



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
DIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
Y EDUCACION CONTINUA  
MAESTRIA EN INGENIERIA ESTRUCTURAL Y SISMICA

*Tesis para la obtención del grado de  
Máster en  
Ingeniería Estructural y Sísmica*

**“EVALUACIÓN DE SUPER CARGAS PARA  
UN PUENTE”**

Autor de tesis:

Ing. Bienvenido Gustavo García Rodas.

Tutor de tesis:

Ing. Manuel Coll Borgo, PhD.

Managua Nicaragua Noviembre, 2021

## INDICE

Índice de gráficas .....	iv
Índice de tablas .....	vi
Resumen de la tesis .....	vii
Introducción .....	1
<b>CAPITULO I. PLANTEAMIENTO SITUACIONAL .....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación .....	3
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO.....</b>	<b>5</b>
2.1 Puente Coyolate .....	5
2.2 Acuerdo gubernativo 379-2010 .....	8
2.2.1 Manual de evaluación de puentes AASTHO MBE .....	10
2.2.2 Load rating a Flexión .....	13
2.2.3 Load rating para refuerzo mínimo a flexión.....	15
2.2.4 Load rating a corte.....	16
2.3 Factores de carga para análisis de load rating. ....	17
2.4 Análisis de vigas por el método de elementos finitos con CSI Bridge .....	17
2.5 Configuración estructural Puente Coyolate. ....	19
<b>CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO. ....</b>	<b>21</b>
3.1 Modelo matemático Puente Coyolate en CSI Bridge.....	21
3.2.1 Calidades de materiales, secciones y armados de vigas tramos 1 y 3. ....	21
3.2.2 Calidades de materiales, secciones y armados de vigas tramo 2.....	23
3.2.3 Suposiciones de análisis.....	27
<b>CAPITULO IV. ANALISIS DE SÚPER CARGAS.....</b>	<b>31</b>
4.1 Análisis vehículos 1 y 2(vehículos de permiso). ....	31
4.1.1 Súper carga vehículo 1 configuración 1.....	32
4.1.1.1 Load rating a flexión vehículo 1 configuración 1. ....	32
4.1.1.2 Load rating a corte vehículo 1 configuración 1. ....	32
4.1.1.3 Load rating de refuerzo mínimo vehículo 1 configuración 1.....	34

4.1.1.4	Load rating a servicio vehículo 1 configuración 1. ....	34
4.1.2	Súper carga vehículo 1 configuración 2. ....	35
4.1.2.1	Load rating a flexión vehículo 1 configuración 2. ....	35
4.1.2.2	Load rating a corte vehículo 1 configuración 2. ....	35
4.1.2.3	Load rating de refuerzo mínimo vehículo 1 configuración 2. ....	37
4.1.2.4	Load rating a servicio vehículo 1 configuración 2. ....	37
4.1.3	Súper carga vehículo 2. ....	38
4.1.3.1	Load rating a flexión vehículo 2. ....	38
4.1.3.2	Load rating a corte vehículo 2. ....	38
4.1.3.3	Load rating de refuerzo mínimo vehículo 2. ....	39
4.1.3.4	Load rating a servicio vehículo 2. ....	39
4.2	Análisis vehículos cañeros. ....	41
4.2.1	Súper carga vehículo cañero 1. ....	41
4.2.1.1	Load rating a flexión vehículo cañero 1. ....	42
4.2.1.2	Load rating a corte vehículo cañero 1. ....	42
4.2.1.3	Load rating de refuerzo mínimo vehículo cañero 1. ....	42
4.2.1.4	Load rating a servicio vehículo cañero 1. ....	44
4.2.2	Súper carga vehículo cañero 2. ....	44
4.2.2.1	Load rating a flexión vehículo cañero 2. ....	45
4.2.2.2	Load rating a corte vehículo cañero 2. ....	45
4.2.2.3	Load rating de refuerzo mínimo vehículo cañero 2. ....	47
4.2.2.4	Load rating a servicio vehículo cañero 2. ....	47
4.3	Calculo de capacidad de carga vehículos 1 y 2. ....	48
4.3.1	Capacidad de carga del puente para vehículo 1 configuración 1. ....	48
4.3.2	Capacidad de carga del puente para vehículo 1 configuración 2. ....	48
4.3.3	Capacidad de carga del puente para vehículo 2. ....	48
4.4	Capacidad de carga del puente para vehículo cañero. ....	49
4.4.1	Capacidad de carga del puente para vehículo cañero 1. ....	49
4.4.2	Capacidad de carga del puente para vehículo cañero 2. ....	49
CAPITULO V. PROPUESTA DE SOLUCION. ....		51
5.1	Análisis final de datos obtenidos. ....	51
CAPITULO VI. CONCLUSIONES. ....		54
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES. ....		56
CAPITULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. ....		57
APENDICE. ....		58
Apéndice I. Load rating a refuerzo mínimo. ....		58

Apéndice II. Resumen de capacidad de carga.....	73
CAPITULO IX. ANEXOS.....	78
Anexo I.....	78
Anexo II.....	98

## Índice de gráficas

<i>GRÁFICA I.</i> Puentes Coyolate. ....	5
<i>GRÁFICA II.</i> Ubicacion del puente Coyolate con respecto a los ingenios azucareros. ....	6
<i>GRÁFICA III.</i> Ubicacion del puente Coyolate con respecto a rutas hacia puertos y aduanas. ....	6
<i>GRÁFICA IV.</i> Diagrama de flujo para load rating. ....	14
<i>GRÁFICA V.</i> Planta puente Coyolate. ....	19
<i>GRÁFICA VI.</i> Elevacion puente Coyolate. ....	20
<i>GRÁFICA VII.</i> Sección puente Coyolate. ....	20
<i>GRÁFICA VIII.</i> Geometria de viga T postensada tramos 1 y 3. ....	21
<i>GRÁFICA IX.</i> Distribucion de acero activo en viga tipica. ....	22
<i>GRÁFICA X.</i> Detalle de cajuela a ambos lados de la viga. ....	22
<i>GRÁFICA XI.</i> Detalle acero pasivo en vigas tramos 1 y 3. ....	23
<i>GRÁFICA XII.</i> Detalle de distribucion de refuerzo a corte de la viga. ....	23
<i>GRÁFICA XIII.</i> Detalle de zonas de transicion en extremos de vigas. ....	24
<i>GRÁFICA XIV.</i> Geometria de viga tipica en centro y cabeza. ....	24
<i>GRÁFICA XV.</i> Distribucion de acero activo en viga tipica. ....	25
<i>GRÁFICA XVI.</i> Detalle de cajuela a ambos lados de la viga. ....	25
<i>GRÁFICA XVII.</i> Detalle acero pasivo en vigas tramo 2. ....	26
<i>GRÁFICA XVIII.</i> Detalle de distribucion de refuerzo a corte de la viga. ....	26
<i>GRÁFICA XIX.</i> Asignacion de grupos de vigas de analisis. ....	26
<i>GRÁFICA XX.</i> Transito vehiculo 1 conf. 1. ....	32
<i>GRÁFICA XXI.</i> Load rating a flexión vehículo 1 conf. 1. ....	33
<i>GRÁFICA XXII.</i> Load rating a corte vehículo 1 conf. 1. ....	33
<i>GRÁFICA XXIII.</i> Load rating a servicio vehículo 1 conf. 1. ....	34
<i>GRÁFICA XXIV.</i> Transito vehiculo 1 conf. 2. ....	35
<i>GRÁFICA XXV.</i> Load rating a flexión vehículo 1 conf. 2. ....	36
<i>GRÁFICA XXVI.</i> Load rating a corte vehículo 1 conf. 2. ....	36
<i>GRÁFICA XXVII.</i> Load rating a servicio vehículo 1 conf. 2. ....	37

*GRÁFICA XXVIII.* Transito vehículo 2.....38

*GRÁFICA XXIX.* Load rating a flexión vehículo 2.....39

*GRÁFICA XXX.* Load rating a corte vehículo 2.....40

*GRÁFICA XXXI.* Load rating a servicio vehículo 2.....40

*GRÁFICA XXXII.* Transito vehículo cañero 1.....41

*GRÁFICA XXXIII.* Load rating a flexión vehículo cañero 1.....43

*GRÁFICA XXXIV.* Load rating a corte vehículo cañero 1.....43

*GRÁFICA XXXV.* Load rating a servicio vehículo cañero 1.....44

*GRÁFICA XXXVI.* Transito vehículo cañero 2.....45

*GRÁFICA XXXVII.* Load rating a flexión vehículo cañero 2.....46

*GRÁFICA XXXVIII.* Load rating a corte vehículo cañero 2.....46

*GRÁFICA XXXIX.* Load rating a servicio vehículo cañero 2.....47

## Índice de tablas

TABLA 1. Factores de carga para evaluación de load rating. ....	18
TABLA 2. Factores de carga viva $\gamma L$ trafico rutinario y especial de carga.....	18
TABLA 3. Factores de carga para evaluación de load rating de cargas de permiso. ....	19
TABLA 4. Resumen load rating camiones HS15-44, HL-93.....	29
TABLA 5. Resumen de load rating vehículos de permiso. ....	51
TABLA 6. Resumen de load rating vehículos cañeros. ....	53
TABLA 7. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo 1 conf. 1.....	58
TABLA 8. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo 1 conf. 1.....	59
TABLA 9. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo 1 conf. 1.....	60
TABLA 10. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo 1 conf. 2.....	61
TABLA 11. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo 1 conf. 2.....	62
TABLA 12. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo 1 conf. 2.....	63
TABLA 13. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo 2. ....	64
TABLA 14. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo 2. ....	65
TABLA 15. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo 2. ....	66
TABLA 16. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo cañero 1. ....	67
TABLA 17. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo cañero 1. ....	68
TABLA 18. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo cañero 1. ....	69
TABLA 19. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo cañero 2. ....	70
TABLA 20. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo cañero 2. ....	71
TABLA 21. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo cañero 2. ....	72
TABLA 22. Capacidad de carga vehículo 1 conf. 1.....	73
TABLA 23. Capacidad de carga vehículo 1 conf. 2.....	74
TABLA 24. Capacidad de carga vehículo 2.....	75
TABLA 25. Capacidad de carga vehículo cañero 1.....	76
TABLA 26. Capacidad de carga vehículo cañero 2.....	77

## Resumen de la tesis

El Puente Coyolate es una estructura de suma importancia para la región, ya que por esta carretera CA-2 pasan una gran cantidad de vehículos que provienen de sectores económicos importantes, como lo son los ingenios azucareros, portuarias y aduanas. A diario transitan sobre él vehículos comerciales rutinarios, así como vehículos con cargas que superan a las que inicialmente se tomaron para realizar el diseño, siendo estas catalogadas como súper cargas. Para el análisis de las súper cargas se estudiaron tres tipos de vehículos con distintas configuraciones de carga que las provocan entre ellos: vehículos cañeros y vehículos catalogados de permiso.

En dicho análisis de las súper cargas, también se tomaron en cuenta las disposiciones del manual de evaluación de puentes de AASHTO MBE, donde se evaluaron los niveles de diseño para cargas legales y para cargas de permiso para determinar el load rating de la superestructura de puente específicamente de las vigas post tensadas, con las que cuenta el puente. Se evaluó el load rating para solicitaciones como lo son: flexión, refuerzo de acero mínimo, corte y servicio, también se determinó la capacidad total de carga del puente para las distintas configuraciones de súper cargas. Se determinó que el paso de los vehículos de permiso según el valor del load rating para los vehículos 1 y 2 que estos si podían transitar sin representar para la estructura de puente ya que en ambos casos fue mayor a uno, no siendo así para los vehículos cañeros que si presentaron valores menores a uno, pero que aun así se recomienda que puedan pasar pero con menos carga ya que su carga es divisible debido a la configuración de este tipo de vehículos.

## Introducción

Los puentes de nuestra región en Guatemala en su mayoría son construidos con concreto presforzado, dicha estructura se diseñó presumiblemente con una carga viva transitoria provocada por un camión normado por AASHTO como HS15-44 debido a la falta de una normativa nacional a finales de la década de los 80 e inicios de los 90. La necesidad de la Industria (azucarera, construcción, farmacéuticas, otras) de transitar camiones cañeros con sobrecargas, transformadores, turbinas, generadores de energía eléctrica, equipos pesados de construcción entre otros por las vías públicas requiere el transitar por puentes que no fueron diseñados para ese tipo de cargas. Cargas que pesan más de (75 Ton estadounidenses) son a las que nos referimos como súper cargas en este estudio. A lo largo de la Carretera Centroamericana 02 que es una ruta principal por donde pasan la mayoría del tránsito hacia puertos y diferentes tipos de infraestructura como lo son hidroeléctricas, puertos, puentes y otras obras de ocupación civil. En dicha carretera se encuentra el Puente Coyolate que se ubica en la carretera CA-02 Km. 105+700 siendo el puente a evaluar para dicho fin se utilizará el Manual de Evaluación de Puentes MBE de AASHTO y el método de los elementos finitos como herramienta para el análisis de las cargas aplicadas.

El análisis de load rating implementado es una medida del desempeño de los puentes, y forma parte de un análisis que se realiza de forma posterior al diseño convencional de puentes. Las configuraciones elegidas para el análisis fueron para presentar opciones de tránsito para la preservación de dicho puente.

## **CAPITULO I. PLANTEAMIENTO SITUACIONAL**

### **1.1 Antecedentes**

Los puentes en Guatemala son estructuras de suma importancia ya que por ellos transita toda economía que se mueve a lo largo del país, así como a nivel regional interconectando diferentes puntos durante todas las carreteras a nivel nacional que conectan aduanas, puertos e industria nacional. Los puentes que conforman la red vial en Guatemala se ven comúnmente sometidos a sobrecargas provocadas por el tráfico pesado. La Dirección General de Caminos en Guatemala es el ente estatal que se encarga de regular el tráfico que pasa por los puentes y establece los tipos de vehículos que transitarán sobre los mismos, así como el peso de las cargas que estos puede llevar. Como se puede ver en el anexo 1 donde se encuentra dicha información, pero esto no se cumple a cabalidad debido a la falta de balanzas en las cercanías de dichos puentes.

### **1.2 Planteamiento del problema**

El Puente Coyolate es un puente construido durante el año 1992 dicho puente se localiza en el km 105+700 de la carretera Centroamericana CA-02, es un puente de tres tramos, dos tramos cortos de 13.50 m en sus extremos que está construido con vigas T de concreto post tensado y un tramo central de 50.20 m que está construido con vigas I presforzadas de concreto. Por este puente circulan todos los vehículos de tráfico liviano y pesado que provienen del lado de la costa sur del país que va desde la aduana Tecún Umán, pasando por los puertos y llegando hasta la frontera Pedro de Alvarado y viceversa, encontrándose además en el área de influencia de los 10 ingenios azucareros más importantes de Guatemala.

El Puente Coyolate ha sufrido daños en su superestructura debido a la falta de controles de pesos de los vehículos de tráfico pesado, tanto de los furgones que vienen de los distintos puertos, así como por los camiones cañeros, y el paso de vehículos

con cargas pesadas de equipo de construcción, maquinaria y equipos pesados de las distintas industrias que se encuentran en el paso de esta ruta.

