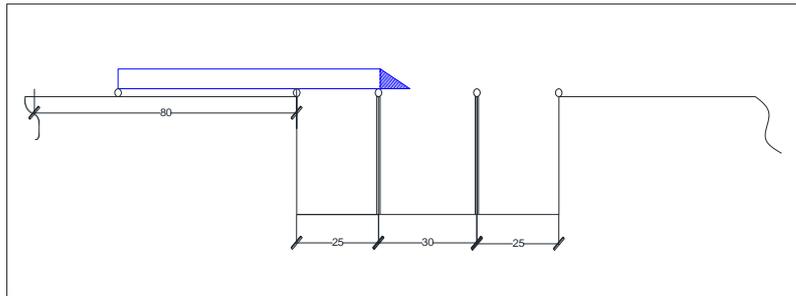


Figura 34. Cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo 9 metros.

Fuente: Elaboración propia

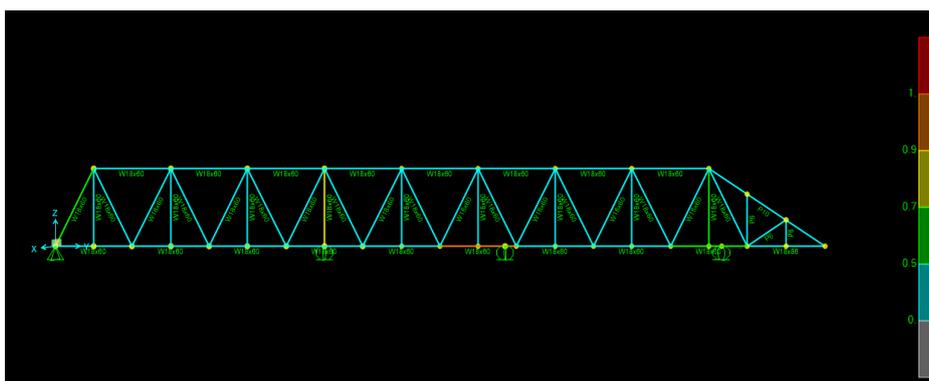
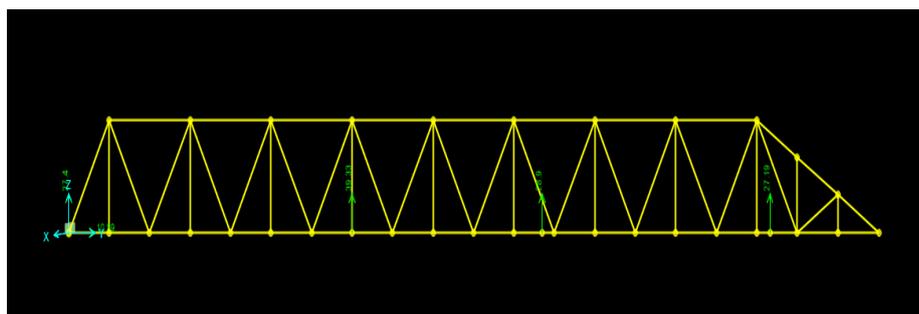
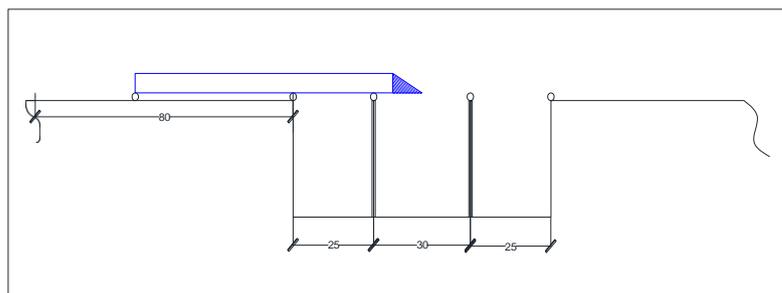


Figura 35. Cuando a recorrido el primer pilar y está en voladizo a 12 metros.

Fuente: Elaboración propia

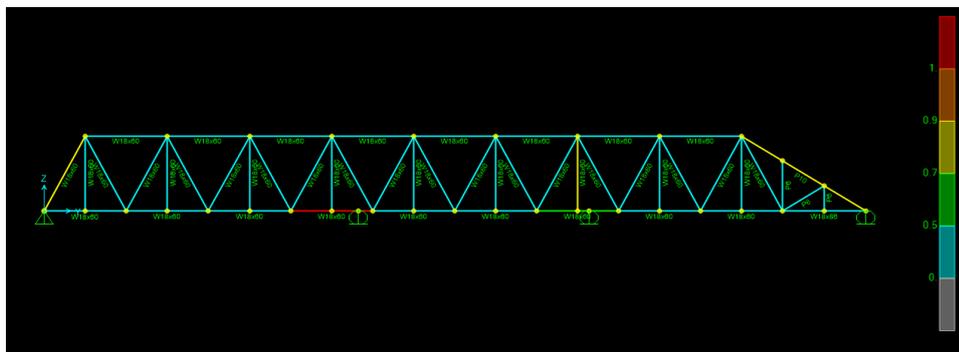
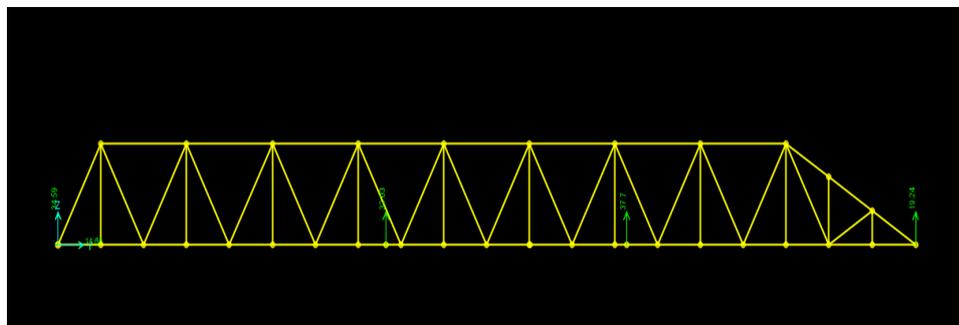
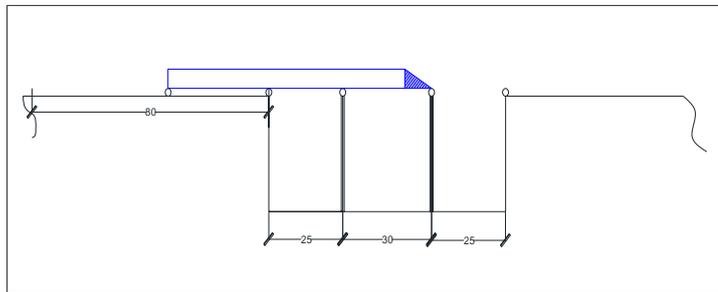


Figura 36. Cuando llega al segundo pilar y trabaja sobre el rodillo.

Fuente: Elaboración propia

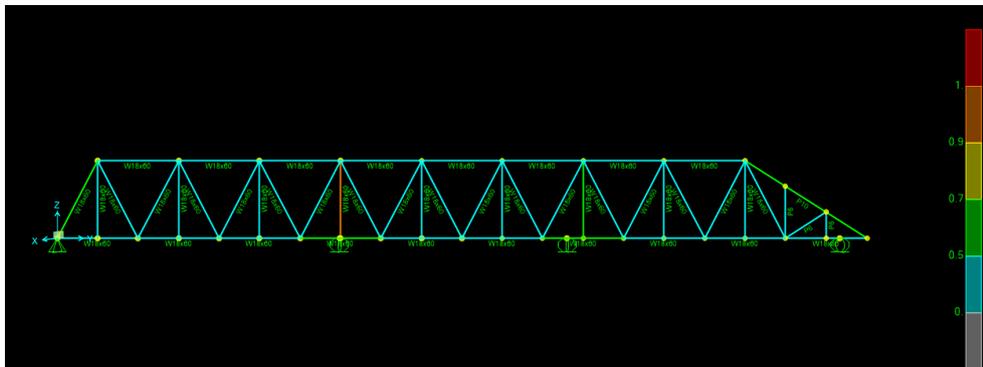
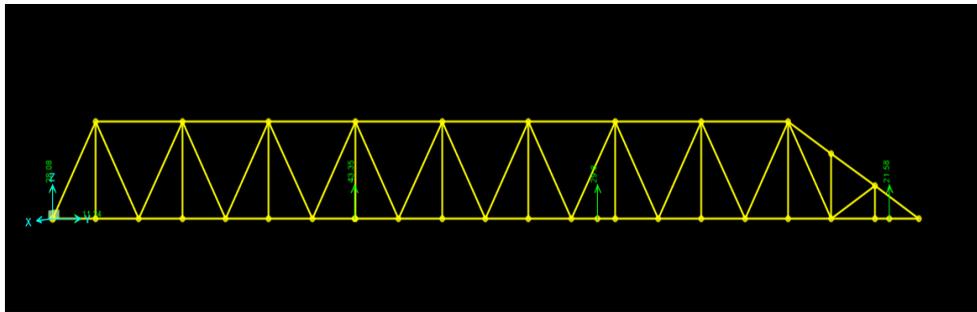
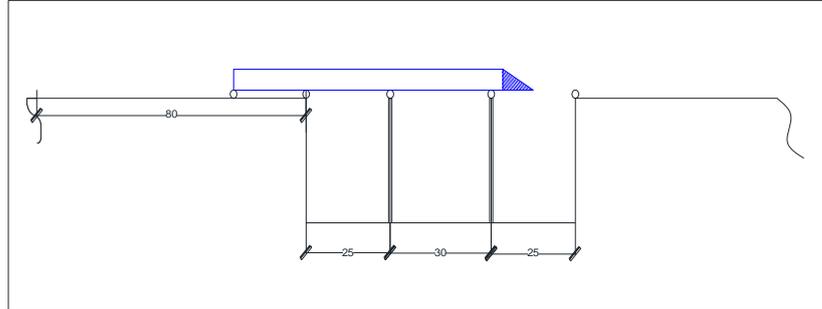


Figura 37. Cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 3 metros.