Durante el año 2019 el Puente Coyolate tuvo que ser cerrado durante 17 días debido a que se llevaron a cabo reparaciones ya que el puente presentaba fallas tanto en su carpeta de rodadura como en sus vigas, barandales almohadillas elastoméricas.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Estudiar la capacidad de carga del Puente Coyolate, bajo distintas configuraciones de súper cargas.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Estimar mediante el método de los elementos finitos utilizando el programa comercial CSI Bridge la respuesta de las vigas de Puente Coyolate sometidas a distintas configuraciones de cargas.
- Analizar los modelos matemáticos que generan las súper cargas en el Puente Coyolate en todos sus tramos.
- Calcular la carga máxima que puede pasar por el puente bajo distintas configuraciones de carga

### **1.4 Justificación**

El desarrollo de este trabajo de tesina tendrá vital importancia en el establecimiento de comportamientos críticos en la estructura del Puente Coyolate sometido a súper cargas ya que es una estructura importante para el movimiento de la economía de un país a nivel nacional y regional.

Este trabajo investigativo coadyuvará para la conservación de dicha estructura para que sea funcional y pueda cumplir su ciclo de vida ya que además de ser importante para el desarrollo de las comunidades es una estructura de alto costo económico que deben ser conservadas de forma responsable por sus usuarios.

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### 2.1 Puente Coyolate

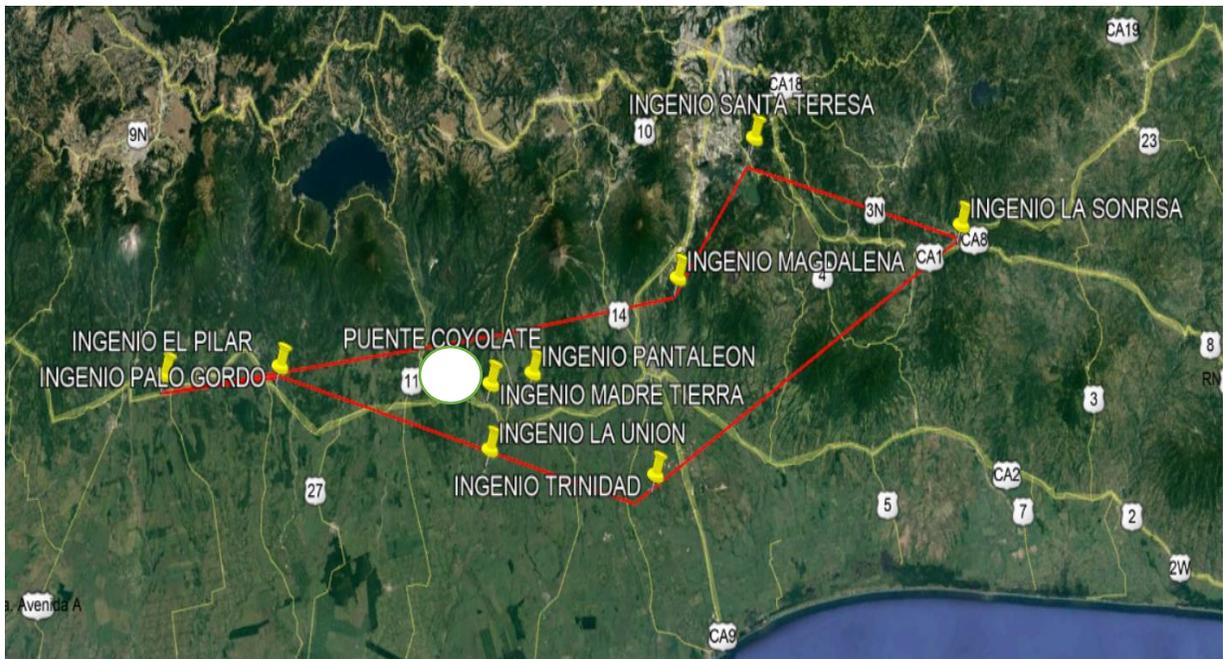
El Puente Coyolate se encuentra la zona de la costa sur en el departamento de Escuintla en la carretera CA-02 en el km 105+700, dicho puente está construido con tres tramos dos de 13.50m que se encuentran en los extremos contruidos de vigas T de concreto post-tensado y un tramo de 50.20m construido con vigas I de concreto post-tensado, dicho puente fue construido en el año 1992, el Puente Coyolate son dos puentes gemelos estando uno junto al otro, como se puede observar en la gráfica 1. Durante varios años el puente estuvo sin ningún mantenimiento por parte de la Dirección General de Caminos de Guatemala, por lo que ha sufrido daños en sus estructuras y fue necesario intervenirlo en el año 2019 para su reparación. Esto también obedeció al exceso de carga que transita sobre dicho puente, debido a que en dicha área se encuentran los 10 ingenios azucareros más importantes del país, tal como se observa en la gráfica II y también transita los furgones que vienen de los distintos puertos y fronteras que van únicamente de paso por el territorio nacional como se observa en la gráfica III.

*GRÁFICA I.* Puentes Coyolate.



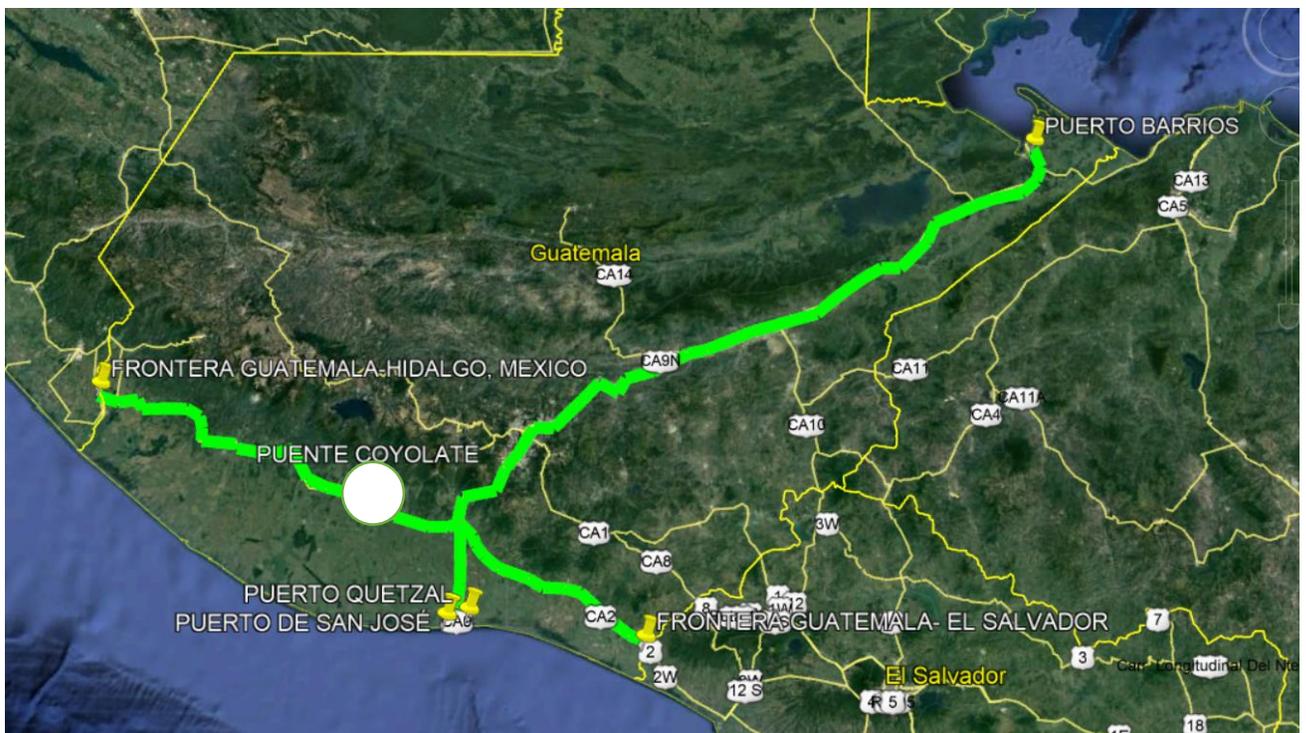
Fuente: Foto satelital tomada desde google earth pro.

GRÁFICA II. Ubicación del puente Coyolate con respecto a los ingenios azucareros.



Fuente: Elaboración propia mediante foto satelital tomada desde google earth pro.

GRÁFICA III. Ubicación del puente Coyolate con respecto a rutas hacia puertos y aduanas.



Fuente: Elaboración propia mediante foto satelital tomada desde google earth pro.

La legislación guatemalteca establece mediante el acuerdo gubernativo 379-2010 los tipos de vehículos y los pesos que pueden transitar por las carreteras del país y por ende sobre los puentes de la red vial dicho acuerdo se puede revisar en el anexo I, en el que se detallan las configuraciones de los vehículos a evaluar en el desarrollo de este proyecto de tesina también se encuentran en el anexo II, estando bajo el siguiente orden:

#### Vehículos de permiso:

- Vehículo 1 configuración 1: es un vehículo para cargas pesadas, solo que t transitara el puente a lo largo de su eje central a velocidad baja de menos de 6km/h.
- Vehículo 1 configuración 2: es el mismo vehículo de carga para transporte de cargas pesadas, transitara el puente en forma cruzada ocupando el ancho de forma parcial del puente antes de las barandas a velocidad baja de menos de 6km/h.
- Vehículo 2 única configuración: es un vehículo para cargas pesadas que transitara el puente a lo largo de su eje central a velocidad baja de menos de 6km/h.

#### Vehículos Cañeros (de transito legal)

- Vehículo cañero 1: es un vehículo que trasporta caña de azúcar consta con un cabezal, un semirremolque y 4 remolques que transitan la cantidad de vehículos que pasan en el puente a una velocidad de entre 50km/h a 90km/h tomado como límite de diseño debido a la velocidad de diseño de esta carretera.
- Vehículo cañero 2: es un vehículo que trasporta caña de azúcar consta con un cabezal, un semirremolque y 1 remolque que transitan dos unidades a lo largo del puente a una velocidad de 50km/h a 90km/h.

Estos vehículos se evaluarán mediante el documento de AASHTO MBE (manual of bridge evaluation) 2014.

## 2.2 Acuerdo gubernativo 379-2010

Este acuerdo gubernativo establece el reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones que son permitidos que circulen por las carreteras a nivel nacional y por lo tanto también en puentes.

Entre algunas de las definiciones más importantes que contiene establece las siguientes:

- Distancia entre ejes: Distancia entre los ejes del tren de rodadura, medida paralela al eje longitudinal de desplazamiento (medición realizada de centro a centro de los ejes).
- Eje simple: Es el eje que está compuesto por dos ruedas, una en cada extremo del eje.
- Eje simple con rueda doble: Es el que está compuesto de cuatro ruedas de igual medida de fabricación dos ruedas en cada extremo del eje, o una rueda de doble ancho en cada extremo del eje.
- Eje doble (tándem): Es el conjunto de dos ejes simples de ruedas dobles, con una separación de centros comprendida entre 1.00 y 2.45 metros.
- Eje doble (tándem) tipo A: Es aquel que dispone de un mecanismo que transfiere a uno de sus ejes no menos del 40% de los pesos que soporta el conjunto.
- Eje doble (tándem) tipo B: Es aquel que no dispone de un mecanismo de transferencia.
- Eje triple: Es el conjunto de tres ejes simples de rueda doble con una separación de sus centros comprendida entre 1.00 y 2.45 metros.
- Eje triple tipo A: Es aquel que dispone de un mecanismo que transfiere como mínimo el 28% del peso total del conjunto a cada uno de los ejes.
- Eje triple tipo B: Es aquel que no dispone de un mecanismo de transferencia.

- Eje cuádruple: Es el conjunto de cuatro ejes simples de rueda doble con una separación de sus centros comprendida entre 1.00 y 2.45 metros.
- Peso por eje: Concentración de peso, expresado en kilogramos fuerza, que un eje transmite a todas las llantas que conforman el mismo y éstos a la superficie de rodamiento.
- Remolque: Es el vehículo que soporta la totalidad de su peso sobre sus propios ejes y que está destinado a ser halado por un vehículo automotor.

También establece los tipos de las abreviaturas y definiciones de vehículos tipo:

- C-2: Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción).
- C-3: Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de doble o Tándem (eje de tracción).
- C-4: Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).
- T-2: Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje simple de rueda doble (eje de tracción).
- T-3: Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje doble o Tándem (eje de tracción).
- T-4: Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).
- S-1: Es un semi-remolque con un eje trasero simple de rueda doble.
- S-2: Es un semi-remolque con un eje trasero doble o Tándem.
- S-3: Es un semi-remolque con un eje trasero triple.
- S-4: Es un semi-remolque con un eje trasero cuádruple.
- R-2: Es un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero simple o de rueda doble.
- R-3: Es un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero doble Tándem.

- R-4: Es un remolque con dos ejes de rueda doble o Tándem en cada uno de sus extremos.

En el anexo I se encuentra los tipos y combinaciones vehiculares y sus pesos según lo establecido en este acuerdo gubernativo como se ve en la ecuación 1.

$$w = 1000\left(\frac{LN}{N-1} + 2.5N + 5.5\right) \quad (1)$$

En donde:

$w$ : Peso máximo permisible.

$L$ : Separación entre ejes más distantes en metros.

$N$ : Numero de ejes simples (para vehículos con más de 5 ejes se usará  $N=5$ )

### 2.2.1 Manual de evaluación de puentes AASTHO MBE

Consta con 8 secciones y un apéndice, en la sección 1 es sobre la introducción a este manual, la sección 2 es sobre los archivos sobre los puentes (registros), la sección 3 es sobre los sistemas de administración de puentes, la sección 4 sobre la inspección, la sección 5 sobre las pruebas en los materiales, la sección 6 es sobre el rango de cargas, la sección 7 sobre la evaluación de la fatiga en puentes de acero, la sección 8 sobre pruebas no destructivas de carga y el apéndice A en el que se ilustran ejemplos sobre el uso de este manual en puentes.

Para el desarrollo de este trabajo de tesina se utilizará en gran medida la sección 6 del manual MBE basándonos en las especificaciones AASHTO lrfd evaluando el load rating del Puente Coyolate dicho análisis se realizará basado en las condiciones estructurales existentes, propiedades de los materiales, cargas y condiciones de tráfico vehicular expuestas anteriormente en el lugar de emplazamiento del puente.

Para el cálculo de load rating existen dos métodos el método ASD (allowable stress design por sus siglas en inglés) y la metodología LRFR (load and resistance factor rating), para ambas metodologías la ecuación general será la ecuación 2:

$$RF = \frac{C - (A_1)(D)}{(A_2)(1+I)} \quad (2)$$

- RF*: Load rating.
- C*: Capacidad del elemento.
- A<sub>1</sub>*: Factor para cargas muertas.
- D*: Efectos de la carga muerta debida a los componentes y elementos.
- A<sub>2</sub>*: Factor para cargas vivas.
- L*: Efectos debidos a las cargas vivas.
- I*: Factor de impacto.