Fuente: Elaboración propia

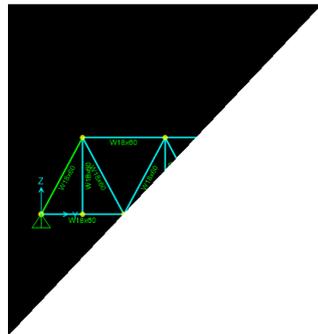
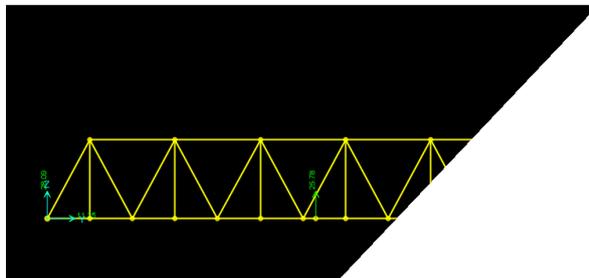
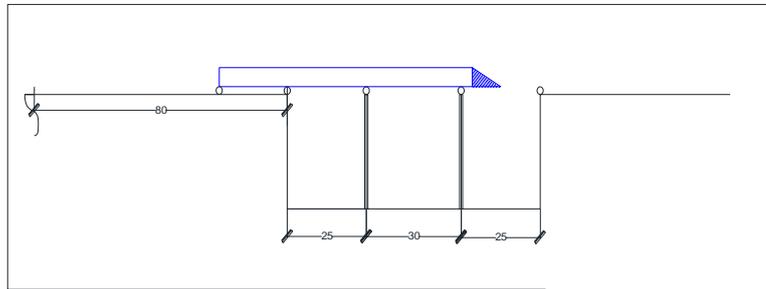


Figura 38. Cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 6 metros.

Fuente: Elaboración propia

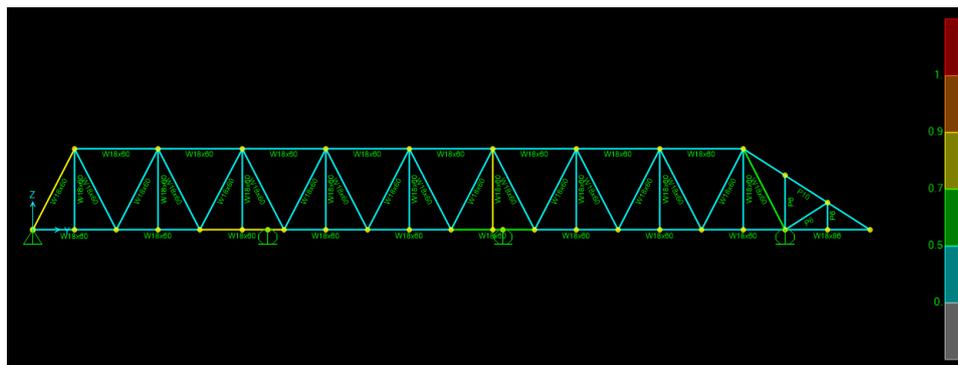
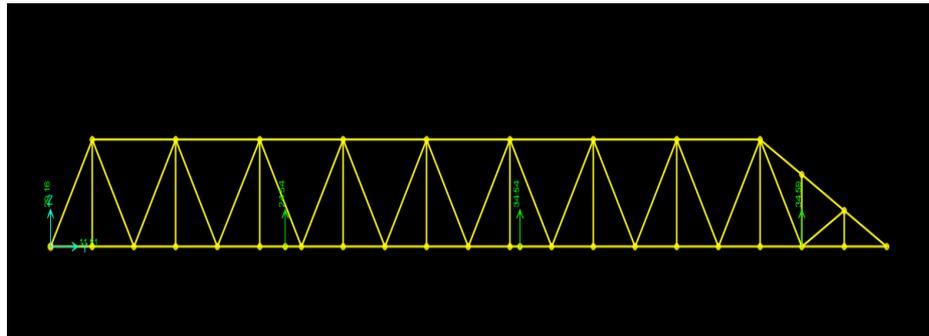
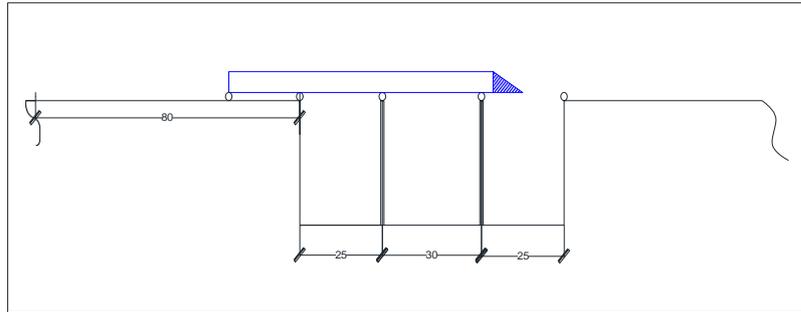


Figura 39. Cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 9 metros.

Fuente: Elaboración propia

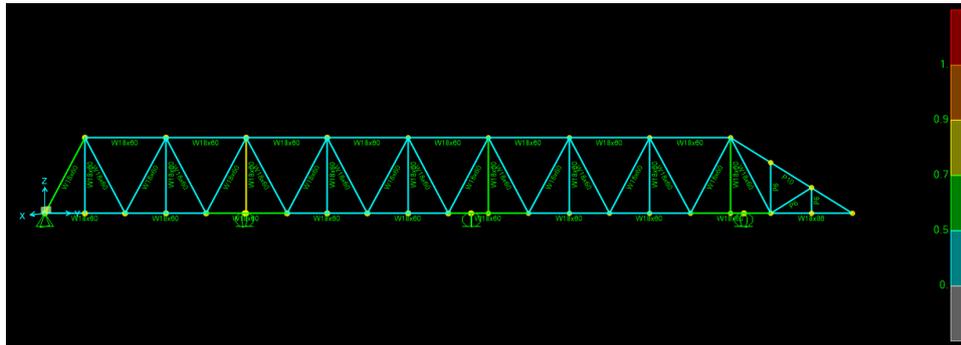
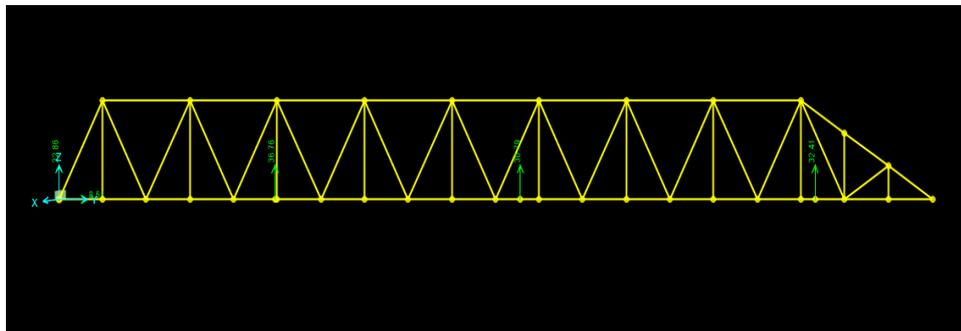
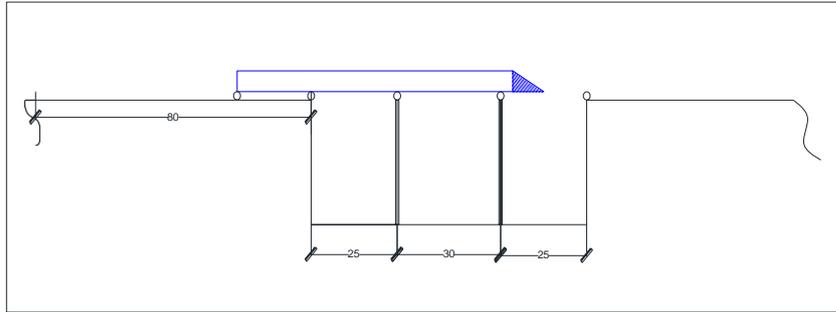


Figura 40. Cuando a recorrido el segundo pilar y está en voladizo a 12 mts.

Fuente: Elaboración propia

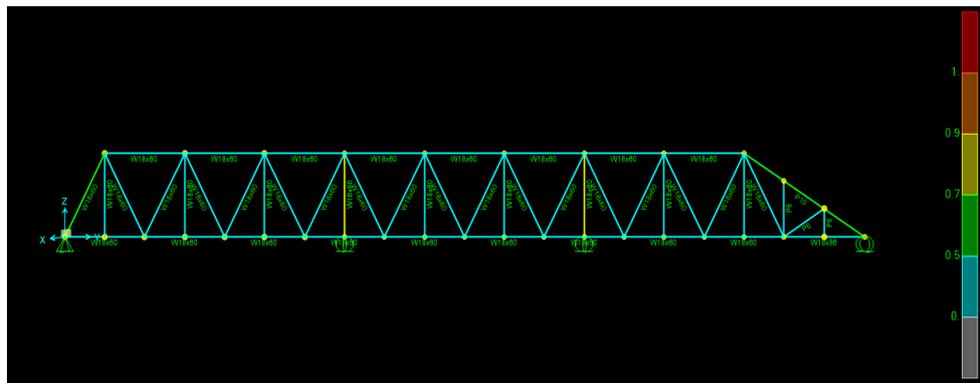
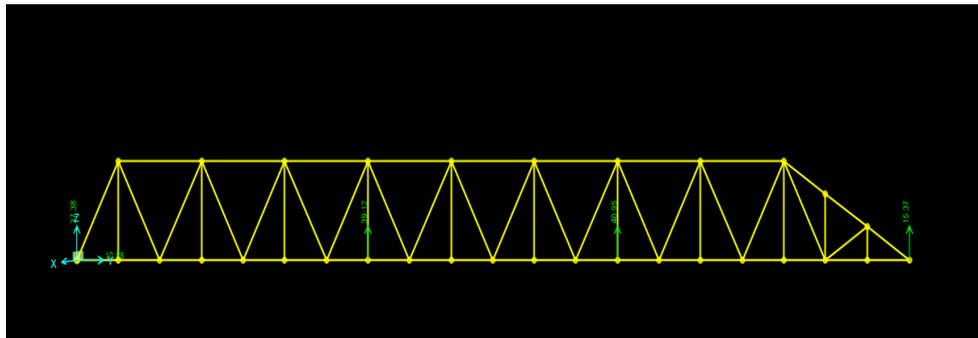
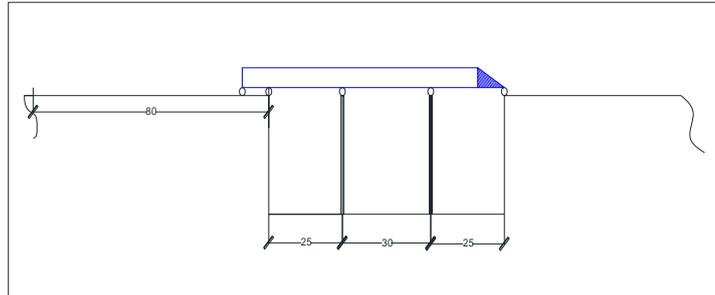


Figura 41. Cuando llega al estribo final y trabaja sobre el rodillo.

Fuente: Elaboración propia

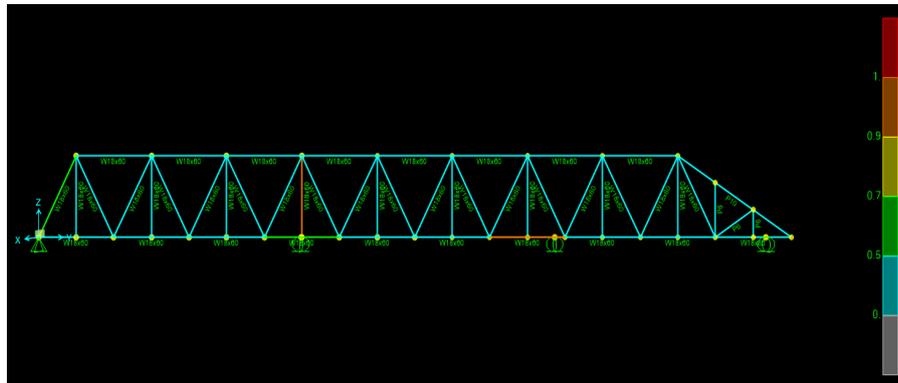
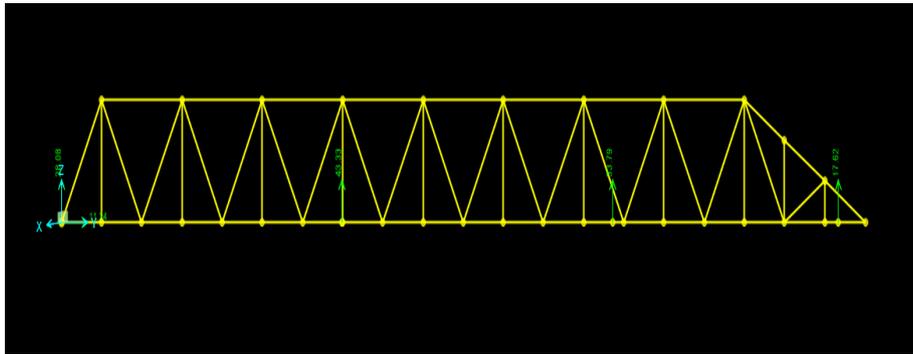
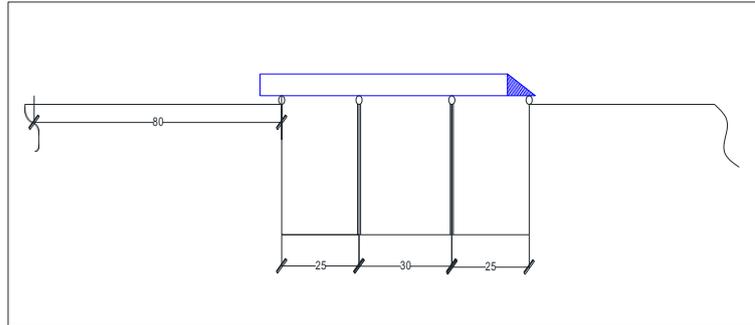


Figura 42. Cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 3 metros.

Fuente: Elaboración propia

Figura 43. Cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 6 metros.

Fuente: Elaboración propia

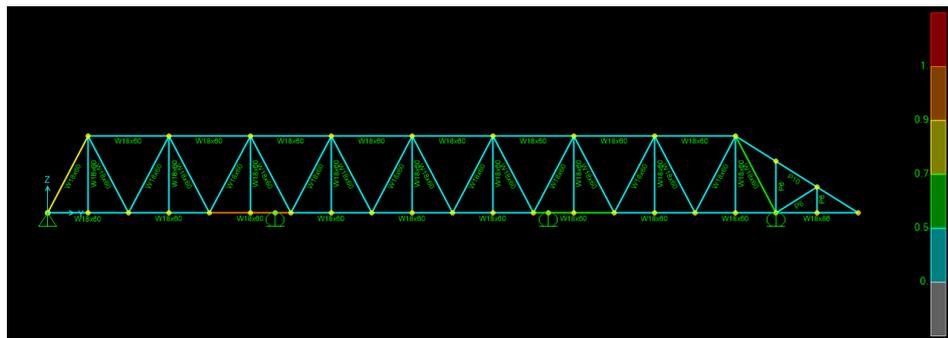
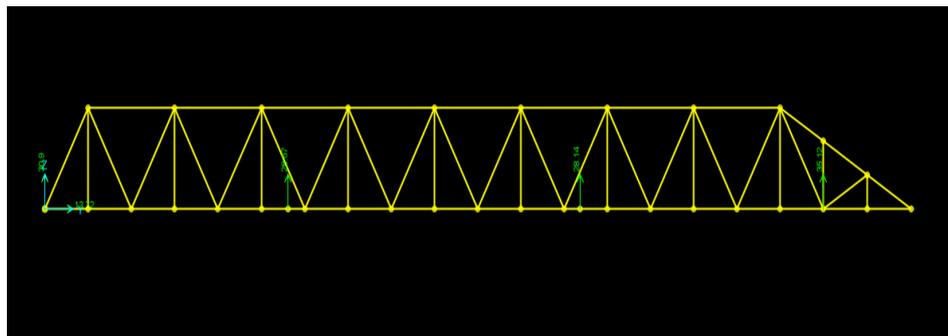
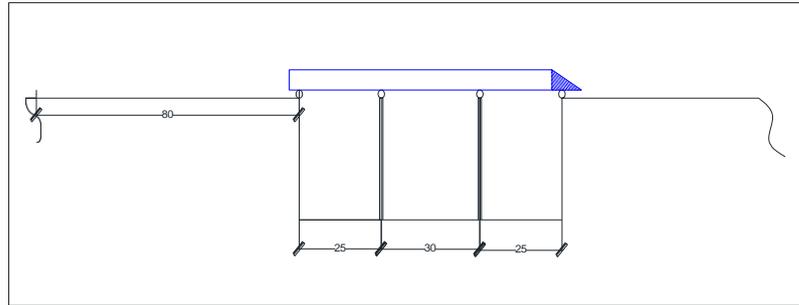


Figura 44. Cuando a recorrido el estribo final y está en voladizo a 9 metros.

Fuente: Elaboración propia

Anexo B.

Tabla 9. Fuerzas y momentos de los elementos estructurales

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	Case Type	P	V2	V3	M2	M3	FrameElement
Text	m	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Text
2	0.000	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	0.000	2-1
2	0.494	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	0.197	2-1
2	0.988	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	0.395	2-1
2	1.482	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	0.592	2-1
2	1.976	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	0.790	2-1
2	2.469	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	0.987	2-1
2	2.963	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	1.185	2-1
2	3.457	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	1.382	2-1
2	3.951	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	1.579	2-1
2	4.445	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	1.777	2-1
2	4.445	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-1.777	2-2
2	4.939	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-1.579	2-2
2	5.433	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-1.382	2-2
2	5.927	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-1.185	2-2
2	6.421	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-0.987	2-2
2	6.914	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-0.790	2-2
2	7.408	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-0.592	2-2
2	7.902	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-0.395	2-2
2	8.396	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	-0.197	2-2
2	8.890	LRFD	Comb.	0.0000	-0.400	0.000	0.000	0.000	2-2
48	0.000	LRFD	Comb.	-31.2296	0.000	0.000	0.000	0.000	48-1

48	4.739	LRFD	Comb	-	0.000	0.000	0.000	0.000	48-1
48	9.479	LRFD	Comb	31.2296	0.000	0.000	0.000	0.000	48-1
49	0.000	LRFD	Comb	-	0.000	0.000	0.000	0.000	49-1
49	4.739	LRFD	Comb	31.2296	0.000	0.000	0.000	0.000	49-1
49	9.479	LRFD	Comb	31.2296	0.000	0.000	0.000	0.000	49-1
50	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	50-1
50	4.186	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	50-1
50	8.372	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	50-1
51	0.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.000	51-1
51	0.494	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.104	51-1
51	0.988	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.208	51-1
51	1.482	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.311	51-1
51	1.976	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.415	51-1
51	2.469	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.519	51-1
51	2.963	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.623	51-1
51	3.457	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.727	51-1
51	3.951	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.831	51-1
51	4.445	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.934	51-1
51	4.445	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.934	51-2
51	4.939	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.831	51-2
51	5.433	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.727	51-2
51	5.927	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.623	51-2
51	6.421	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.519	51-2
51	6.914	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.415	51-2
51	7.408	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.311	51-2
51	7.902	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.208	51-2
51	8.396	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	-0.104	51-2

51	8.890	LRFD	Comb	0.0000	-0.210	0.000	0.000	0.000	51-2
52	0.000	LRFD	Comb	-	0.000	0.000	0.000	0.000	52-1
52	4.739	LRFD	Comb	16.4234	0.000	0.000	0.000	0.000	52-1
52	9.479	LRFD	Comb	-	0.000	0.000	0.000	0.000	52-1
53	0.000	LRFD	Comb	16.4234	0.000	0.000	0.000	0.000	53-1
53	4.739	LRFD	Comb	16.4234	0.000	0.000	0.000	0.000	53-1
53	9.479	LRFD	Comb	16.4234	0.000	0.000	0.000	0.000	53-1
54	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	54-1
54	4.186	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	54-1
54	8.372	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	54-1
55	0.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.000	55-1
55	0.494	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.010	55-1
55	0.988	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.020	55-1
55	1.482	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.031	55-1
55	1.976	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.041	55-1
55	2.469	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.051	55-1
55	2.963	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.061	55-1
55	3.457	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.072	55-1
55	3.951	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.082	55-1
55	4.445	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.092	55-1
55	4.445	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.092	55-2
55	4.939	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.082	55-2
55	5.433	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.072	55-2
55	5.927	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.061	55-2
55	6.421	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.051	55-2
55	6.914	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.041	55-2
55	7.408	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.031	55-2