Para la utilización del método ASD los factores A1 y A2 tendrán ambos un valor de 1, los demás factores deberán obtenerse según cálculos apropiados. Para el método LRFR se utilizarán como se muestra a continuación en las ecuaciones 3 a la 6.

$$RF = \frac{C - (\gamma_{DC})(DC) - (\gamma_{DW})(DW) \pm (\gamma_P)(P)}{(\gamma_{LL})(LL+IM)} \quad (3)$$

Para los estados límite de resistencia

$$C = \varphi_C \varphi_S \varphi_n \quad (4)$$

Donde el límite inferior deberá aplica

$$\varphi_C \varphi_S \geq 0.85 \quad (5)$$

Para los límites de servicio

$$C = f_R \quad (6)$$

Donde:

- RF*: Load rating.

$f_R$ :	Esfuerzo permisible especificado en el código LRFD.
$R_N$ :	Resistencia nominal del elemento.
$DC$ :	Efectos de la carga muerta debida a los componentes y elementos adjuntos.
$DW$ :	Efectos de la carga muerta debido a los elementos superficiales
$P$ :	Cargas permanentes y otras cargas muertas.
$LL$ :	Efectos de la carga viva.
$IM$ :	Carga dinámica permisible.
$\gamma_{DC}$ :	Factor de carga para componentes estructurales y adjuntos LRFD.
$\gamma_{DW}$ :	Factor de carga superficies recubiertas y otras utilidades LRD.
$\gamma_P$ :	Factor de carga para cargas permanentes y otras cargas muertas=1.0.
$\varphi_C$ :	Factor de condición.
$\varphi_S$ :	Factor de sistema.
$\varphi_n$ :	Factor de resistencia.

Para la evaluación del load rating los procedimientos que son consistentes con la filosofía de diseño con el diseño por factores de carga y resistencia son tres:

- Diseño de load rating (evaluación de primer nivel)
- Load rating legal (evaluación de segundo nivel)
- Load rating de permiso (evaluación de tercer nivel)

El primer nivel de clasificación es la capacidad de carga de diseño, el segundo nivel de clasificación provee una sola capacidad segura de carga para una configuración dada de un camión de diseño aplicable a las cargas legales establecidas por las leyes de cada país dictadas por las oficinas oficiales de caminos de los estados y el tercero es la capacidad de carga permitida que evalúa las cargas que transitan por los puentes que exceden a las legalmente permitidas por los estados. Los factores de carga viva son seleccionados basándose en condiciones locales de tráfico; la resistencia es el primer estado límite para la clasificación de cargas; los límites de

servicio deben ser selectivamente aplicados. Los resultados del load rating para cargas legales deberá ser usada como base para una decisión sobre el reforzamiento de puentes debido a esas cargas.

Cada procedimiento es dirigido hacia un modelo de carga viva específico con factores de carga viva calibrados manteniendo así un nivel de confiabilidad aceptable en todas las evaluaciones.

La evaluación del load rating, según el documento MBE deberá realizarse únicamente a cargas vivas transitorias y cargas muertas en las vigas pues no es necesario evaluar a viento y sismo ya que según este documento no son cargas de importancia a la hora de evaluar el puente para load rating, ya que este cálculo deberá evaluarse en la superestructura del puente y no en la infraestructura (pilas y cimentación) ya que en la mayoría de puentes que se diseñan, dicho diseño se encuentra dominado por la superestructura ya que son las partes más frágiles en comparación a las pilas que no presentan demasiadas fallas debido al exceso de carga de viva que transita por el puente.

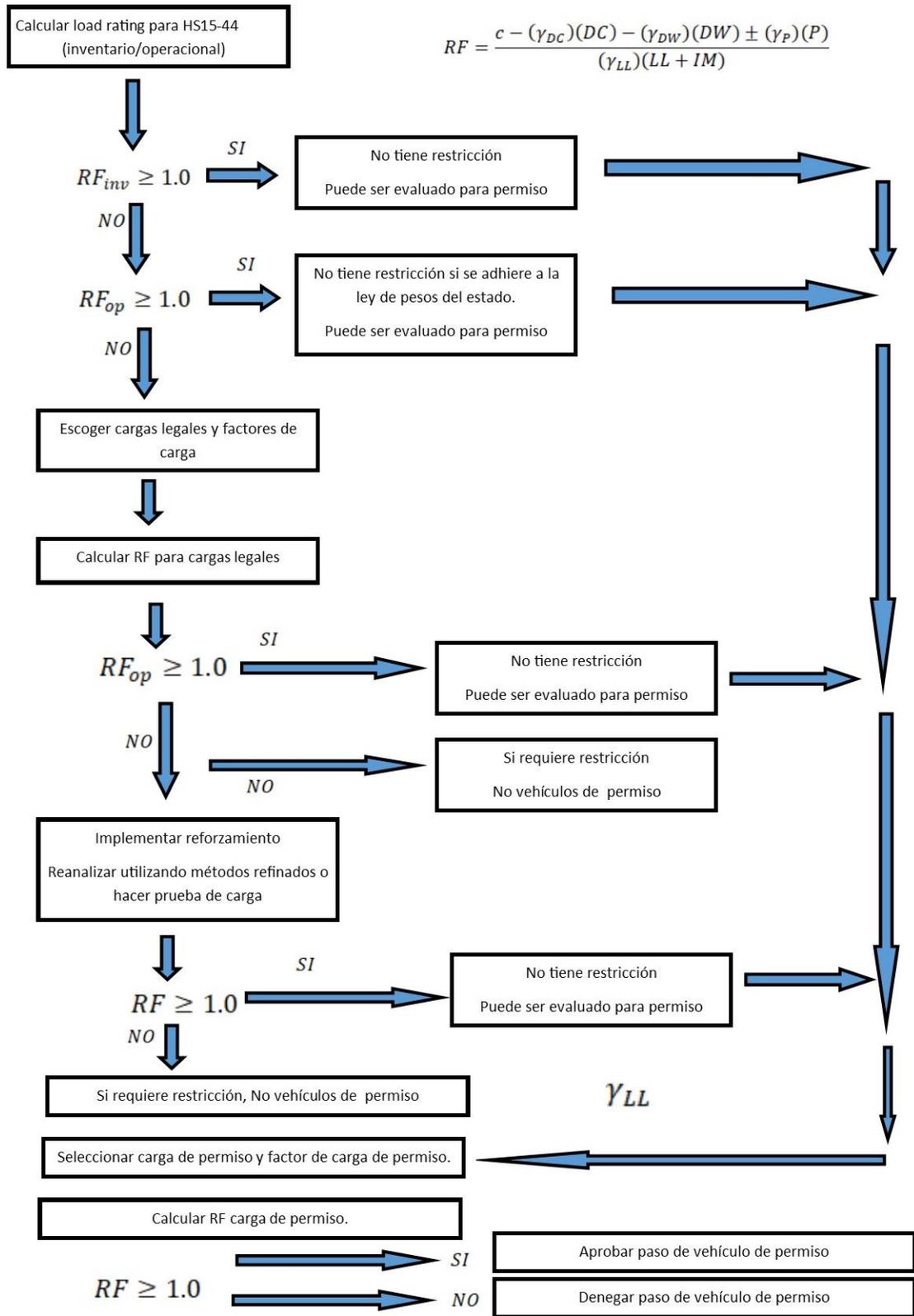
El procedimiento para la determinación del cálculo de load rating será según los pasos que se muestra en la gráfica IV, en el caso del Puente Coyolate se utilizará como vehículo de diseño para el chequeo un camión HS15-44 ya que en esa época era el camión que se utilizaba para diseñar los puentes de la época.

La capacidad total de carga del puente para cualquiera de las configuraciones analizadas serán evaluadas mediante la ecuación (7)  $CT=RF \cdot P$  donde P será la carga en el punto de estudio sobre la viga.

### **2.2.2 Load rating a Flexión**

Para realizar el cálculo del load rating a flexión en las vigas presforzadas del Puente Coyolate con el apoyo del programa CSI bridge utilizara la siguiente ecuación 8.

GRÁFICA IV. Diagrama de flujo para load rating.



Fuente: basado en AASHTO MBE 2014 apéndice A6A.

$$RF = \frac{\varphi M_n - \gamma_{DC} M_{DC} - \gamma_{DW} M_{DW} - \gamma_P M_P}{\gamma_L M_{LL+IM}} \quad (8)$$

Donde:

$RF$ : Load rating a flexion.

$M_n$ : Momento nominal resistente.

$\varphi$ : Factor de resistencia a flexión.

$\gamma_{DC} M_{DC}$ : Momento de demanda factorizado debido a la carga muerta de los componentes estructurales y los sistemas de unión. El factor  $\gamma_{DC}$  debe ser incluido en la combinación de la carga muerta

$\gamma_{DW} M_{DW}$ : Momento de demanda factorizado debido a la carga muerta de elementos de superficie y Efectos de la carga muerta debido a los elementos superficiales de cobertura.

$\gamma_P M_P$ : Momento de demanda factorizado debido a las cargas permanentes otras además de las cargas muertas. El factor  $\gamma_P$  debe ser incluido en la combinación especificada de la combinación P.

$\gamma_L M_{LL+IM}$ : Momento de demanda factorizado debido a la carga viva. El factor  $\gamma_L$  debe ser incluido en la combinación específica de LL+IM.

### 2.2.3 Load rating para refuerzo mínimo a flexión.

En esta solicitud de load rating se verifica los requerimientos mínimos del acero de refuerzo de acuerdo a AASHTO LRFD C1. 5.7.3.3.2. En donde el código establece que el momento de ruptura  $M_r$  debe satisfacer lo siguiente:

$$M_r > \min(1.2M_{cr}, 1.33M_u) \quad (9)$$

$$M_{cr} = S_c (f_r + f_{cpe}) - M_{dnc} \left( \frac{S_c}{S_{nc}} - 1 \right) \geq S_c f_r \quad (10)$$

$S_c$ : Módulo de sección para la fibra extrema de la viga compuesta en donde el esfuerzo de tensión es causado por las cargas externas aplicadas.

- $S_{nc}$ : Módulo de sección para la fibra extrema de la viga de la sección no compuesta donde el esfuerzo de tensión es causado por las cargas aplicadas externamente.
- $f_{cpe}$ : Esfuerzo de compresión en el concreto debido a la fuerza de presfuerzo efectiva en la fibra extrema de a viga en donde los esfuerzos de tensión por las fuerzas externas aplicadas.
- $f_r$ : Módulo de ruptura.
- $M_{dnc}$ : Momento de carga muerta sin factorizar que actúa sobre la viga no compuesta.
- $M_u$ : Momento requerido para las combinaciones especificadas en AASHTO.

#### 2.2.4 Load rating a corte.

Para realizar el cálculo del load rating a flexión en las vigas presforzadas del Puente Coyolate con el apoyo del programa CSI bridge utilizara la siguiente ecuación 11.

$$RF = \frac{\phi V_n - \gamma_{DC} V_{DC} - \gamma_{DW} V_{DW} - \gamma_P V_P}{\gamma_L V_{LL+IM}} \quad (11)$$

Donde:

- $RF$ : Load rating a cortante.
- $V_n$ : Resistencia nominal al corte.
- $\phi$ : Factor de resistencia a corte.
- $\gamma_{DC} V_{DC}$ : Resistencia a corte de demanda factorizado debido a la carga muerta de los componentes estructurales y los sistemas de unión. El factor  $\gamma_{DC}$  debe ser incluido en la combinación de la carga muerta

- $\gamma_{DW}V_{DW}$ : Resistencia a corte de demanda factorizado debido a la carga muerta de elementos de superficie y Efectos de la carga muerta debido a los elementos superficiales de cobertura.
- $\gamma_P V_p$ : Resistencia a corte de demanda factorizado debido a las cargas permanentes otras además de las cargas muertas. El factor  $\gamma_P$  debe ser incluido en la combinación especificada de la combinación P.
- $\gamma_L V_{LL+IM}$ : Resistencia a corte de demanda factorizado debido a la carga viva. El factor  $\gamma_L$  debe ser incluido en la combinación específica de LL+IM.

### 2.3 Factores de carga para análisis de load rating.

Para la aplicación del load rating en el Puente Coyolate se hará el uso de la aplicación de factores de carga para cada una de los load rating anteriormente expuestos, al mismo tiempo estas se calcularán para cada uno de los pasos para evaluar el load rating como lo son diseño de capacidad de carga, el load rating para cargas legales o estatales y load rating de permiso para cargas que superan a los vehículos legalmente establecidos con pesos limitados por la entidad estatal reguladora en el caso de Guatemala es la dirección general de caminos que forma parte del ministerio de comunicaciones infraestructura y vivienda. Los factores que se utilizaran para evaluar el load rating anteriormente expuestos se presentan en la tabla 1, así mismo en dicha tabla se hacer referencia a las tablas 2 y 3 que se encuentran a continuación.

### 2.4 Análisis de vigas por el método de elementos finitos con CSI Bridge

Para el análisis de las vigas por el método de los elementos finitos se utilizará el programa comercial CSI Bridge, dicho programa hace una simplificación del método de los elementos finitos utilizando nodos de análisis implementando así elementos línea para realizar un análisis del método directo de rigideces cargando cada nodo en forma de elementos continuos para que estos se traduzcan en desplazamientos y

campos de esfuerzos que indican el desempeño estructural. Cada nodo implementado por el programa es dividido en seis grados de libertad que pueden estar rígidamente conectados o libres en su defecto. El motor de análisis implementado en el programa CSI bridge es denominado SAPFire.

TABLA 1. Factores de carga para evaluación de load rating.

Estado límite	Carga Muerta	Carga Muerta	Carga de diseño		Carga legal	Carga permitida
			Inventario	Operativo		
	$\gamma_{DC}$	$\gamma_{DW}$	$\gamma_{LL}$	$\gamma_{LL}$	$\gamma_{LL}$	$\gamma_{LL}$
<b>Fuerza I</b>	1.25	1.50	1.75	1.35	Tabla 2	n/a
<b>Fuerza II</b>	1.25	1.50	n/a	n/a	n/a	Tabla 3
<b>Servicio III</b>	1.00	1.00	0.80	n/a	1.00	n/a
<b>Servicio I</b>	1.00	1.00	n/a	n/a	n/a	1.00

Fuente: basado en AASHTO MBE 2014 tabla 6A.4.2.2-1

TABLA 2. Factores de carga viva  $\gamma_L$  trafico rutinario y especial de carga.

TPDA	Trafico Comercial rutinario	Trafico para vehiculos especiales de carga
	Factor de carga para tipo 3, tipo 3s2, tipo 3-3 y lineas de carga	Factor de carga para NRL, SU4, SU5, SU6, SU7
<b>Desconocido</b>	1.45	1.45
<b>TPDA <math>\geq</math> 5000</b>	1.45	1.45
<b>TPDA=1000</b>	1.30	1.30
<b>TPDA <math>\leq</math> 100</b>	1.30	1.30

Fuente: basado en AASHTO MBE 2014 tablas 6A.4.2.2.3a-1 y 6A.4.2.2.3b-1.