55	7.902	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.020	55-2
55	8.396	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	-0.010	55-2
55	8.890	LRFD	Comb	0.0000	-0.021	0.000	0.000	0.000	55-2
56	0.000	LRFD	Comb	-1.6173	0.000	0.000	0.000	0.000	56-1
56	4.739	LRFD	Comb	-1.6173	0.000	0.000	0.000	0.000	56-1
56	9.479	LRFD	Comb	-1.6173	0.000	0.000	0.000	0.000	56-1
57	0.000	LRFD	Comb	1.6173	0.000	0.000	0.000	0.000	57-1
57	4.739	LRFD	Comb	1.6173	0.000	0.000	0.000	0.000	57-1
57	9.479	LRFD	Comb	1.6173	0.000	0.000	0.000	0.000	57-1
58	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	58-1
58	4.186	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	58-1
58	8.372	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	58-1
59	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	0.000	59-1
59	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-0.137	59-1
59	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-0.273	59-1
59	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-0.410	59-1
59	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-0.546	59-1
59	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-0.683	59-1
59	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-0.820	59-1
59	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-0.956	59-1
59	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-1.093	59-1
59	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.277	0.000	0.000	-1.229	59-1
59	4.445	LRFD	Comb	0.0000	11.225	0.000	0.000	16.248	59-2
59	4.928	LRFD	Comb	0.0000	11.225	0.000	0.000	10.832	59-2
59	5.410	LRFD	Comb	0.0000	11.225	0.000	0.000	5.416	59-2
59	5.893	LRFD	Comb	0.0000	11.225	0.000	0.000	0.000	59-2
59	6.375	LRFD	Comb	0.0000	11.225	0.000	0.000	-5.416	59-2

59	6.858	LRFD	Comb	0.0000	11.225	0.000	0.000	-	59-2
59	7.340	LRFD	Comb	0.0000	11.225	0.000	0.000	-	59-2
59	7.340	LRFD	Comb	0.0000	20.787	0.000	0.000	-	59-3
59	7.728	LRFD	Comb	0.0000	20.787	0.000	0.000	-	59-3
59	8.115	LRFD	Comb	0.0000	20.787	0.000	0.000	-	59-3
59	8.503	LRFD	Comb	0.0000	20.787	0.000	0.000	-	59-3
59	8.890	LRFD	Comb	0.0000	20.787	0.000	0.000	-	59-3
60	0.000	LRFD	Comb	13.0669	0.000	0.000	0.000	0.000	60-1
60	4.739	LRFD	Comb	13.0669	0.000	0.000	0.000	0.000	60-1
60	9.479	LRFD	Comb	13.0669	0.000	0.000	0.000	0.000	60-1
61	0.000	LRFD	Comb	-0.6713	0.000	0.000	0.000	0.000	61-1
61	4.739	LRFD	Comb	-0.6713	0.000	0.000	0.000	0.000	61-1
61	9.479	LRFD	Comb	-0.6713	0.000	0.000	0.000	0.000	61-1
63	0.000	LRFD	Comb	-	10.9482	0.000	0.000	0.000	63-1
63	4.186	LRFD	Comb	-	10.9482	0.000	0.000	0.000	63-1
63	8.372	LRFD	Comb	-	10.9482	0.000	0.000	0.000	63-1
66	0.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.000	66-1
66	0.494	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.049	66-1
66	0.988	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.098	66-1
66	1.482	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.147	66-1
66	1.976	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.195	66-1
66	2.469	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.244	66-1
66	2.963	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.293	66-1
66	3.457	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.342	66-1
66	3.951	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.391	66-1
66	4.445	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.440	66-1
66	4.445	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.440	66-2

66	4.939	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.391	66-2
66	5.433	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.342	66-2
66	5.927	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.293	66-2
66	6.421	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.244	66-2
66	6.914	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.195	66-2
66	7.408	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.147	66-2
66	7.902	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.098	66-2
66	8.396	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	-0.049	66-2
66	8.890	LRFD	Comb	0.0000	-0.099	0.000	0.000	0.000	66-2
67	0.000	LRFD	Comb	-7.7306	0.000	0.000	0.000	0.000	67-1
67	4.739	LRFD	Comb	-7.7306	0.000	0.000	0.000	0.000	67-1
67	9.479	LRFD	Comb	-7.7306	0.000	0.000	0.000	0.000	67-1
68	0.000	LRFD	Comb	7.7306	0.000	0.000	0.000	0.000	68-1
68	4.739	LRFD	Comb	7.7306	0.000	0.000	0.000	0.000	68-1
68	9.479	LRFD	Comb	7.7306	0.000	0.000	0.000	0.000	68-1
69	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	69-1
69	4.186	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	69-1
69	8.372	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	69-1
70	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	0.000	70-1
70	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.045	70-1
70	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.090	70-1
70	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.134	70-1
70	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.179	70-1
70	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.224	70-1
70	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.269	70-1
70	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.313	70-1
70	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.358	70-1

70	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.091	0.000	0.000	-0.403	70-1
70	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.006	70-2
70	4.560	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	-0.006	70-2
70	4.560	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.422	70-3
70	5.041	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.375	70-3
70	5.522	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.328	70-3
70	6.003	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.282	70-3
70	6.484	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.235	70-3
70	6.966	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.188	70-3
70	7.447	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.141	70-3
70	7.928	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.094	70-3
70	8.409	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.047	70-3
70	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.098	0.000	0.000	0.000	70-3
71	0.000	LRFD	Comb	7.0755	0.000	0.000	0.000	0.000	71-1
71	4.739	LRFD	Comb	7.0755	0.000	0.000	0.000	0.000	71-1
71	9.479	LRFD	Comb	7.0755	0.000	0.000	0.000	0.000	71-1
72	0.000	LRFD	Comb	-7.0677	0.000	0.000	0.000	0.000	72-1
72	4.739	LRFD	Comb	-7.0677	0.000	0.000	0.000	0.000	72-1
72	9.479	LRFD	Comb	-7.0677	0.000	0.000	0.000	0.000	72-1
73	0.000	LRFD	Comb	-0.0069	0.000	0.000	0.000	0.000	73-1
73	4.186	LRFD	Comb	-0.0069	0.000	0.000	0.000	0.000	73-1
73	8.372	LRFD	Comb	-0.0069	0.000	0.000	0.000	0.000	73-1
74	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	0.000	74-1
74	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-0.305	74-1
74	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-0.610	74-1
74	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-0.915	74-1
74	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-1.220	74-1

74	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-1.525	74-1
74	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-1.830	74-1
74	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-2.135	74-1
74	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-2.439	74-1
74	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.617	0.000	0.000	-2.744	74-1
74	4.445	LRFD	Comb	0.0000	34.891	0.000	0.000	21.371	74-2
74	4.853	LRFD	Comb	0.0000	34.891	0.000	0.000	7.124	74-2
74	5.262	LRFD	Comb	0.0000	34.891	0.000	0.000	-7.124	74-2
74	5.670	LRFD	Comb	0.0000	34.891	0.000	0.000	21.371	74-2
74	5.670	LRFD	Comb	0.0000	-2.681	0.000	0.000	-8.632	74-3
74	6.130	LRFD	Comb	0.0000	-2.681	0.000	0.000	-7.398	74-3
74	6.590	LRFD	Comb	0.0000	-2.681	0.000	0.000	-6.165	74-3
74	7.050	LRFD	Comb	0.0000	-2.681	0.000	0.000	-4.932	74-3
74	7.510	LRFD	Comb	0.0000	-2.681	0.000	0.000	-3.699	74-3
74	7.970	LRFD	Comb	0.0000	-2.681	0.000	0.000	-2.466	74-3
74	8.430	LRFD	Comb	0.0000	-2.681	0.000	0.000	-1.233	74-3
74	8.890	LRFD	Comb	0.0000	-2.681	0.000	0.000	0.000	74-3
75	0.000	LRFD	Comb	21.4998	0.000	0.000	0.000	0.000	75-1
75	4.739	LRFD	Comb	21.4998	0.000	0.000	0.000	0.000	75-1
75	9.479	LRFD	Comb	21.4998	0.000	0.000	0.000	0.000	75-1
76	0.000	LRFD	Comb	17.3053	0.000	0.000	0.000	0.000	76-1
76	4.739	LRFD	Comb	17.3053	0.000	0.000	0.000	0.000	76-1
76	9.479	LRFD	Comb	17.3053	0.000	0.000	0.000	0.000	76-1
77	0.000	LRFD	Comb	-	34.2739	0.000	0.000	0.000	77-1
77	4.186	LRFD	Comb	-	34.2739	0.000	0.000	0.000	77-1
77	8.372	LRFD	Comb	-	34.2739	0.000	0.000	0.000	77-1
78	0.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.000	78-1

78	0.494	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.033	78-1
78	0.988	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.066	78-1
78	1.482	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.099	78-1
78	1.976	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.133	78-1
78	2.469	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.166	78-1
78	2.963	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.199	78-1
78	3.457	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.232	78-1
78	3.951	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.265	78-1
78	4.445	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.298	78-1
78	4.445	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.298	78-2
78	4.939	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.265	78-2
78	5.433	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.232	78-2
78	5.927	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.199	78-2
78	6.421	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.166	78-2
78	6.914	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.133	78-2
78	7.408	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.099	78-2
78	7.902	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.066	78-2
78	8.396	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	-0.033	78-2
78	8.890	LRFD	Comb	0.0000	-0.067	0.000	0.000	0.000	78-2
79	0.000	LRFD	Comb	-5.2436	0.000	0.000	0.000	0.000	79-1
79	4.739	LRFD	Comb	-5.2436	0.000	0.000	0.000	0.000	79-1
79	9.479	LRFD	Comb	-5.2436	0.000	0.000	0.000	0.000	79-1
80	0.000	LRFD	Comb	5.2436	0.000	0.000	0.000	0.000	80-1
80	4.739	LRFD	Comb	5.2436	0.000	0.000	0.000	0.000	80-1
80	9.479	LRFD	Comb	5.2436	0.000	0.000	0.000	0.000	80-1
81	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	81-1
81	4.186	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	81-1

81	8.372	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	81-1
82	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	0.000	82-1
82	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.060	82-1
82	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.120	82-1
82	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.180	82-1
82	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.241	82-1
82	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.301	82-1
82	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.361	82-1
82	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.421	82-1
82	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.481	82-1
82	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.122	0.000	0.000	-0.541	82-1
82	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.260	82-2
82	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.231	82-2
82	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.202	82-2
82	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.173	82-2
82	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.145	82-2
82	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.116	82-2
82	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.087	82-2
82	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.058	82-2
82	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.029	82-2
82	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.059	0.000	0.000	0.000	82-2
83	0.000	LRFD	Comb	9.5632	0.000	0.000	0.000	0.000	83-1
83	4.739	LRFD	Comb	9.5632	0.000	0.000	0.000	0.000	83-1
83	9.479	LRFD	Comb	9.5632	0.000	0.000	0.000	0.000	83-1
84	0.000	LRFD	Comb	-4.5224	0.000	0.000	0.000	0.000	84-1
84	4.739	LRFD	Comb	-4.5224	0.000	0.000	0.000	0.000	84-1
84	9.479	LRFD	Comb	-4.5224	0.000	0.000	0.000	0.000	84-1

85	0.000	LRFD	Comb	0.0633	0.000	0.000	0.000	0.000	85-1
85	4.186	LRFD	Comb	0.0633	0.000	0.000	0.000	0.000	85-1
85	8.372	LRFD	Comb	0.0633	0.000	0.000	0.000	0.000	85-1
86	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
86	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	86-1
87	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1

87	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
87	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	87-1
88	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1

88	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
88	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	88-1
89	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
89	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	89-1
90	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1

90	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
90	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	90-1
91	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1

91	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
91	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	91-1
92	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
92	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1

92	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	92-1
93	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	0.494	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	0.988	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	1.482	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	1.976	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	2.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	2.963	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	3.457	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	3.951	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	4.445	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	4.939	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	5.433	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	5.927	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	6.421	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	6.914	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	7.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	7.902	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	8.396	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
93	8.890	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	93-1
95	0.000	LRFD	Comb	-					
95	0.000	LRFD	Comb	32.7675	-0.191	0.000	0.000	0.000	95-1
95	5.301	LRFD	Comb	-					
95	5.301	LRFD	Comb	32.5311	0.188	0.000	0.000	0.007	95-1
95	5.301	LRFD	Comb	-					
95	5.301	LRFD	Comb	18.6588	-0.299	0.000	0.000	-0.457	95-2
95	7.919	LRFD	Comb	-					
95	7.919	LRFD	Comb	18.5420	-0.111	0.000	0.000	0.080	95-2
95	10.602	LRFD	Comb	-					
95	10.602	LRFD	Comb	18.4224	0.081	0.000	0.000	0.121	95-2
95	10.602	LRFD	Comb	-8.9805	-0.248	0.000	0.000	-0.315	95-3
95	15.839	LRFD	Comb	-8.7470	0.127	0.000	0.000	0.000	95-3

96	0.000	LRFD	Comb	4.7120	0.000	0.000	0.000	0.000	96-1
96	2.802	LRFD	Comb	4.6011	0.000	0.000	0.000	0.000	96-1
96	5.604	LRFD	Comb	4.4903	0.000	0.000	0.000	0.000	96-1
97	0.000	LRFD	Comb	0.8598	0.000	0.000	0.000	0.000	97-1
97	1.401	LRFD	Comb	0.8044	0.000	0.000	0.000	0.000	97-1
97	2.802	LRFD	Comb	0.7489	0.000	0.000	0.000	0.000	97-1
98	0.000	LRFD	Comb	11.2095	-0.089	0.000	0.000	0.000	98-1
98	2.651	LRFD	Comb	11.2649	0.000	0.000	0.000	0.118	98-1
98	5.301	LRFD	Comb	11.3204	0.089	0.000	0.000	0.000	98-1
134	0.000	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	0.469	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	0.938	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	1.408	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	1.877	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	2.346	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	2.815	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	3.285	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	3.754	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	4.223	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	4.692	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	5.162	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	5.631	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
134	6.100	LRFD	Comb	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	134-1
152	0.000	LRFD	Comb	0.0000	-1.177	0.000	0.000	0.000	152-1
152	0.500	LRFD	Comb	0.0000	-1.087	0.000	0.000	0.566	152-1
152	1.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.997	0.000	0.000	1.087	152-1
152	1.500	LRFD	Comb	0.0000	-0.908	0.000	0.000	1.563	152-1

152	2.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.818	0.000	0.000	1.995	152-1
152	2.500	LRFD	Comb	0.0000	-0.728	0.000	0.000	2.381	152-1
152	3.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.639	0.000	0.000	2.723	152-1
152	3.500	LRFD	Comb	0.0000	-0.549	0.000	0.000	3.020	152-1
152	4.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.459	0.000	0.000	3.272	152-1
152	4.500	LRFD	Comb	0.0000	-0.370	0.000	0.000	3.479	152-1
152	4.500	LRFD	Comb	0.0000	-1.119	0.000	0.000	-3.217	152-2
152	5.000	LRFD	Comb	0.0000	-1.029	0.000	0.000	-2.680	152-2
152	5.500	LRFD	Comb	0.0000	-0.939	0.000	0.000	-2.188	152-2
152	6.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.849	0.000	0.000	-1.741	152-2
152	6.500	LRFD	Comb	0.0000	-0.760	0.000	0.000	-1.339	152-2
152	7.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.670	0.000	0.000	-0.981	152-2
152	7.500	LRFD	Comb	0.0000	-0.580	0.000	0.000	-0.669	152-2
152	8.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.491	0.000	0.000	-0.401	152-2
152	8.500	LRFD	Comb	0.0000	-0.401	0.000	0.000	-0.178	152-2
152	9.000	LRFD	Comb	0.0000	-0.311	0.000	0.000	0.000	152-2
14	0.000	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	0.000	14-1
14	0.494	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	1.424	14-1
14	0.988	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	2.847	14-1
14	1.482	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	4.271	14-1
14	1.976	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	5.694	14-1
14	2.469	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	7.118	14-1
14	2.963	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	8.541	14-1
14	3.457	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	9.965	14-1
14	3.951	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	11.388	14-1
14	4.445	LRFD	Comb	0.7648	-2.882	0.000	0.000	12.812	14-1
14	4.445	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	12.812	14-2

14	4.928	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	4.061	14-2
14	5.410	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	-4.689	14-2
14	5.893	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	-	14-2
14	6.375	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	13.440	14-2
14	6.858	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	-	14-2
14	7.340	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	22.190	14-2
14	7.340	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	-	14-2
14	7.340	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	30.940	14-2
14	7.340	LRFD	Comb	0.7648	18.136	0.000	0.000	-	14-2
14	7.728	LRFD	Comb	0.7648	25.607	0.000	0.000	39.691	14-2
14	8.115	LRFD	Comb	0.7648	25.607	0.000	0.000	-	14-3
14	8.503	LRFD	Comb	0.7648	25.607	0.000	0.000	39.691	14-3
14	8.890	LRFD	Comb	0.7648	25.607	0.000	0.000	-	14-3
65	0.000	LRFD	Comb	-1.4730	-0.089	0.000	0.000	29.768	14-3
65	2.651	LRFD	Comb	-1.4175	0.000	0.000	0.000	-	14-3
65	5.301	LRFD	Comb	-1.3621	0.089	0.000	0.000	19.845	14-3
98	0.000	LRFD	Comb	-1.4730	-0.089	0.000	0.000	-	14-3
98	2.651	LRFD	Comb	-1.4175	0.000	0.000	0.000	-9.923	14-3
98	5.301	LRFD	Comb	-1.3621	0.089	0.000	0.000	0.000	14-3
110	0.000	LRFD	Comb	0.3331	-0.043	0.000	0.000	0.000	65-1
110	2.020	LRFD	Comb	0.3173	0.000	0.000	0.000	0.118	65-1
110	4.041	LRFD	Comb	0.3016	0.043	0.000	0.000	0.000	65-1
111	0.000	LRFD	Comb	0.3016	-0.043	0.000	0.000	0.000	98-1
111	2.020	LRFD	Comb	0.3173	0.000	0.000	0.000	0.118	98-1
111	4.041	LRFD	Comb	0.3331	0.043	0.000	0.000	0.000	98-1
112	0.000	LRFD	Comb	-0.5042	-0.043	0.000	0.000	0.000	110-1
112	2.020	LRFD	Comb	-0.4885	0.000	0.000	0.000	0.043	110-1
112	4.041	LRFD	Comb	-0.4728	0.043	0.000	0.000	0.000	110-1
113	0.000	LRFD	Comb	-0.4728	-0.043	0.000	0.000	0.000	111-1

113	2.020	LRFD	Comb	-0.4885	0.000	0.000	0.000	0.043	113-1
113	4.041	LRFD	Comb	-0.5042	0.043	0.000	0.000	0.000	113-1
114	0.000	LRFD	Comb	-0.4595	-0.042	0.000	0.000	0.000	114-1
114	2.010	LRFD	Comb	-0.4440	0.000	0.000	0.000	0.043	114-1
114	4.020	LRFD	Comb	-0.4284	0.042	0.000	0.000	0.000	114-1
115	0.000	LRFD	Comb	-0.1222	-0.043	0.000	0.000	0.000	115-1
115	2.031	LRFD	Comb	-0.1063	0.000	0.000	0.000	0.043	115-1
115	4.062	LRFD	Comb	-0.0903	0.043	0.000	0.000	0.000	115-1
135	0.000	LRFD	Comb	0.2171	-0.190	-	0.060	0.000	135-1
135	0.436	LRFD	Comb	0.2171	-0.164	-	0.060	0.026	135-1
135	0.871	LRFD	Comb	0.2171	-0.138	-	0.060	0.052	135-1
135	1.307	LRFD	Comb	0.2171	-0.112	-	0.060	0.078	135-1
135	1.743	LRFD	Comb	0.2171	-0.086	-	0.060	0.104	135-1
135	2.179	LRFD	Comb	0.2171	-0.060	-	0.060	0.130	135-1
135	2.614	LRFD	Comb	0.2171	-0.035	-	0.060	0.156	135-1
135	3.050	LRFD	Comb	0.2171	-0.009	-	0.060	0.182	135-1
135	3.050	LRFD	Comb	0.2171	0.009	-	0.060	0.182	135-2
135	3.486	LRFD	Comb	0.2171	0.035	-	0.060	0.156	135-2
135	3.921	LRFD	Comb	0.2171	0.060	-	0.060	0.130	135-2
135	4.357	LRFD	Comb	0.2171	0.086	-	0.060	0.104	135-2
135	4.793	LRFD	Comb	0.2171	0.112	-	0.060	0.078	135-2
135	5.229	LRFD	Comb	0.2171	0.138	-	0.060	0.052	135-2
135	5.664	LRFD	Comb	0.2171	0.164	-	0.060	0.026	135-2
135	6.100	LRFD	Comb	0.2171	0.190	-	0.060	0.000	135-2
136	0.000	LRFD	Comb	-0.1077	-0.076	-	0.027	0.000	136-1
136	0.436	LRFD	Comb	-0.1077	-0.050	-	0.027	0.012	136-1
136	0.871	LRFD	Comb	-0.1077	-0.024	-	0.027	0.023	136-1