Para la implementación de este método en las vigas del Puente Coyolate se analizará todo el puente para tener una visión global del comportamiento de dicho puente a diferentes configuraciones de súper cargas.

TABLA 3. Factores de carga para evaluación de load rating de cargas de permiso.

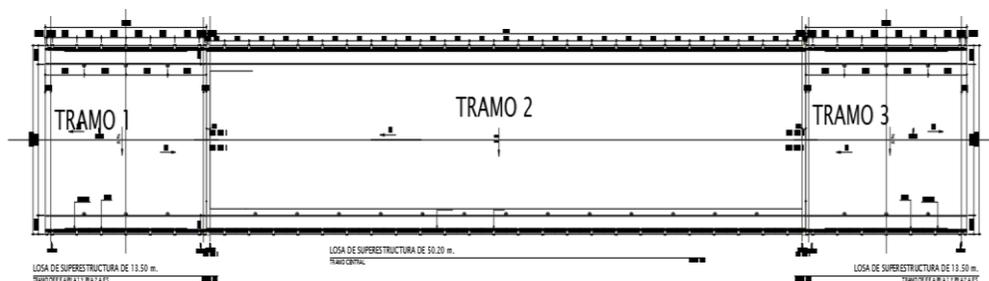
Tipo de permitido	Frecuencia	Condición de carga	DF	TPDA (una dirección)	Factor de carga por peso permitido	
					Mas de 45Ton	Mayor a 68Ton
Rutinaria o anual	Cruzadas ilimitadas	Trafico mixto(otros vehiculos pueden estar simultaneamente en el puente	Dos o mas lineas	>5000	1.4	1.3
				=100	1.35	1.2
				<100	1.3	1.15
					Todos los pesos	
Especial o cruzada limitada	Un viaje	Escortado con ningun otro vehiculo en el puente	Una linea	n/a	1.1	
	Un viaje	Mixto con otros vehiculos	Una linea	TODO TPDA	1.2	
	Multiples viajes menos de 100	Mixto con otros vehiculos	Una linea	TODO TPDA	1.4	

Fuente: basado en AASHTO MBE 2014 tabla 6A.4.5.4.2a-1.

## 2.5 Configuración estructural Puente Coyolate.

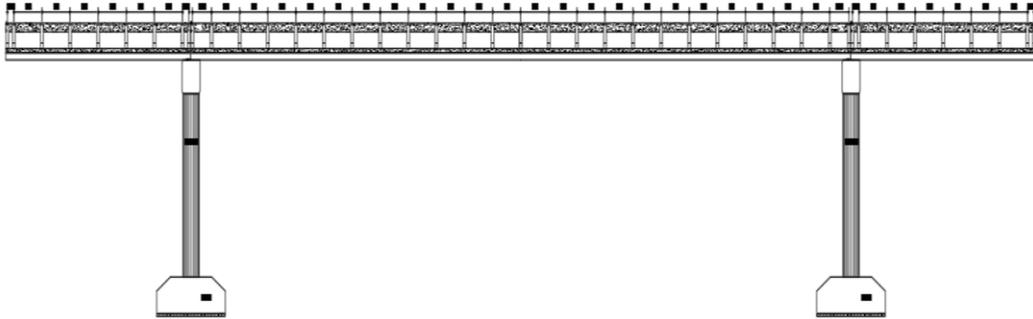
El Puente Coyolate consta con tres tramos, dos tramos en los extremos de vigas T de concreto post-tensado con una longitud de 13.50m y un tramo central de 50.20m de longitud de vigas I de concreto post-tensado como se puede observar en la gráfica V, con una sección de 8m de carpeta de rodadura y un ancho total de 10 m incluyendo las barandas como se ve en la gráfica VII. Cuenta con barandas de concreto armado un ancho de banqueteta de 1m a cada lado del puente. También cuenta con 4 pilas. Y como se había aclarado en un capítulo anterior el puente son realmente 2 puentes iguales emplazados uno a la par del otro por lo que solo se realizara únicamente un análisis porque fueron construidos de forma idéntica, ambos puentes también son transitados por el mismo tipo de vehículos a diario.

GRÁFICA V. Planta puente Coyolate



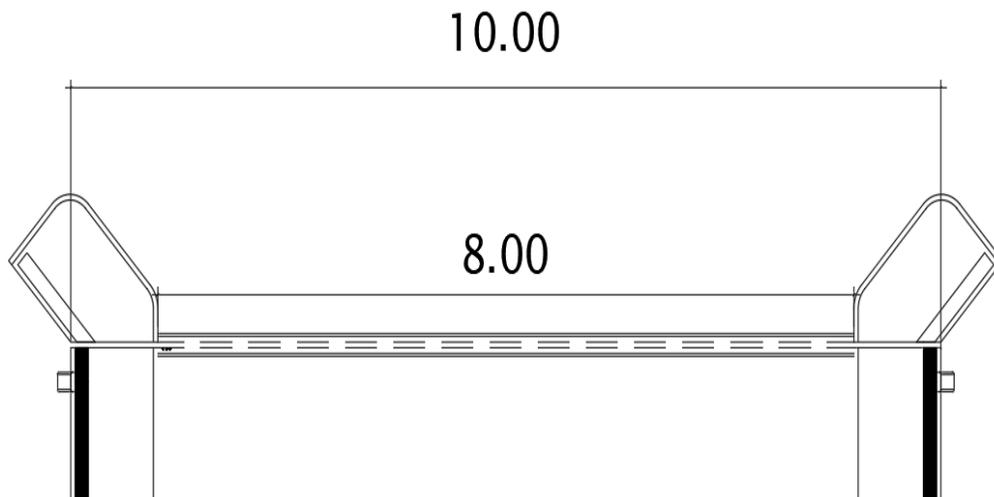
Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

*GRÁFICA VI.* Elevación puente Coyolate.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

*GRÁFICA VII.* Sección puente Coyolate



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

### CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO.

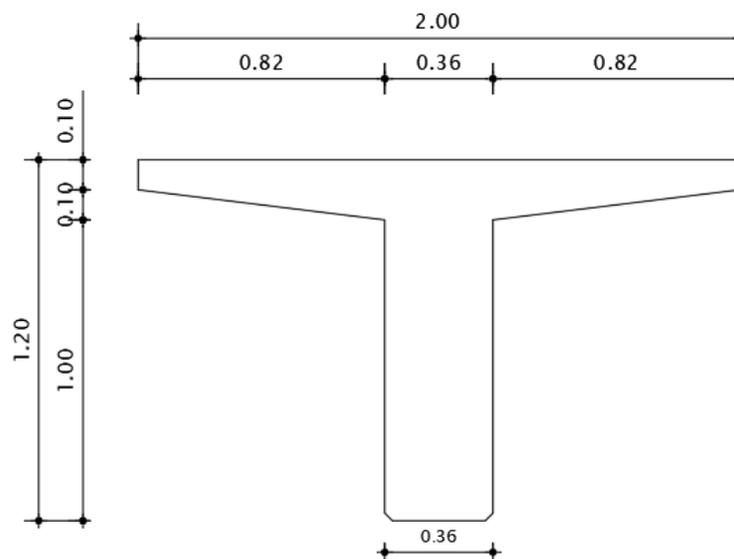
#### 3.1 Modelo matemático Puente Coyolate en CSI Bridge.

Para la realización del modelo matemático y el posterior análisis del load rating en el programa CSI Bridge se tomaron en cuenta la configuración estructural y los detalles estructurales que se encuentran en los planos constructivos de dicho puente, dichos detalles a modelar mediante dicho programa se muestran a continuación.

#### 3.2.1 Calidades de materiales, secciones y armados de vigas tramos 1 y 3.

Los tramos 1 y 3 cuentan con tres vigas paralelas de concreto presforzado con tramos que tienen una longitud de 13.50m con vigas post-tensadas con forma de viga T con un concreto de una resistencia de 5000psi a los 28 días de fraguado, acero activo en forma de torones con una resistencia de 270ksi y acero pasivo grado 60ksi.

GRÁFICA VIII. Geometría de viga T postensada tramos 1 y 3.



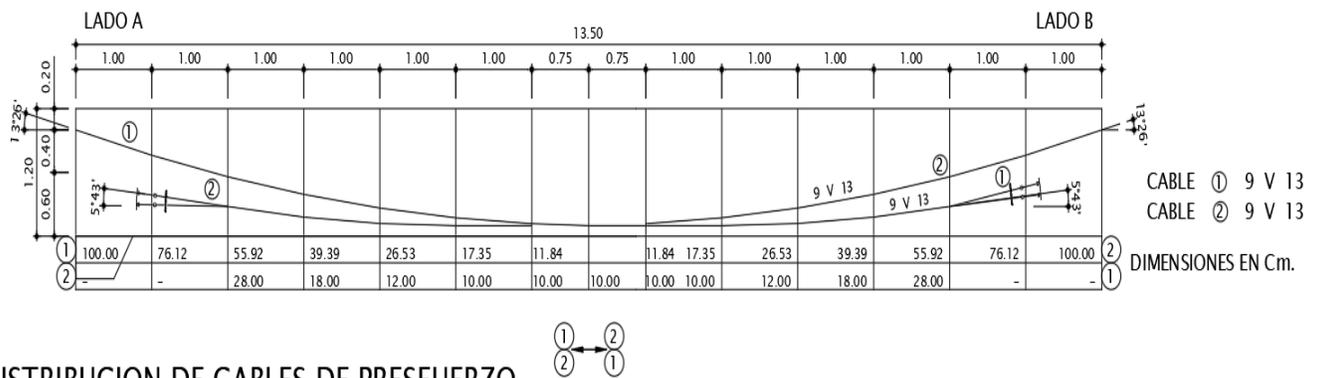
#### GEOMETRIA DE VIGA

ESCALA: 1:20

Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

En la gráfica IX se encuentra la distribución de cables que tiene la viga T post-tensada esta cuenta con dos cables de 9 torones con un diámetro de 1/2 de pulgada dispuestos de forma parabólica, en las subsiguientes graficas se encuentran también los detalles de las cajuelas en la gráfica X, el detalle del acero pasivo en la viga en la gráfica XI y la disposición del refuerzo a cortante a lo largo de la viga en la gráfica XI.

**GRÁFICA IX.** Distribucion de acero activo en viga típica.



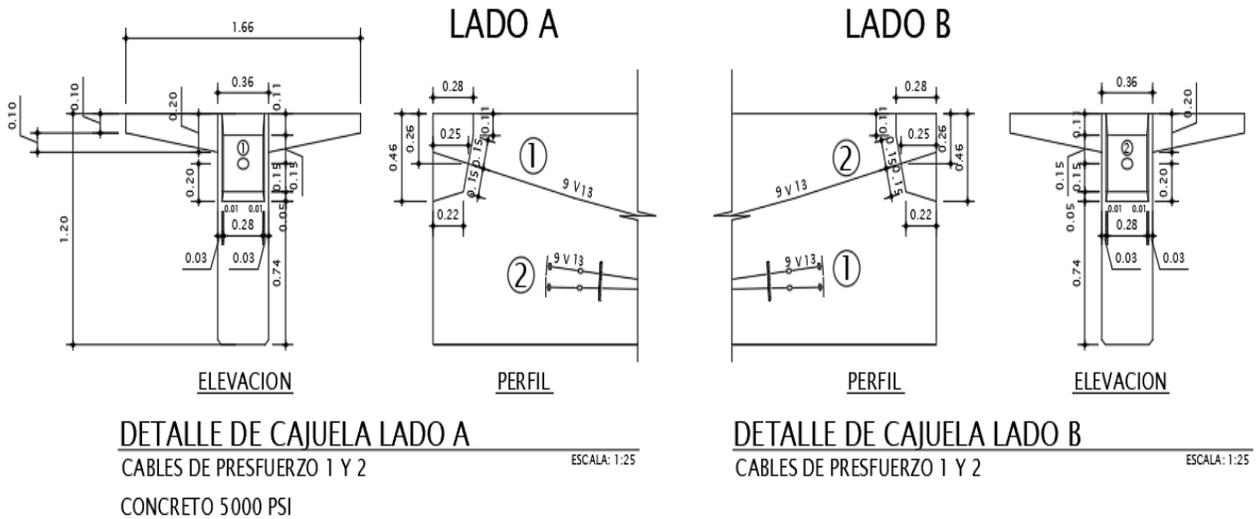
**DISTRIBUCION DE CABLES DE PRESFUERZO**

MEDIDAS DE ALTURA DE CABLES EN CM.

ESCALA: 1:50

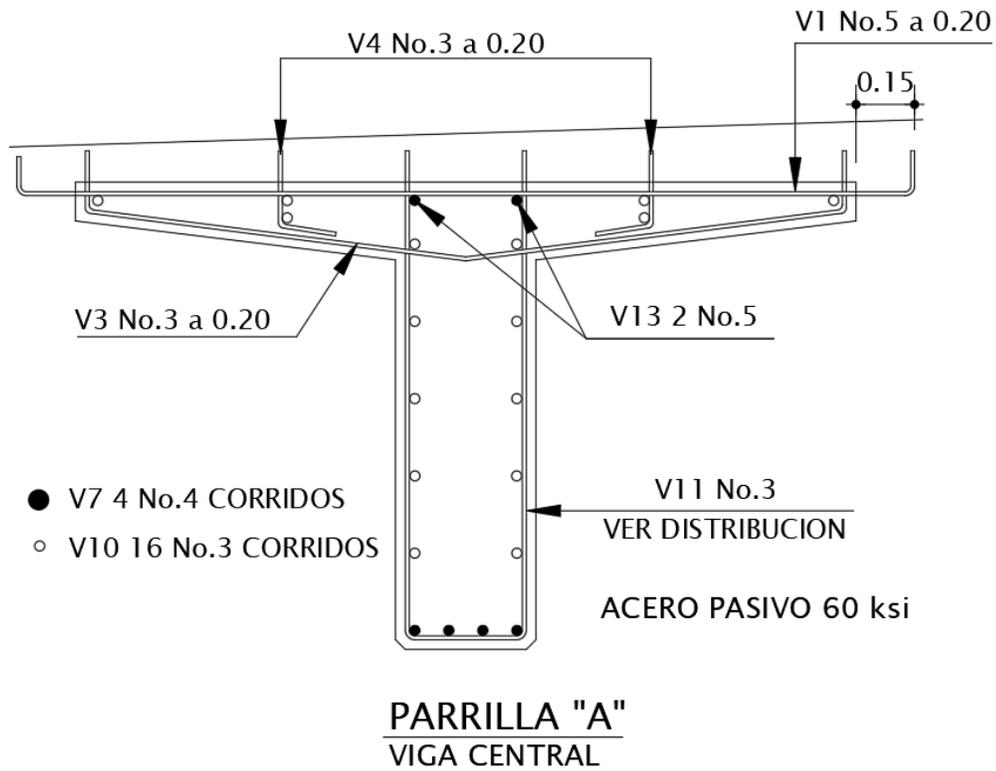
Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

**GRÁFICA X.** Detalle de cajuela a ambos lados de la viga.



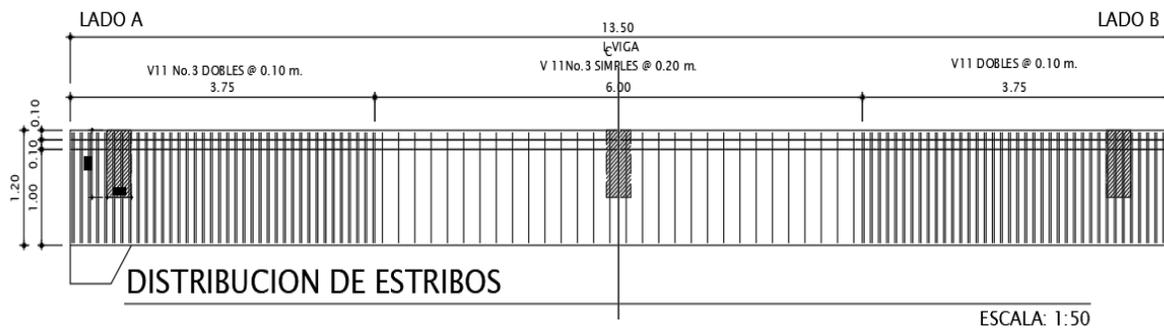
Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

GRÁFICA XI. Detalle acero pasivo en vigas tramos 1 y 3.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

GRÁFICA XII. Detalle de distribución de refuerzo a corte de la viga.



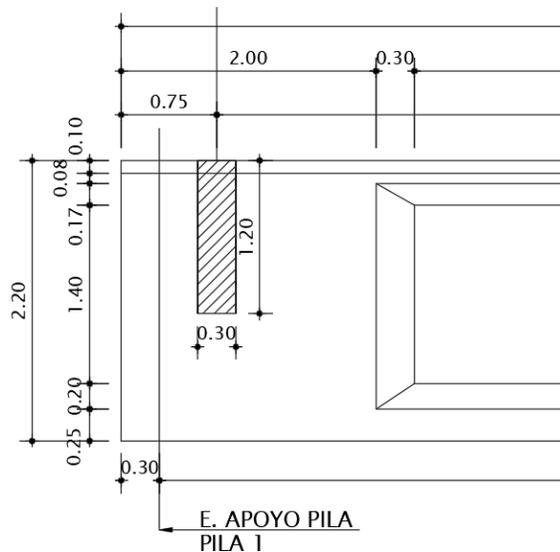
Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

### 3.2.2 Calidades de materiales, secciones y armados de vigas tramo 2.

En el tramo 2 del Puente Coyolate es un tramo que cuenta con tres vigas I paralelas de concreto post-tensado con un tramo de 50.20m dichas vigas I cuentan con cabezas de vigas en ambos extremos estas se extienden dos metros a partir del

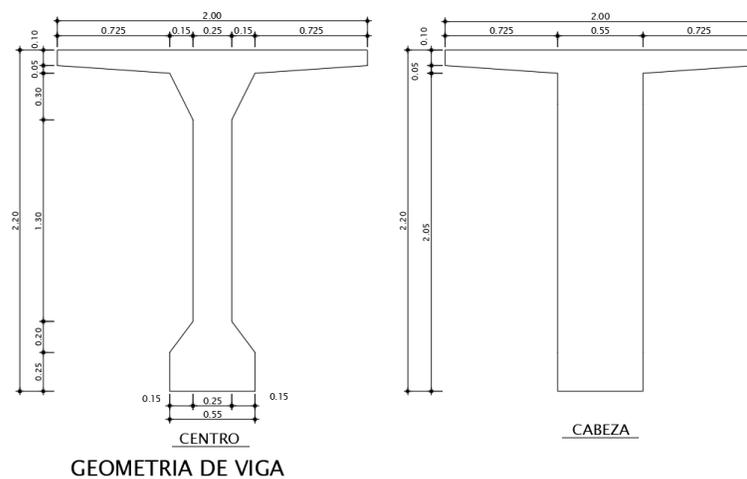
nodo entre cada tramo a cada lado, para dar paso a una zona de transición a la viga I de 0.3m como se observa en la gráfica XIII. El concreto utilizado según planos para la fundición de las vigas es de una resistencia de 5000psi con acero activo en forma de cables con una resistencia de 270ksi y un acero pasivo con una resistencia de 60ksi.

**GRÁFICA XIII.** Detalle de zonas de transición en extremos de vigas.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

**GRÁFICA XIV.** Geometría de viga típica en centro y cabeza.

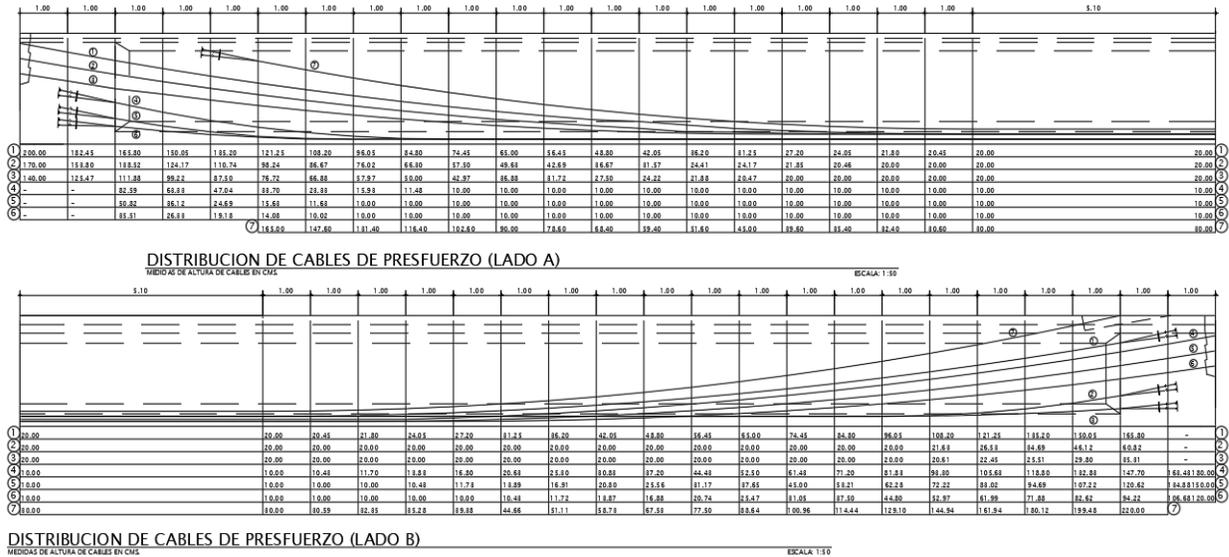


Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

En la gráfica XV se encuentra la distribución de cables que tiene la viga I post-tensada esta cuenta con siete cables de 12 torones con un diámetro de 1/2 de pulgada

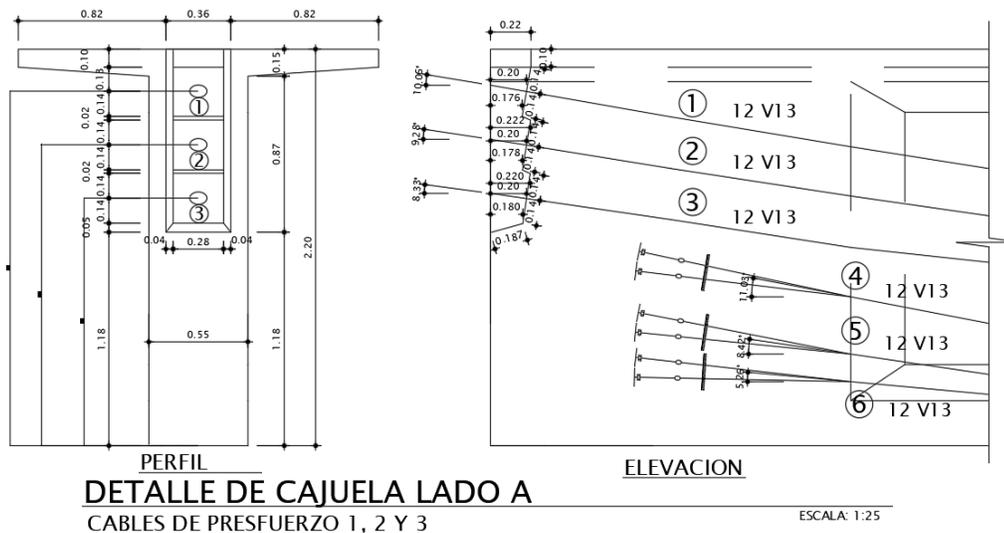
dispuestos de forma parabólica, en las subsiguientes graficas se encuentran también los detalles de las cajuelas en la gráfica XVI, el detalle del acero pasivo en la viga en la gráfica XVII y la disposición del refuerzo a cortante a lo largo de la viga en la gráfica XVIII.

**GRÁFICA XV.** Distribucion de acero activo en viga típica.



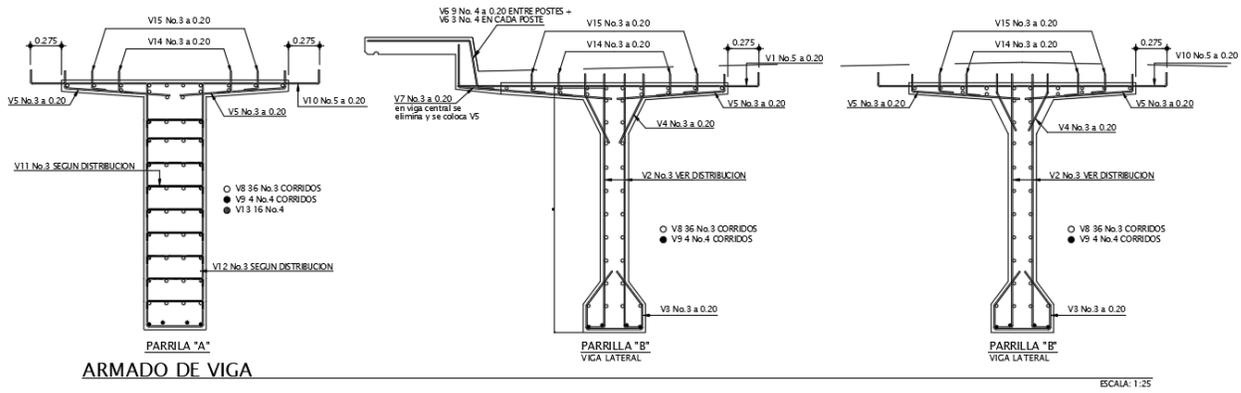
Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

**GRÁFICA XVI.** Detalle de cajuela a ambos lados de la viga.



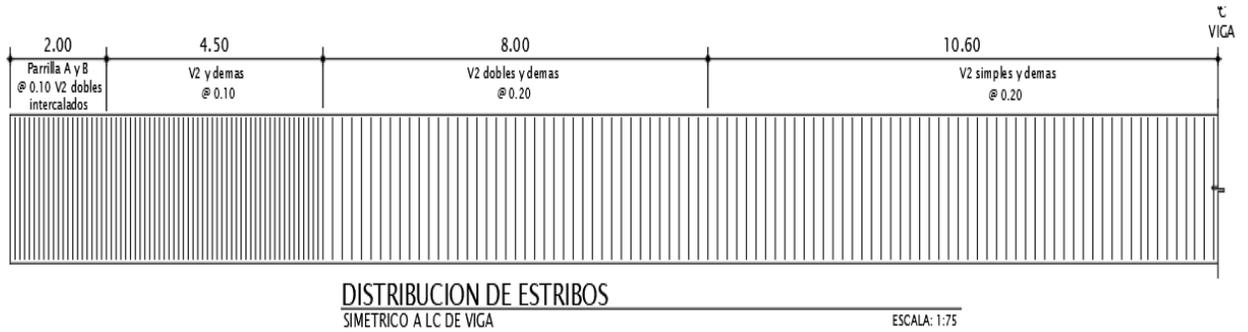
Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

**GRÁFICA XVII.** Detalle acero pasivo en vigas tramo 2.



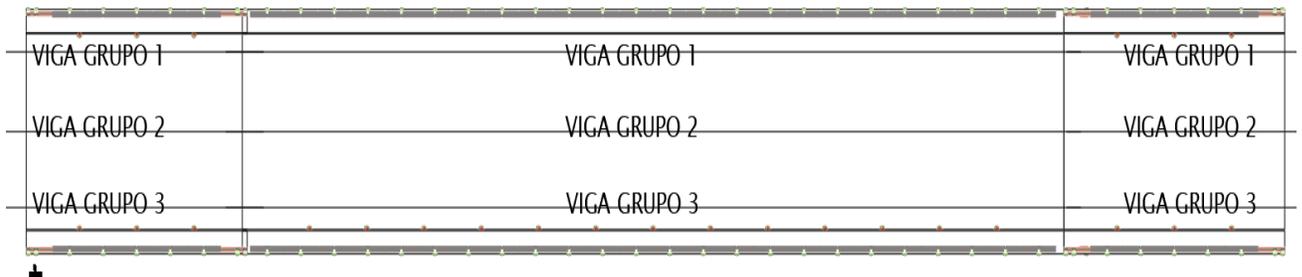
Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

**GRÁFICA XVIII.** Detalle de distribución de refuerzo a corte de la viga.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

**GRÁFICA XIX.** Asignacion de grupos de vigas de analisis.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

### 3.2.3 Suposiciones de análisis.

Para el análisis de súper cargas el manual de evaluación de puentes establece tres niveles de diseño para que el puente sea elegible para ser analizado a load rating, primero debe ser analizado a load rating de inventario, si el valor de load rating está por debajo de 1 entonces deberá analizarse a load rating operativo, si este criterio tampoco llegase a cumplirse entonces deberá analizarse el load rating de cargas legales y dejando como límite este nivel de diseño que de no llegarse a cumplirse no podrán aprobarse el tránsito de los vehículos de permiso. En el caso del Puente Coyolate este análisis de load rating se realizó con un camión de diseño HS15-44 que era el camión de diseño utilizado por los ingenieros diseñadores en la época a falta de un código de puentes en el país, por lo que se analizaron las cargas generadas por el programa tomándose las siguientes suposiciones. Al mismo tiempo se realizó el análisis para el camión de diseño H1-93 para tener una comparativa con los datos que se generarían con las cargas con las que actualmente se diseña en el país.

- **Apoyos:** se utilizaron condiciones de apoyo en un lado restringidos de forma traslacional hacia las direcciones Z y X y libre en sentido Y y libres en sentido rotacional todos los ejes. En el otro extremo estarán el eje Z restringido traslacional, los ejes X y Y libres en ese mismo sentido, así como totalmente libres rotacionalmente en todos los ejes coordenados.
- **Fuerza de pretensado:** para la determinación de la fuerza inicial de pretensado se asumió para cada tramo un esfuerzo al 60% de la capacidad última del pretensado que en secciones anteriores se definió como grado 270 obteniendo una fuerza para el tramo 1 y 3 de 203 toneladas, para el tramo 2 una fuerza de 946 toneladas.
- **Suposiciones de diseño para concreto armado:** para los requisitos de funcionamiento del concreto se obtuvieron mediante el programa los esfuerzos máximos a tensión. Para los tramos 1 y 3 el esfuerzo máximo es de 418Ton/m<sup>2</sup>, quedando entre los rangos para un concreto 5000psi como una sección T que es una sección en transición entre una sección no fisurada y fisurada por lo que para los esfuerzos debidos a las cargas

de servicio en tensión se utilizara el límite superior de  $0.78\sqrt{f'_c}$  y para compresion de  $0.6f'_c$ ; para el tramo 2 se obtuvo un esfuerzo de tensión máximo de 2345Ton, por lo que clasifica como una sección C ya que debido a los esfuerzos de tensión a las cargas de servicio se utilizara el límite superior de  $1\sqrt{f'_c}$  y para compresion de  $0.6f'_c$ ; aunque no posea requisito según la tabla R24.5.2.1 del ACI-318-14.