136	1.307	LRFD	Comb	-0.1077	0.002	-	0.035	0.048	136-1
136	1.743	LRFD	Comb	-0.1077	0.028	-	0.046	0.042	136-1
136	2.179	LRFD	Comb	-0.1077	0.054	-	0.058	0.024	136-1
136	2.614	LRFD	Comb	-0.1077	0.080	-	0.069	-0.005	136-1
136	3.050	LRFD	Comb	-0.1077	0.106	-	0.081	-0.045	136-1
136	3.050	LRFD	Comb	-0.1077	-0.106	0.027	0.081	-0.045	136-2
136	3.486	LRFD	Comb	-0.1077	-0.080	0.027	0.069	-0.005	136-2
136	3.921	LRFD	Comb	-0.1077	-0.054	0.027	0.058	0.024	136-2
136	4.357	LRFD	Comb	-0.1077	-0.028	0.027	0.046	0.042	136-2
136	4.793	LRFD	Comb	-0.1077	-0.002	0.027	0.035	0.048	136-2
136	5.229	LRFD	Comb	-0.1077	0.024	0.027	0.023	0.044	136-2
136	5.664	LRFD	Comb	-0.1077	0.050	0.027	0.012	0.027	136-2
136	6.100	LRFD	Comb	-0.1077	0.076	0.027	0.000	0.000	136-2
137	0.000	LRFD	Comb	0.1203	-0.074	0.022	0.000	0.000	137-1
137	0.436	LRFD	Comb	0.1203	-0.048	0.022	-0.010	0.026	137-1
137	0.871	LRFD	Comb	0.1203	-0.022	0.022	-0.019	0.042	137-1
137	1.307	LRFD	Comb	0.1203	0.004	0.022	-0.029	0.045	137-1
137	1.743	LRFD	Comb	0.1203	0.030	0.022	-0.039	0.038	137-1
137	2.179	LRFD	Comb	0.1203	0.056	0.022	-0.048	0.019	137-1
137	2.614	LRFD	Comb	0.1203	0.082	0.022	-0.058	-0.011	137-1
137	3.050	LRFD	Comb	0.1203	0.108	0.022	-0.068	-0.052	137-1
137	3.050	LRFD	Comb	0.1203	-0.108	-	-0.068	-0.052	137-2
137	3.486	LRFD	Comb	0.1203	-0.082	-	-0.058	-0.011	137-2
137	3.921	LRFD	Comb	0.1203	-0.056	-	-0.048	0.019	137-2
137	4.357	LRFD	Comb	0.1203	-0.030	-	-0.039	0.038	137-2
137	4.793	LRFD	Comb	0.1203	-0.004	-	-0.029	0.045	137-2
137	5.229	LRFD	Comb	0.1203	0.022	-	-0.019	0.042	137-2

137	5.664	LRFD	Comb	0.1203	0.048	-	0.022	-0.010	0.026	137-2
137	6.100	LRFD	Comb	0.1203	0.074	-	0.022	0.000	0.000	137-2
138	0.000	LRFD	Comb	0.0916	-0.160	-	0.025	0.000	0.000	138-1
138	0.436	LRFD	Comb	0.0916	-0.134	-	0.025	0.011	0.064	138-1
138	0.871	LRFD	Comb	0.0916	-0.108	-	0.025	0.022	0.116	138-1
138	1.307	LRFD	Comb	0.0916	-0.082	-	0.025	0.033	0.158	138-1
138	1.743	LRFD	Comb	0.0916	-0.056	-	0.025	0.044	0.188	138-1
138	2.179	LRFD	Comb	0.0916	-0.030	-	0.025	0.055	0.206	138-1
138	2.614	LRFD	Comb	0.0916	-0.004	-	0.025	0.066	0.214	138-1
138	3.050	LRFD	Comb	0.0916	0.022	-	0.025	0.077	0.210	138-1
138	3.050	LRFD	Comb	0.0916	-0.022	-	0.025	0.077	0.210	138-2
138	3.486	LRFD	Comb	0.0916	0.004	-	0.025	0.066	0.214	138-2
138	3.921	LRFD	Comb	0.0916	0.030	-	0.025	0.055	0.206	138-2
138	4.357	LRFD	Comb	0.0916	0.056	-	0.025	0.044	0.188	138-2
138	4.793	LRFD	Comb	0.0916	0.082	-	0.025	0.033	0.158	138-2
138	5.229	LRFD	Comb	0.0916	0.108	-	0.025	0.022	0.116	138-2
138	5.664	LRFD	Comb	0.0916	0.134	-	0.025	0.011	0.064	138-2
138	6.100	LRFD	Comb	0.0916	0.160	-	0.025	0.000	0.000	138-2
139	0.000	LRFD	Comb	-0.0903	-0.043	-	0.000	0.000	0.000	139-1
139	2.031	LRFD	Comb	-0.1063	0.000	-	0.000	0.000	0.043	139-1
139	4.062	LRFD	Comb	-0.1222	0.043	-	0.000	0.000	0.000	139-1
140	0.000	LRFD	Comb	-0.4284	-0.042	-	0.000	0.000	0.000	140-1
140	2.010	LRFD	Comb	-0.4440	0.000	-	0.000	0.000	0.043	140-1
140	4.020	LRFD	Comb	-0.4595	0.042	-	0.000	0.000	0.000	140-1
142	0.000	LRFD	Comb	0.5720	-0.034	-	0.000	0.000	0.000	142-1
142	2.071	LRFD	Comb	0.6035	0.000	-	0.000	0.000	0.035	142-1
142	4.142	LRFD	Comb	0.6350	0.034	-	0.000	0.000	0.000	142-1

143	0.000	LRFD	Comb	0.6350	-0.034	0.000	0.000	0.000	143-1
143	2.071	LRFD	Comb	0.6035	0.000	0.000	0.000	0.035	143-1
143	4.142	LRFD	Comb	0.5720	0.034	0.000	0.000	0.000	143-1
145	0.000	LRFD	Comb	-0.2553	-0.043	0.000	0.000	0.000	145-1
145	0.474	LRFD	Comb	-0.2553	-0.032	0.000	0.000	0.018	145-1
145	0.948	LRFD	Comb	-0.2553	-0.021	0.000	0.000	0.030	145-1
145	1.421	LRFD	Comb	-0.2553	-0.011	0.000	0.000	0.038	145-1
145	1.895	LRFD	Comb	-0.2553	0.000	0.000	0.000	0.040	145-1
145	2.369	LRFD	Comb	-0.2553	0.011	0.000	0.000	0.038	145-1
145	2.843	LRFD	Comb	-0.2553	0.021	0.000	0.000	0.030	145-1
145	3.316	LRFD	Comb	-0.2553	0.032	0.000	0.000	0.018	145-1
145	3.790	LRFD	Comb	-0.2553	0.043	0.000	0.000	0.000	145-1
146	0.000	LRFD	Comb	0.0373	-0.043	0.000	0.000	0.000	146-1
146	0.474	LRFD	Comb	0.0373	-0.032	0.000	0.000	0.018	146-1
146	0.948	LRFD	Comb	0.0373	-0.021	0.000	0.000	0.030	146-1
146	1.421	LRFD	Comb	0.0373	-0.011	0.000	0.000	0.038	146-1
146	1.895	LRFD	Comb	0.0373	0.000	0.000	0.000	0.040	146-1
146	2.369	LRFD	Comb	0.0373	0.011	0.000	0.000	0.038	146-1
146	2.843	LRFD	Comb	0.0373	0.021	0.000	0.000	0.030	146-1
146	3.316	LRFD	Comb	0.0373	0.032	0.000	0.000	0.018	146-1
146	3.790	LRFD	Comb	0.0373	0.043	0.000	0.000	0.000	146-1
148	0.000	LRFD	Comb	0.0373	-0.043	0.000	0.000	0.000	148-1
148	0.474	LRFD	Comb	0.0373	-0.032	0.000	0.000	0.018	148-1
148	0.948	LRFD	Comb	0.0373	-0.021	0.000	0.000	0.030	148-1
148	1.421	LRFD	Comb	0.0373	-0.011	0.000	0.000	0.038	148-1
148	1.895	LRFD	Comb	0.0373	0.000	0.000	0.000	0.040	148-1
148	2.369	LRFD	Comb	0.0373	0.011	0.000	0.000	0.038	148-1

148	2.843	LRFD	Comb	0.0373	0.021	0.000	0.000	0.030	148-1
148	3.316	LRFD	Comb	0.0373	0.032	0.000	0.000	0.018	148-1
148	3.790	LRFD	Comb	0.0373	0.043	0.000	0.000	0.000	148-1
149	0.000	LRFD	Comb	-0.2553	-0.043	0.000	0.000	0.000	149-1
149	0.474	LRFD	Comb	-0.2553	-0.032	0.000	0.000	0.018	149-1
149	0.948	LRFD	Comb	-0.2553	-0.021	0.000	0.000	0.030	149-1
149	1.421	LRFD	Comb	-0.2553	-0.011	0.000	0.000	0.038	149-1
149	1.895	LRFD	Comb	-0.2553	0.000	0.000	0.000	0.040	149-1
149	2.369	LRFD	Comb	-0.2553	0.011	0.000	0.000	0.038	149-1
149	2.843	LRFD	Comb	-0.2553	0.021	0.000	0.000	0.030	149-1
149	3.316	LRFD	Comb	-0.2553	0.032	0.000	0.000	0.018	149-1
149	3.790	LRFD	Comb	-0.2553	0.043	0.000	0.000	0.000	149-1