- **Malla de elementos finitos:** para la losa del puente se utilizó una malla de elementos finitos cuadrado de 1.2m x 1.2m. Para el caso de las vigas de los tramos 1 y 3 se discretizaron en trozos de 2.25m de longitud y en el tramo 2 se discretizaron en trozos de 2.7m. Obteniendo los resultados que se observan en las gráficas XX y XXI para carga ultima.
- **Carga de barandas:** se tomaron en cuenta las secciones y los pesos específicos de los materiales de las mismas siendo estas de concreto armado con un peso específico de 2400kg/m<sup>3</sup>, por lo que serán tomadas como cargas lineales distribuidas a lo largo de todo el puente colocadas en los bordes longitudinales del puente con un valor de 105kg/m estando dicha carga entre la denominación de carga muerta DC.
- **Carga de asfalto:** para esta carga se tomó en cuenta un espesor de asfalto de 5 cm de altura con un peso específico del asfalto de 2250kg/m<sup>3</sup> por lo que la carga muerta por unidad de área tendrá un valor de 112.5kg/m<sup>2</sup>, dicha carga esta entre la denominación de cargas muertas de superficie DW.
- **Factores de carga para load rating:** para el análisis de load rating se utilizaron en el modelo los factores que se muestran a continuación:

$\gamma_{DC} = 1.25$	(tabla 1 cargas muertas componentes estructurales DC)
$\gamma_{DW} = 1.50$	(tabla 1 cargas muertas de elementos de superficie DW)
$\gamma_P = 1.00$	(factor de cargas permanentes AASHTO MBE 6A.4.2.1)
$\gamma_L = 1.35, 1.75$	(factor para cargas operacionales e inventario)
$IM = 0.33$	(AASHTO MBE 6A.4.5.5 velocidad de recorrido 90km/h)

TABLA 4. Resumen load rating camiones HS15-44, HL-93.

<b>RESUMEN DE LOAD RATING</b>			
	<b>Configuración</b>	<b>Solicitud</b>	<b>Load Rating</b>
	<b>Tipo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
<b>VEHÍCULO HL-93, HS 15-44</b>	HS15 44	Servicio	1.23
	HL-93	Servicio	0.931

Fuente: elaboración propia con CSI bridge.

Obteniendo los resultados que se muestran la tabla 4. Donde se puede apreciar que la evaluación de load rating a servicio controla el diseño



## CAPITULO IV. ANALISIS DE SÚPER CARGAS.

Para el análisis de los vehículos se dividirán en dos partes:

- Análisis vehículos 1 y 2: en esta parte del análisis se hará una comparación de los resultados obtenidos de load rating entre estos dos tipos de vehículos (anexo II), trasladando ambos vehículos de permiso una carga a lo largo del puente de 86 Ton debida al peso de un generador eléctrico.
- Análisis vehículo 3: se realizará el análisis de un vehículo cañero como se observa en el anexo II bajo 4 configuraciones.

### 4.1 Análisis vehículos 1 y 2(vehículos de permiso).

El análisis para el vehículo 1 se realizará haciendo pasar este vehículo en dos configuraciones distintas ya que la estructura de los remolques permite realizarlo de esta manera para que según el valor de load rating nos permita determinar cuál es la configuración que nos permite distribuir mejor las cargas a lo largo del puente por lo que según la tabla 1 y 3 se utilizaron valores para los factores de carga de para todos los vehículos (1,2) de permiso:

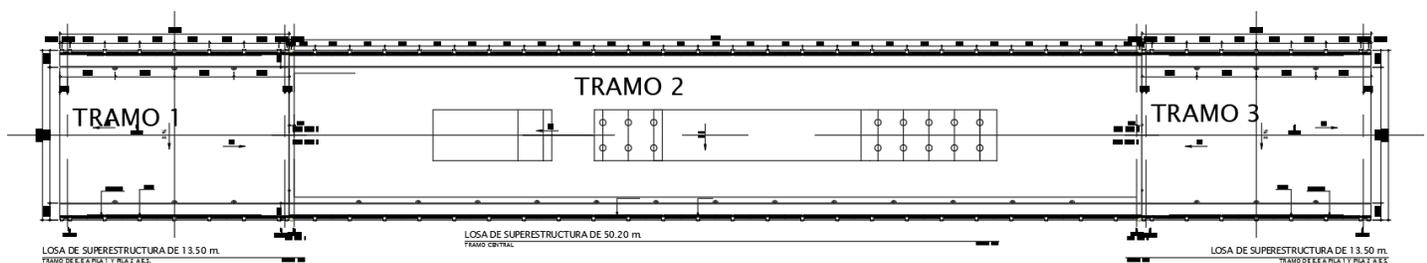
$\gamma_{DC} = 1.25$	(tabla 1 cargas muertas componentes estructurales DC)
$\gamma_{DW} = 1.50$	(tabla 1 cargas muertas de elementos de superficie DW)
$\gamma_P = 1.00$	(factor de cargas permanentes AASHTO MBE 6A.4.2.1)
$\gamma_L = 1.10$	(tabla 3 carga de vehículo de permiso)
$IM = 0$	(AASHTO MBE 6A.4.5.5 velocidad de recorrido menor a 6km/h)

Para el factor de carga IM según el apartado 6A.4.5.5 del documento MBE indica que para vehículos de permiso cuando se desplace a menos de 6km/h el factor deberá eliminarse por lo que tendrá un valor igual a 0. Realizándose el cálculo del load rating para todas las vigas del Puente Coyolate obteniendo los siguientes resultados:

#### 4.1.1 Súper carga vehículo 1 configuración 1.

El análisis de súper carga para el vehículo 1 configuración 1 (anexo II) se realizó cargando el puente únicamente con este vehículo de permiso transitándolo en el eje central del puente sin otro vehículo común que acompañase su trayectoria al mismo tiempo a lo largo del puente como se observa en la gráfica XX, obteniendo los resultados que se presentan a continuación

GRÁFICA XX. Transito vehiculo 1 conf. 1.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

##### 4.1.1.1 Load rating a flexión vehículo 1 configuración 1.

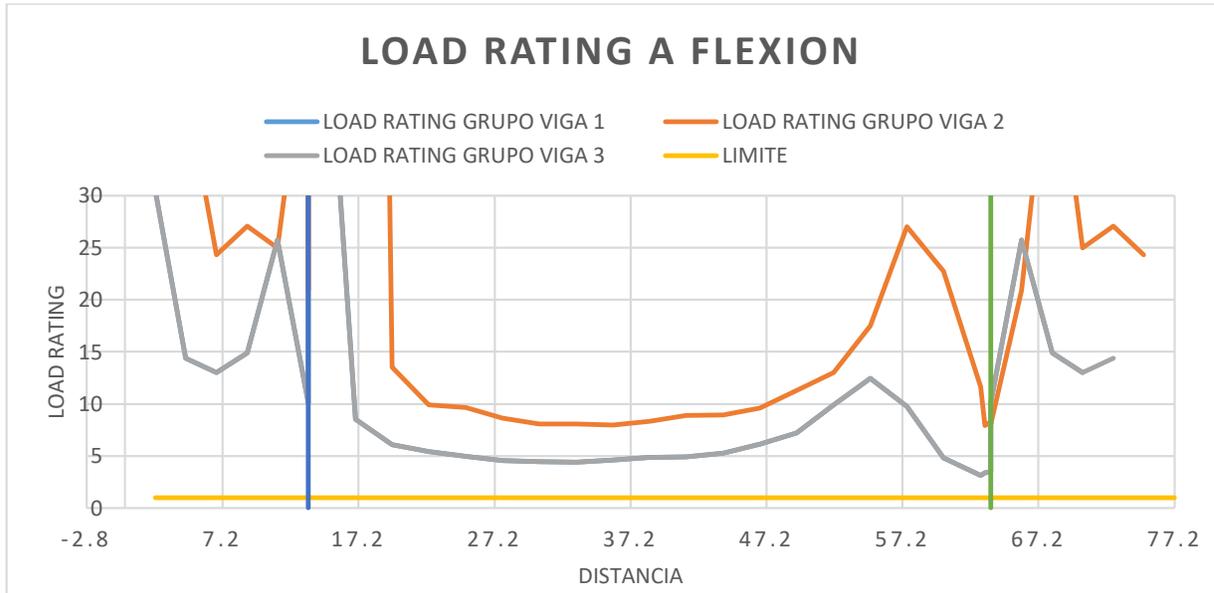
En el análisis del vehículo 1 (ANEXO II), se obtuvieron los resultados que se observan en la gráfica XXI, donde se puede observar que en ningún lugar de la curva hay valores por debajo de 1 lo que sugiere que el puente soporta sin ningún problema la exposición de la súper carga que genera este vehículo. También se muestra entre los grupos de vigas 1 y 3 que se presentan en ambos extremos un comportamiento igual esto se debe a que la forma en que transita el vehículo es de en la parte central del puente provocando una simetría, así como también sucede un comportamiento espejo entre los tramos 1 y 3 debido a que son idénticos en su construcción.

##### 4.1.1.2 Load rating a corte vehículo 1 configuración 1.

El load rating correspondiente a corte se observa en la gráfica XXII en donde se puede apreciar que todos los tramos de las vigas el load rating a corte está por encima

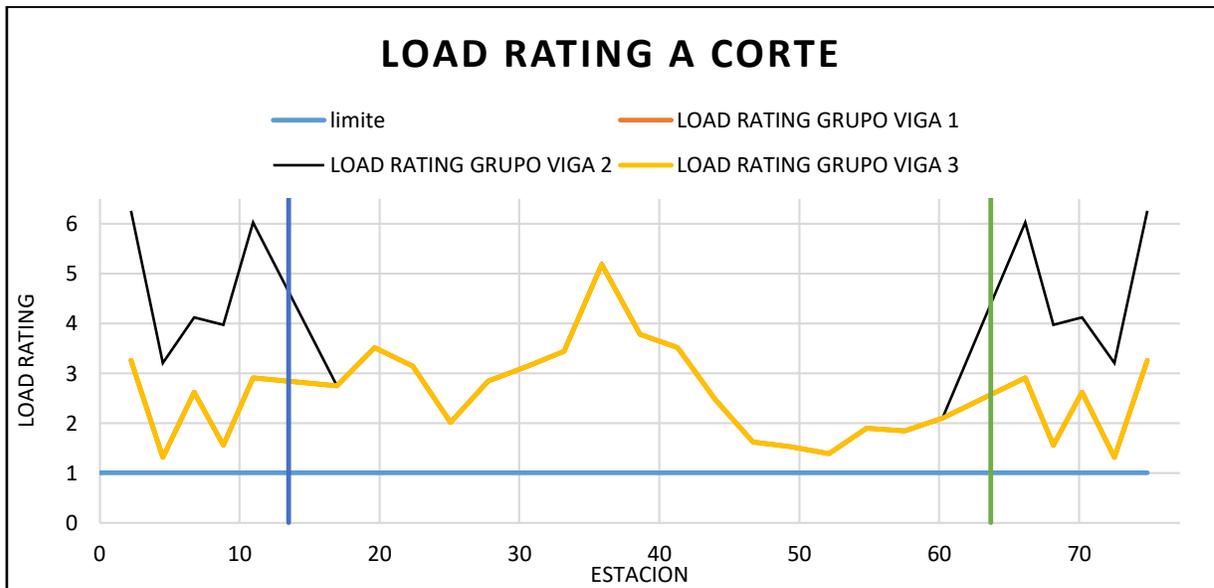
de 1 por lo que las vigas no presentaran fallas a corte debido al paso del vehículo de permiso teniendo comportamientos iguales en las vigas de los extremos por el paso del vehículo en el eje central del puente.

**GRÁFICA XXI.** Load rating a flexión vehículo 1 conf. 1.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

**GRÁFICA XXII.** Load rating a corte vehículo 1 conf. 1.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

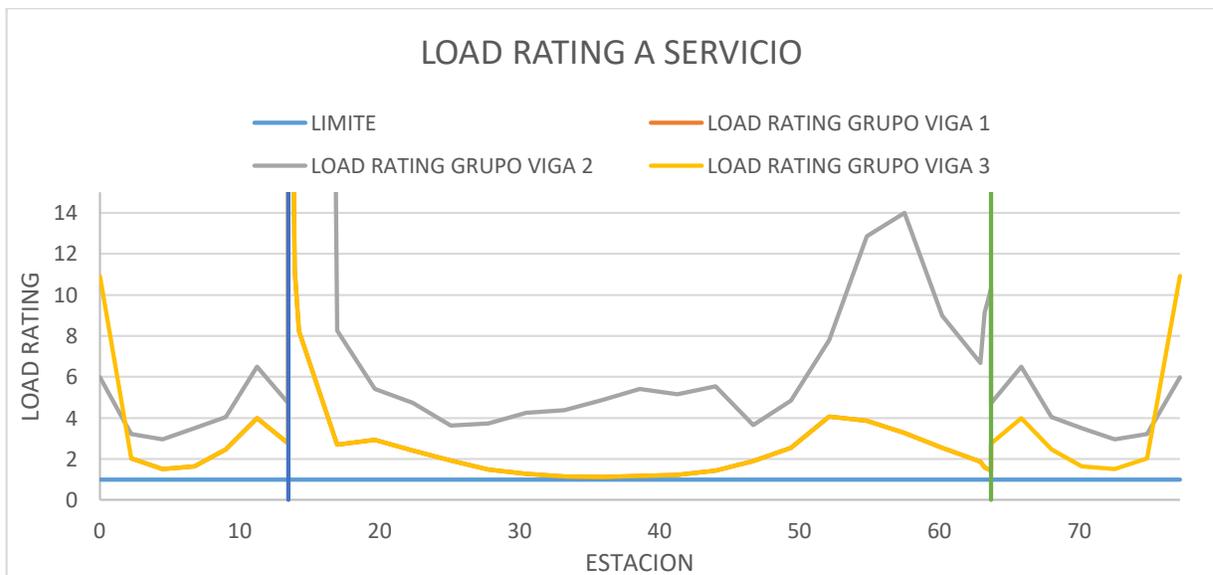
**4.1.1.3 Load rating de refuerzo mínimo vehículo 1 configuración 1.**

El load rating para el acero de refuerzo fue evaluado con la armadura dispuesta a lo largo de las vigas del Puente Coyolate, en las tablas que van de la numero 7 a la numero 9 (apéndice I), se observa que en toda la longitud de las vigas la disposición de load rating para refuerzo mínimo:  $M_r > \min(1.2M_{cr}, 1.33M_u)$  se cumple por lo que no se esperan condiciones desfavorables por el paso de este tipo de vehículo de permiso.

**4.1.1.4 Load rating a servicio vehículo 1 configuración 1.**

Los resultados del load rating a servicio se muestran en la gráfica XXIII, en donde se observa que en los tres grupos de vigas a lo largo de todo el puente el valor del load rating está por arriba de 1 y únicamente en el centro del tramo 2 del Puente Coyolate se pueden apreciar valores cercanos a 1 donde el load rating está controlado por el esfuerzo a tensión en la parte superior de la viga, en los grupos 1 y 3 muestra un buen comportamiento en zonas cercanas a los nodos entre tramos.

*GRÁFICA XXIII.* Load rating a servicio vehículo 1 conf. 1.

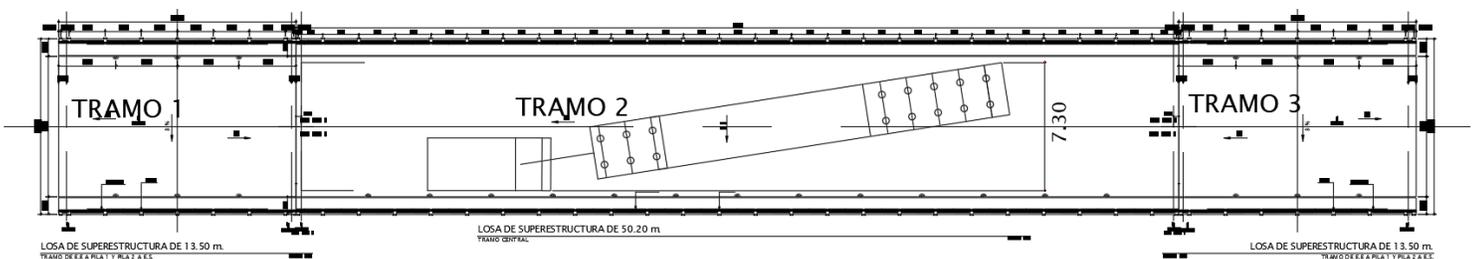


Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

### 4.1.2 Súper carga vehículo 1 configuración 2.

El análisis de súper carga para el vehículo 1 configuración 1 (anexo II) se realizó cargando el puente únicamente con este vehículo de permiso transitándolo sin otro vehículo común que acompañase su trayectoria al mismo tiempo a lo largo del puente transitándolo de forma cruzada ocupando un ancho de 7.30m del eje central del Puente Coyolate, dicho vehículo se denomina entre los vehículos de permiso por Load rating a flexión vehículo 1 configuración 1 como se ve en la gráfica XXIV.

GRÁFICA XXIV. Transito vehículo 1 conf. 2.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018.

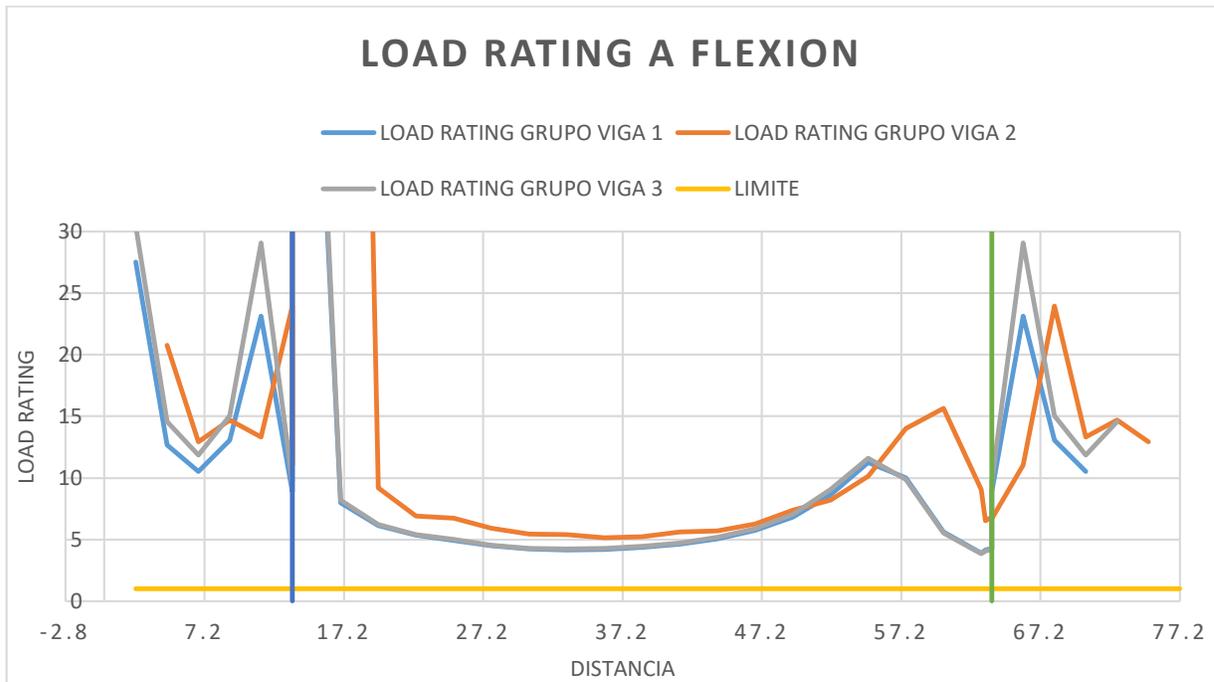
#### 4.1.2.1 Load rating a flexión vehículo 1 configuración 2.

En el análisis del vehículo 1 (anexo II), se obtuvieron los resultados que se observan en la gráfica XXV, donde se puede observar que en ningún lugar de la curva hay valores por debajo de 1 lo que sugiere que el puente soporta sin ningún problema la exposición de la súper carga que genera este vehículo. Se muestra un comportamiento distinto en los grupos de viga 1 y 3 debido a la forma en que transita el puente.

#### 4.1.2.2 Load rating a corte vehículo 1 configuración 2.

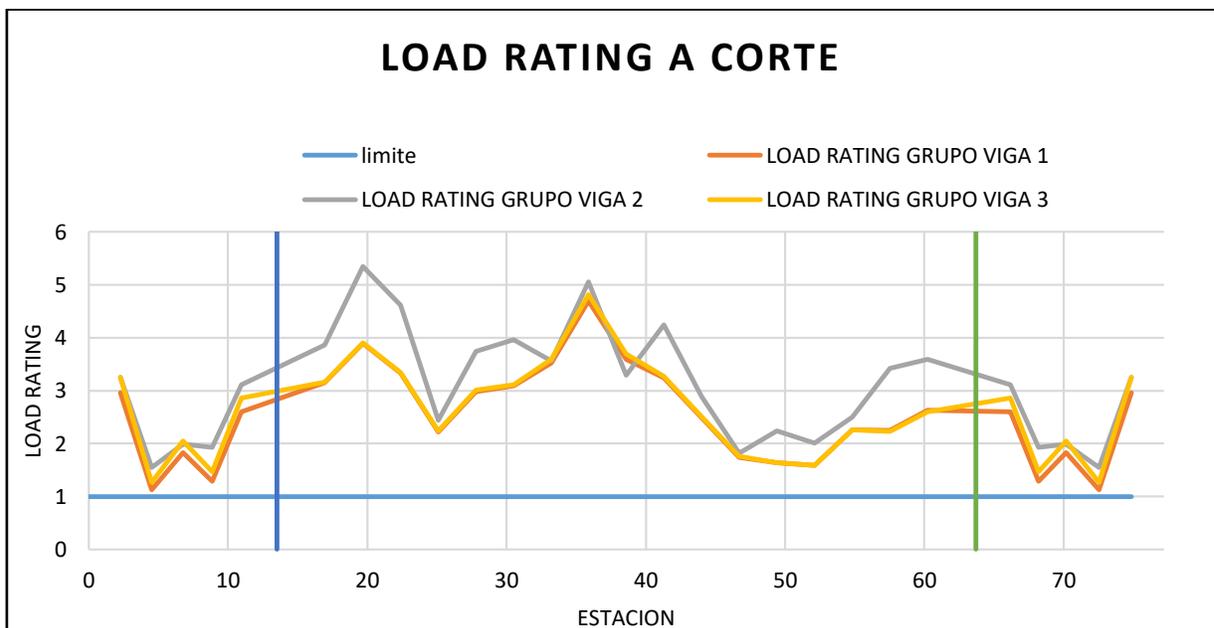
El load rating correspondiente a corte se observa en la gráfica XXVI en donde se puede apreciar que todos los tramos de las vigas el load rating a corte no está por debajo de 1 por lo que las vigas no presentaran fallas a corte debido al paso del vehículo de permiso.

GRÁFICA XXV. Load rating a flexión vehículo 1 conf. 2.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

GRÁFICA XXVI. Load rating a corte vehículo 1 conf. 2.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

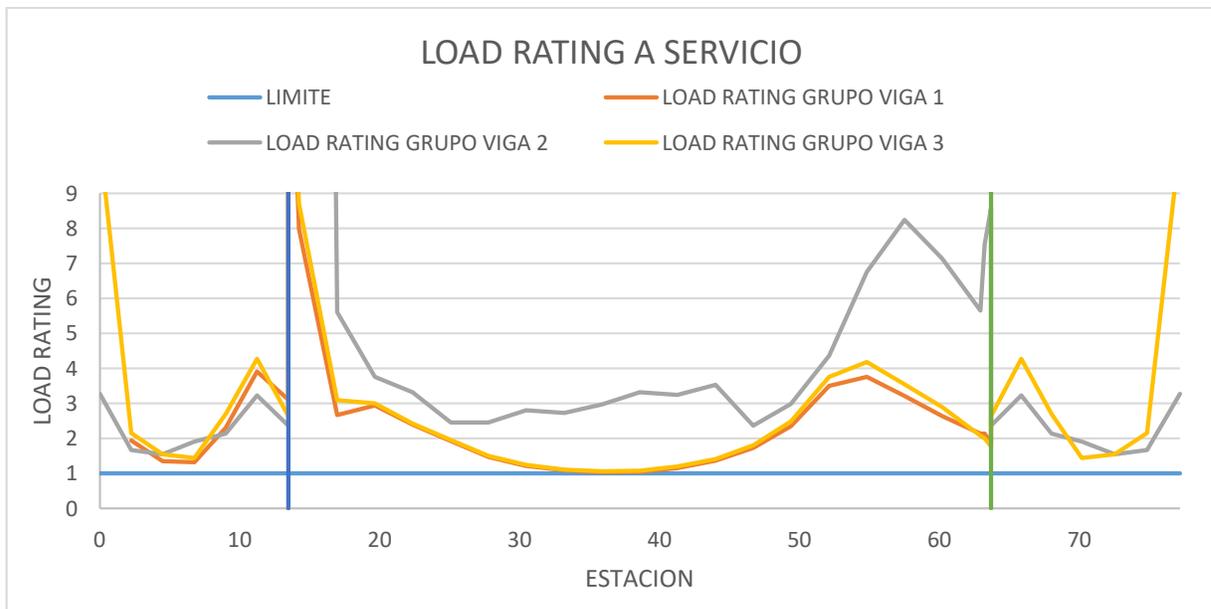
**4.1.2.3 Load rating de refuerzo mínimo vehículo 1 configuración 2.**

El load rating para el acero de fue evaluado con la armadura dispuesta en planos a lo largo de las vigas del Puente Coyolate, en las tablas que van de la numero 10 a la numero 12 (apéndice I) se observa que en toda la longitud de las vigas la disposición de load rating para refuerzo mínimo:  $M_r > \min(1.2M_{cr}, 1.33M_u)$  se cumple por lo que no se esperan condiciones desfavorables por el paso de este tipo de vehículo de permiso.

**4.1.2.4 Load rating a servicio vehículo 1 configuración 2.**

Los resultados del load rating a servicio se muestran en la gráfica XXVII, en donde se observa que en los tres grupos de vigas a lo largo de todo el puente el valor del load rating está por arriba de 1 y únicamente en el centro del tramo 2 del Puente Coyolate se pueden apreciar valores cercanos a 1 donde el load rating está controlado por el esfuerzo a tensión en el fondo de la viga en los grupos 1 y 3, mostrando un buen comportamiento en zonas cercanas a los nodos entre tramos.

*GRÁFICA XXVII.* Load rating a servicio vehículo 1 conf. 2.

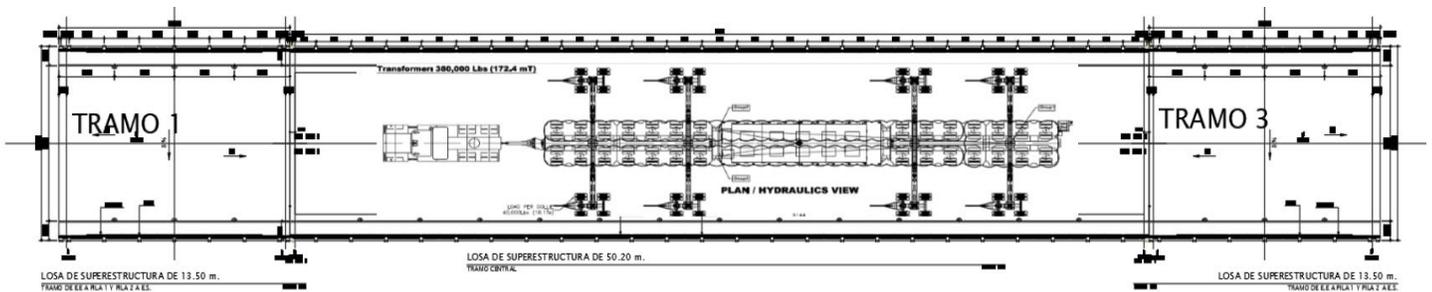


Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016

### 4.1.3 Súper carga vehículo 2.

El análisis de súper carga para el vehículo 2 (anexo II) se realizó cargando el puente únicamente con este vehículo de permiso transitándolo sin otro vehículo común que acompañase su trayectoria al mismo tiempo a lo largo del Puente Coyolate, dicho vehículo transitara el puente a lo largo de su eje central a una velocidad de 6 km/h como se muestra en la gráfica XXVIII, obteniendo los resultados que se muestran a continuación.