Fuente: Elaboración propia

Anexo C. Diseño y Montaje de la estructura auxiliar

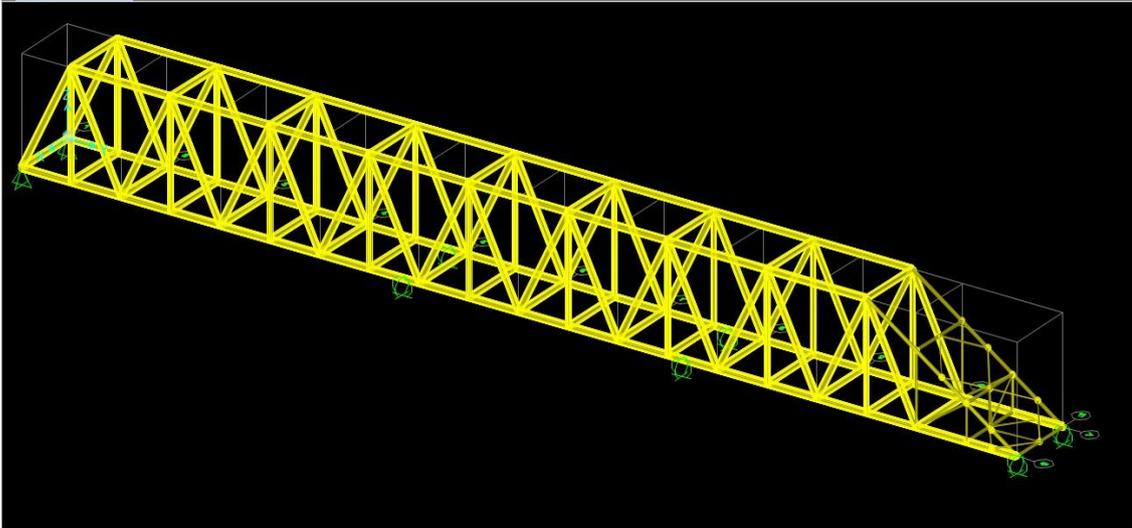


Figura 45. Análisis estructural con el Software SAP 2000

Fuente: Elaboración propia.

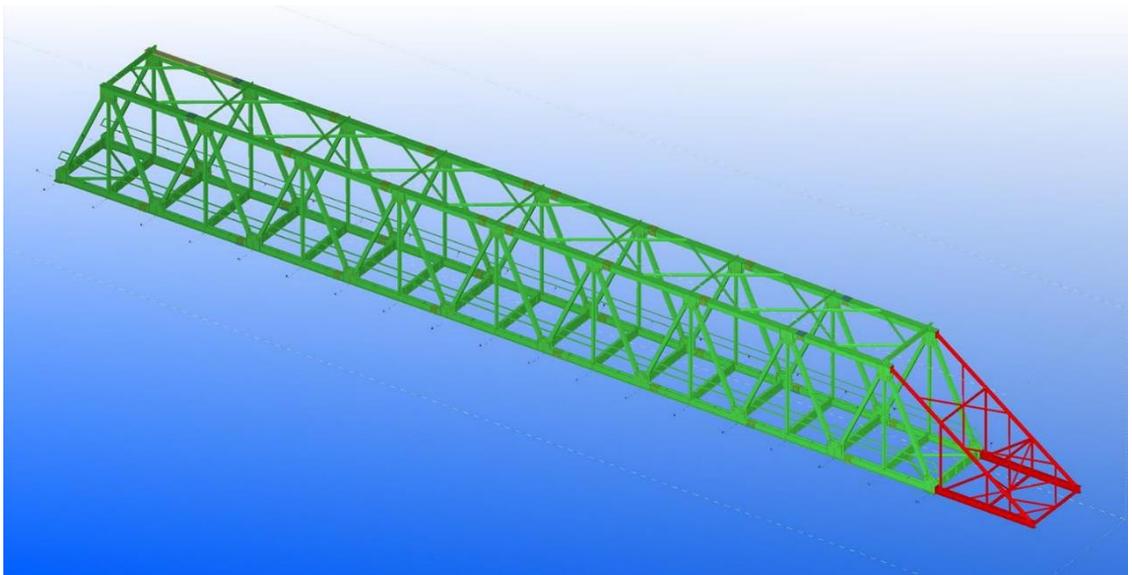


Figura 46. Modelamiento con el Software TEKLA.

Fuente: Elaboración propia

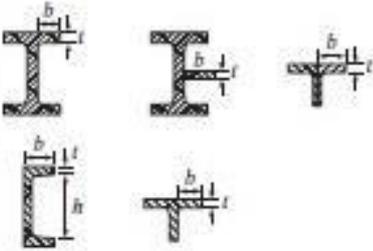
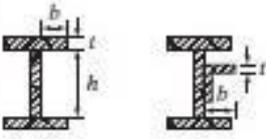
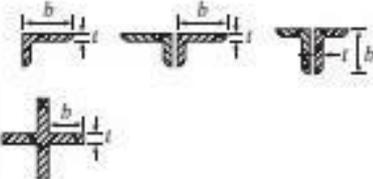


*Figura 47.*Montaje del Puente metálico vehicular de 169 Toneladas

Fuente: Elaboración propia.

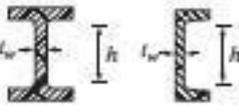
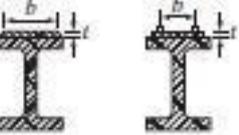
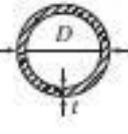
Anexo D.

Tabla 10. Elementos a compresión en miembros sujetos a compresión axial

Caso	Descripción del elemento	Razón ancho-espesor	Relación límite ancho-espesor λ_r (no esbelto/esbelto)	Ejemplos
Elementos no rigidizados	1	b/t	$0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	b/t	$0.64\sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}^{1/4}$	
	3	b/t	$0.45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	d/t	$0.75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Fuente: "Diseño de estructura de acero", McCormac y Csernak, 2012, p.146

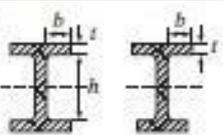
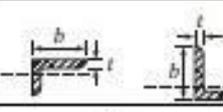
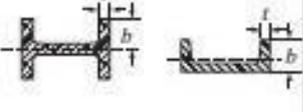
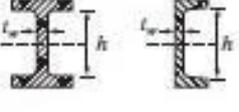
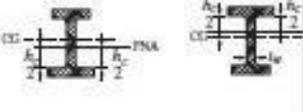
Tabla 11. Elementos a compresión en miembros sujetos a compresión axial

Caso	Descripción del elemento	Razón ancho-espesor	Relación límite ancho-espesor λ_c (no esbelto/esbelto)	Ejemplos
5	Almas de perfiles I y canales doblemente simétricos	h/t_w	$1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
6	Paredes de HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme	b/t	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
7	Cubreplacas de patines y placas de diafragmas entre líneas de conectores o soldaduras	b/t	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
8	Todos los otros elementos rigidizados	b/t	$1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
9	HSS redondo	D/t	$0.11\frac{E}{F_y}$	

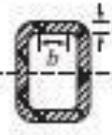
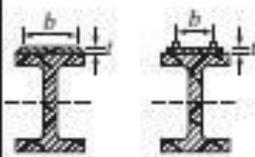
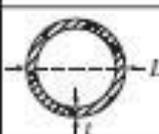
Fuente: "Diseño de estructura de acero", McCormac y Csernak, 2012, p.147

Anexo E.

Tabla 12. Elementos de compresión en miembros a flexión

Caso	Descripción del elemento	Relación ancho a espesor	Relaciones limitantes ancho a espesor		Ejemplo
			λ_r compacto/ no compacto	λ_r no compacto/ esbelto	
Elementos sin rigidizar	10 Patines de secciones laminadas de perfiles I, canales y tes	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11 Patines de secciones compuestas de perfil I, de simetría simple y doble	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95\sqrt{\frac{K_c E}{F_y}}$	
	12 Alas de ángulos simples	b/t	$0.54\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13 Patines de todas la secciones de perfil I y canales a flexión con respecto al eje débil	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14 Vástagos de tes	d/t	$0.84\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elementos rigidizados	15 Almas de secciones de perfil I con simetría doble y canales	h/t_w	$3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16 Almas de secciones de perfil I de simetría simple	h_c/t_w	$\frac{h_c}{h_y} \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\left(0.54 \frac{M_x}{M_y} - 0.09\right)^2$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Fuente: "Diseño de estructura de acero", McCormac y Csernak, 2012, p.292

Caso	Descripción del elemento	Relación ancho a espesor	Relaciones limitantes ancho a espesor		Ejemplo
			λ_r compacto/ no compacto	λ_r no compacto/ esbelto	
El elemento rigidizado	17 Patines de secciones HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18 Cubreplacas de patín y placas de diafragma entre líneas de sujetadores o soldadura	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19 Almas de secciones HSS rectangulares y cajones	h/t	$2.42\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20 Sección HSS redonda	D/t	$0.07\frac{E}{F_y}$	$0.31\frac{E}{F_y}$	

[a] $K_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ pero no deberá tomarse menor que 0.35 ni mayor que 0.76 para propósitos de cálculo.

[b] $F_L = 0.7F_y$ para la flexión con respecto al eje mayor de miembros de perfil I compuestos con alma compacta y no compacta con $S_{xy}/S_{xc} \geq 0.7$, $F_L = F_y S_{xy}/S_{xc} > 0.5F_y$ para la flexión con respecto al eje mayor de miembros de perfil I compuestos con alma compacta y no compacta con $S_{xy}/S_{xc} < 0.7$.

[c] M_y es el momento para la fluencia de fibra extrema. M_p = momento plástico de flexión, klb-plg (N-mm)

E = módulo de elasticidad del acero = 29 000 klb/plg² (200 000 MPa)

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado, klb/plg² (MPa)

Fuente: "Diseño de estructura de acero", McCormac y Csernak, 2012, p.293

Anexo F.

Tabla 13. *Presupuesto total del proyecto*

PRESUPUESTO	0901023	CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE VEHICULAR EN EL CASERÍO DE MARIPOSA DE SHUNTE			
SUBPRESUPUESTO	001	CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE VEHICULAR EN EL CASERÍO DE MARIPOSA DE SHUNTE			
CLIENTE	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SHUNTE	Costo al	31/12/2017		
LUGAR	SAN MARTIN - TOCACHE - SHUNTE				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				276,565.07
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	glb	1.00	112,000.00	112,000.00
01.02	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	m2	6,400.00	4.69	30,016.00
01.03	HABILITACIÓN DE CAMPAMENTO GENERAL Y PATIO DE MAQUINAS	glb	1.00	26,343.96	26,343.96
01.04	ACCESO A CANTERAS, DME, PLANTAS Y FUENTES DE AGUA	km	0.70	15,758.07	11,030.65
01.05	DESMONTAJE DE PUENTE COLGANTE PEATONAL	und	1.00	27,504.29	27,504.29
01.06	DESVIÓ TEMPORAL DE RIO CON MATERIAL PROPIO	glb	1.00	49,104.00	49,104.00
01.07	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO	m3	68.00	266.80	18,142.40

01.08	DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONA BOSCOSA	ha	0.24	7,648.21	1,835.57
01.09	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	68.00	8.65	588.20
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				331,404.22
02.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL NO CLASIFICADO BAJO AGUA	m3	2,523.30	61.55	155,309.12
02.02	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	m3	2,522.10	68.09	171,729.79
02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	504.66	8.65	4,365.31
03	SUBESTRUCTURAS				704,685.91
03.01	CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	16.20	297.47	4,819.01
03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO COMÚN BAJO AGUA	m2	431.59	109.14	47,103.73
03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA BAJO AGUA	m2	220.22	127.94	28,174.95
03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO COMÚN EN SECO	m2	701.44	66.26	46,477.41
03.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA EN SECO	m2	653.84	77.90	50,934.14

03.06	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	kg	44,537.53	4.98	221,796.90
03.07	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 BAJO AGUA	m3	312.50	513.94	160,606.25
03.08	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	285.32	443.75	126,610.75
03.09	CONCRETO F'C=280 KG/CM2	m3	36.86	492.75	18,162.77
04	SUPERESTRUCTURA				2,271,849.45
04.01	ESTRUCTURA METÁLICA				1,992,516.62
04.01.01	FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA	ton	159.15	8,022.34	1,276,755.41
04.01.02	PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA	ton	159.15	1,671.20	265,971.48
04.01.03	TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METÁLICA	ton	159.15	550.83	87,664.59
04.01.04	MONTAJE Y COLOCACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA	ton	159.15	2,275.37	362,125.14
04.02	LOSA				232,097.75
04.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA	m2	560.28	77.90	43,645.81
04.02.02	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	kg	25,804.01	4.98	128,503.97
04.02.03	CONCRETO F'C=280 KG/CM2	m3	121.66	492.75	59,947.97

04.03	VARIOS				47,235.08
04.03.01	APOYO DE NEOPRENE	und	4.00	3,584.60	14,338.40
04.03.02	TUBOS DE DRENAJE	und	36.00	191.27	6,885.72
04.03.03	JUNTA DE DILATACIÓN	ML	9.60	535.39	5,139.74
04.03.04	TOPES LONGITUDINALES	und	4.00	682.21	2,728.84
04.03.05	ACABADO EN VEREDAS	m2	162.00	26.95	4,365.90
04.03.06	SUPERFICIE DE DESGASTE	m2	324.00	42.52	13,776.48
05	ACCESOS				186,044.96
05.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				156,290.97
05.01.01	EXCAVACIÓN PARA ENROCADO EN MATERIAL NO CLASIFICADO	m3	3,589.37	18.56	66,618.71
05.01.02	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	m3	1,191.55	43.34	51,641.78
05.01.03	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO	m3	794.36	17.44	13,853.64
05.01.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2,795.01	8.65	24,176.84
05.02	PAVIMENTOS				17,104.59

05.02.01	SUB BASE GRANULAR e=0.15 m	m3	257.91	66.32	17,104.59
05.03	DRENAJE: ACCESO IZQUIERDO				12,649.40
05.03.01	CAJA RECEPTORA DE AGUAS PLUVIALES (1.50x1.50) x0.70 m	und	1.00	4,125.53	4,125.53
05.03.02	TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR TMC-36	ml	7.00	735.88	5,151.16
05.03.03	CABEZAL DE SALIDA DE ALCANTARILLA	und	1.00	3,184.14	3,184.14
05.03.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	21.80	8.65	188.57
06	DEFENSA RIBEREÑA				185,776.86
06.01	EXCAVACIÓN PARA ENROCADO EN MATERIAL NO CLASIFICADO	m3	1,361.60	18.56	25,271.30
06.02	LIMPIEZA DE CAUCE EN MATERIAL NO CLASIFICADO	m3	1,242.60	13.02	16,178.65
06.03	RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	m3	849.10	29.75	25,260.73
06.04	ENROCADO	m3	2,100.80	49.45	103,884.56
06.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,755.10	8.65	15,181.62
07	SEÑALIZACIÓN				10,134.76
07.01	SEÑALES PREVENTIVAS (0.60 x 0.60)	und	4.00	219.20	876.80

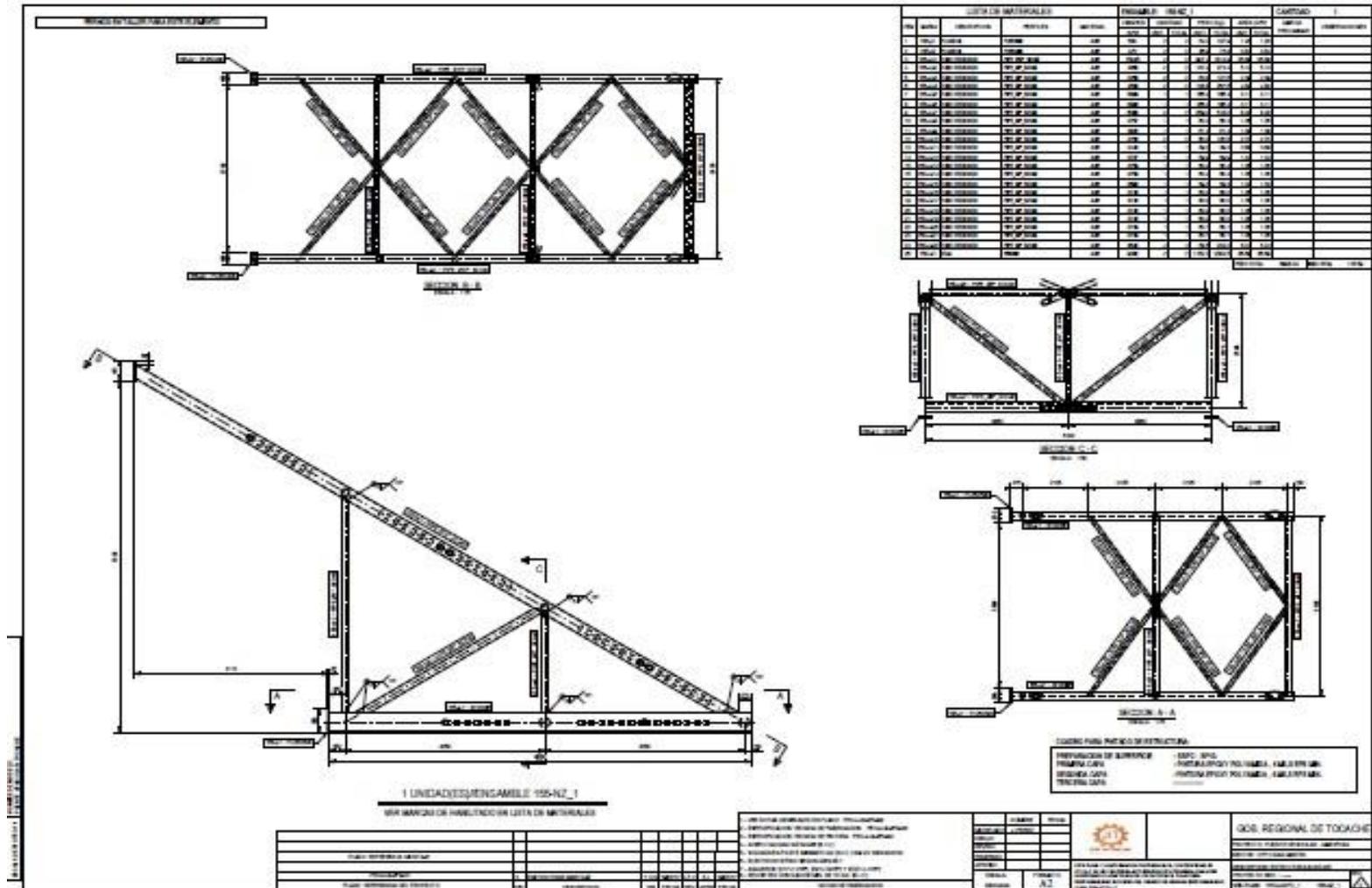
07.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS (0.60 x 0.90)	und	2.00	260.10	520.20
07.03	POSTE SOPORTE DE SEÑALES	und	6.00	299.98	1,799.88
07.04	ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA SEÑALES INFORMATIVAS	und	2.00	1,852.51	3,705.02
07.05	SEÑAL INFORMATIVA	und	2.00	1,616.43	3,232.86
08	IMPACTO AMBIENTAL				48,612.91
08.01	PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AMBIENTAL				24,710.00
08.01.01	CONTROL PARA MITIGACIÓN Y MONITOREO AMBIENTAL	mes	7.00	3,530.00	24,710.00
08.02	PROGRAMA DE ABANDONO DE OBRA				23,902.91
08.02.01	SUB PROGRAMA DE MANEJO DE INSTALACIONES AUXILIARES				23,902.91
08.02.01.01	DISPOSICIÓN, CONFORMACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	5,144.57	3.70	19,034.91
08.02.01.02	REACONDICIONAMIENTO DE PLANTA CONCRETERA	m2	300.00	5.56	1,668.00
08.02.01.03	REACONDICIONAMIENTO DEL ÁREA DE CAMPAMENTO	m2	200.00	6.40	1,280.00

08.02.01.04	REACONDICIONAMIENTO DEL	m2	300.00	6.40	1,920.00
	ÁREA DE PATIO DE MAQUINAS				
Costo Directo					4,015,074.14
GASTOS GENERALES (22.253%)					893,474.45
UTILIDAD (10%)					401,507.41
					=====
PARCIAL					5,310,056.00
IGV (18%)					955,810.08
					=====
TOTAL PRESUPUESTÓ					6,265,866.08

Fuente: Elaboración propia

PLANOS

Plano de la estructura auxiliar



Plano de planta general