GRÁFICA XXVIII. Transito vehículo 2.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018

#### 4.1.3.1 Load rating a flexión vehículo 2.

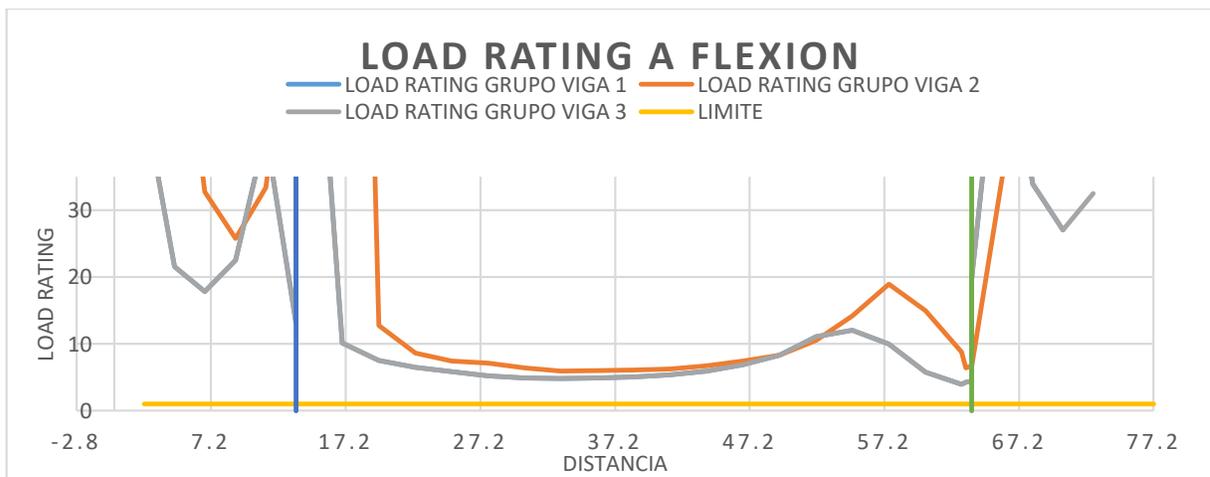
En el análisis del vehículo 2 (anexo II), se obtuvieron los resultados que se observan en la gráfica XXIX, teniendo a lo largo del puente valores de load rating a flexión que están por arriba de 1 demostrando que el transito del vehículo 2 no genera problemas estructurales y este puede cruzar de forma segura el puente. También muestran los grupos de vigas en los extremos un comportamiento igual esto debido a que el transito del vehículo se da de forma simétrica ya que este pasa a lo largo del puente por el tramo central.

#### 4.1.3.2 Load rating a corte vehículo 2.

El load rating correspondiente a corte se observa en la gráfica XXX en donde se puede apreciar que todos los tramos de las vigas el load rating a corte no está por

debajo de 1 por lo que todas las vigas no presentaran fallas a corte debido al paso del vehículo de permiso. También se muestra que hay un comportamiento igual de los dos grupos de vigas que se encuentran en los extremos esto se debe a que el tránsito del vehículo es de forma centrada a lo largo de todo el puente y se aprecia un comportamiento espejo entre los tramos 1 y 3 esto debido a que ambos tienen las mismas secciones y las mismas condiciones de apoyo.

**GRÁFICA XXIX. Load rating a flexión vehículo 2.**



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

#### 4.1.3.3 Load rating de refuerzo mínimo vehículo 2.

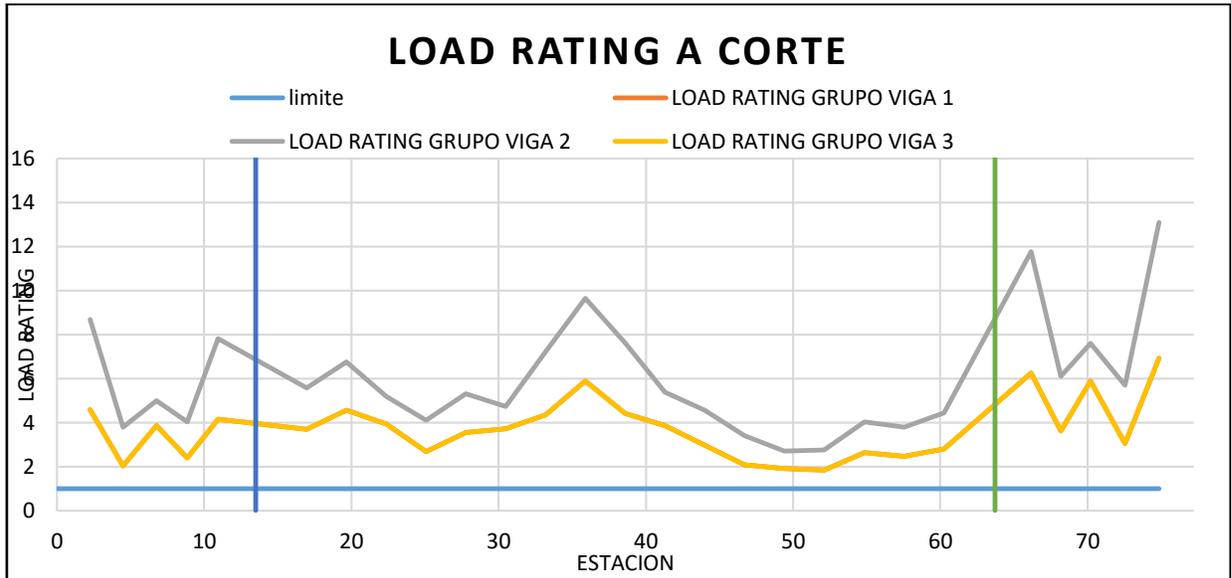
El load rating para el refuerzo de acero fue evaluado con la armadura dispuesta a lo largo de las vigas del Puente Coyolate, en las tablas que van de la número 13 a la número 14 (apéndice I), se observa que en toda la longitud de las vigas la disposición de load rating para refuerzo mínimo:  $M_r > \min(1.2M_{cr}, 1.33M_u)$ , se cumple por lo que no se esperan sobreesfuerzos debido a este parámetro.

#### 4.1.3.4 Load rating a servicio vehículo 2.

Los resultados del load rating a servicio se muestran en la gráfica XXXI, en donde se observa que en los tres grupos de vigas a lo largo de todo el puente el valor del load rating está por arriba de 1 y únicamente en el centro del tramo 2 del Puente

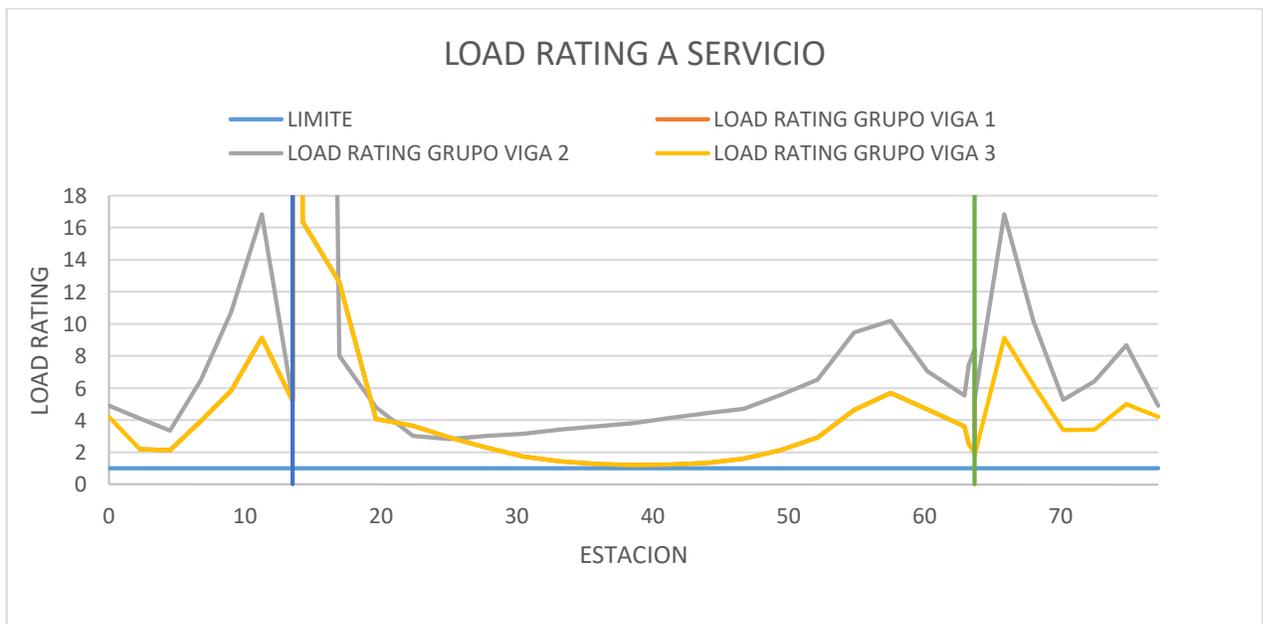
Coyolate se pueden apreciar valores cercanos a 1 donde el load rating está controlado por el esfuerzo a tensión en la parte superior de la viga, en los grupos 1 y 3, muestra un buen comportamiento en zonas cercanas a los nodos entre tramos.

GRÁFICA XXX. Load rating a corte vehículo 2.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

GRÁFICA XXXI. Load rating a servicio vehículo 2.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

## 4.2 Análisis vehículos cañeros.

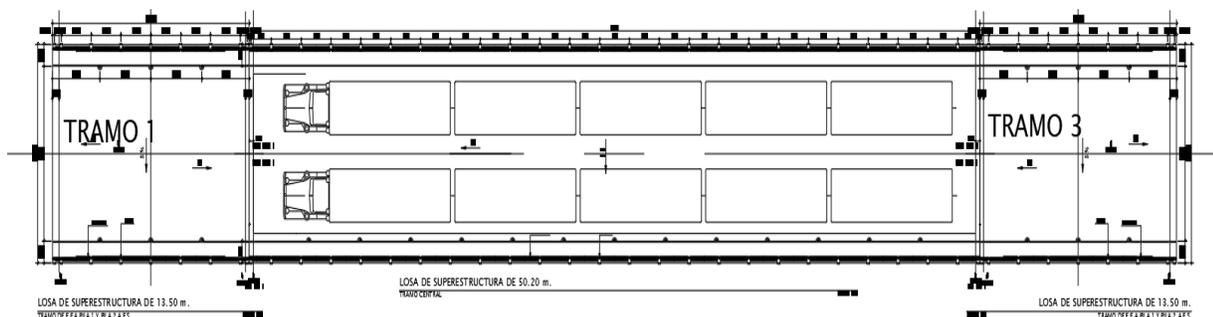
En la realización del análisis de los vehículos cañeros se estudió el comportamiento de dos tipos de vehículos siendo estos el cañero 1 que consta de un cabezal un semirremolque y cuatro remolques y el cañero 2 que consta de un cabezal, un semirremolque y un remolque los que se pueden observar en el apéndice II.

$\gamma_{DC} = 1.25$	(tabla 1 cargas muertas componentes estructurales DC)
$\gamma_{DW} = 1.50$	(tabla 1 cargas muertas de elementos de superficie DW)
$\gamma_P = 1.00$	(factor de cargas permanentes AASHTO MBE 6A.4.2.1)
$\gamma_L = 1.45$	(tabla 2 carga de vehículo legal)
$IM = 0.33$	(AASHTO LRFD 2014 artículo 3.6.2.2)

### 4.2.1 Súper carga vehículo cañero 1

El análisis de súper carga para el vehículo cañero 1 (anexo II) se realizó cargando el puente con vehículos de este tipo ocupando todo el puente como es lo que comúnmente se presenta representándose dicha forma de tránsito en la gráfica XXXII, obteniendo los resultados que se presentan a continuación

GRÁFICA XXXII. Transito vehículo cañero 1.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018

#### **4.2.1.1 Load rating a flexión vehículo cañero 1.**

En el análisis del vehículo 3 (ANEXO II), se obtuvieron los resultados que se observan en la gráfica XXXIII, teniendo a lo largo del puente valores de load rating a flexión que están por arriba de 1 demostrando que el tránsito del vehículo cañero 1 no genera problemas estructurales y este puede cruzar de forma segura el puente. Conforme al comportamiento de las gráficas se puede también apreciar que el load rating de los extremos tiene valores más bajos que el del tramo central por lo tanto están más esforzados que el tramo central y también muestran los grupos de vigas en los extremos un comportamiento igual esto debido a que el tránsito del vehículo se da de forma simétrica ya que las dos líneas de tráfico ocupan los dos carriles con los que cuenta el puente.

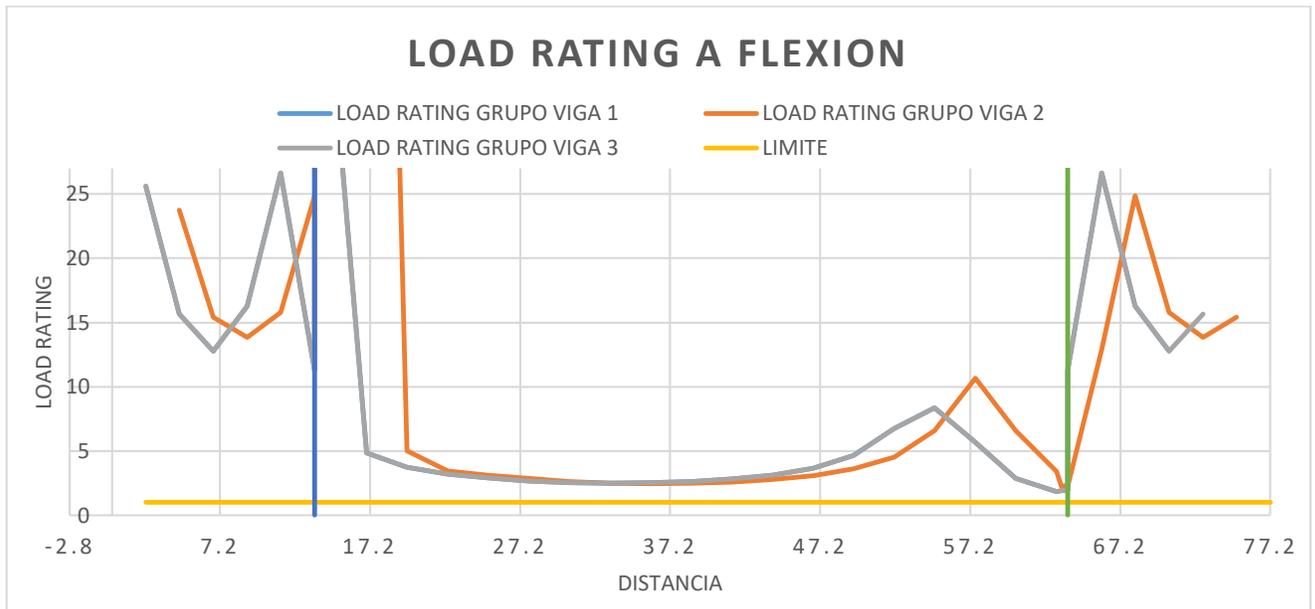
#### **4.2.1.2 Load rating a corte vehículo cañero 1.**

El load rating correspondiente a corte se observa en la gráfica XXXIV en donde se puede apreciar que en el tramo 1 y tramo tres se encuentra un valor de 0.99 de load rating por lo que se espera que si se presenten situaciones adversas para las estructuras que conforman el puente en esos sectores, siendo lo mismo en los grupos de vigas de los extremos del tramo 2 que en la estación 52m presenta un valor de 0.88 en las vigas de los bordes con lo que se puede presentar situaciones adversas para las vigas en estos tramos debido al paso de este tipo de vehículos cañeros que son vehículos de paso regular por esta área por lo que deberá tomarse en cuenta para la restricción de paso de este tipo de vehículos por este puente.

#### **4.2.1.3 Load rating de refuerzo mínimo vehículo cañero 1.**

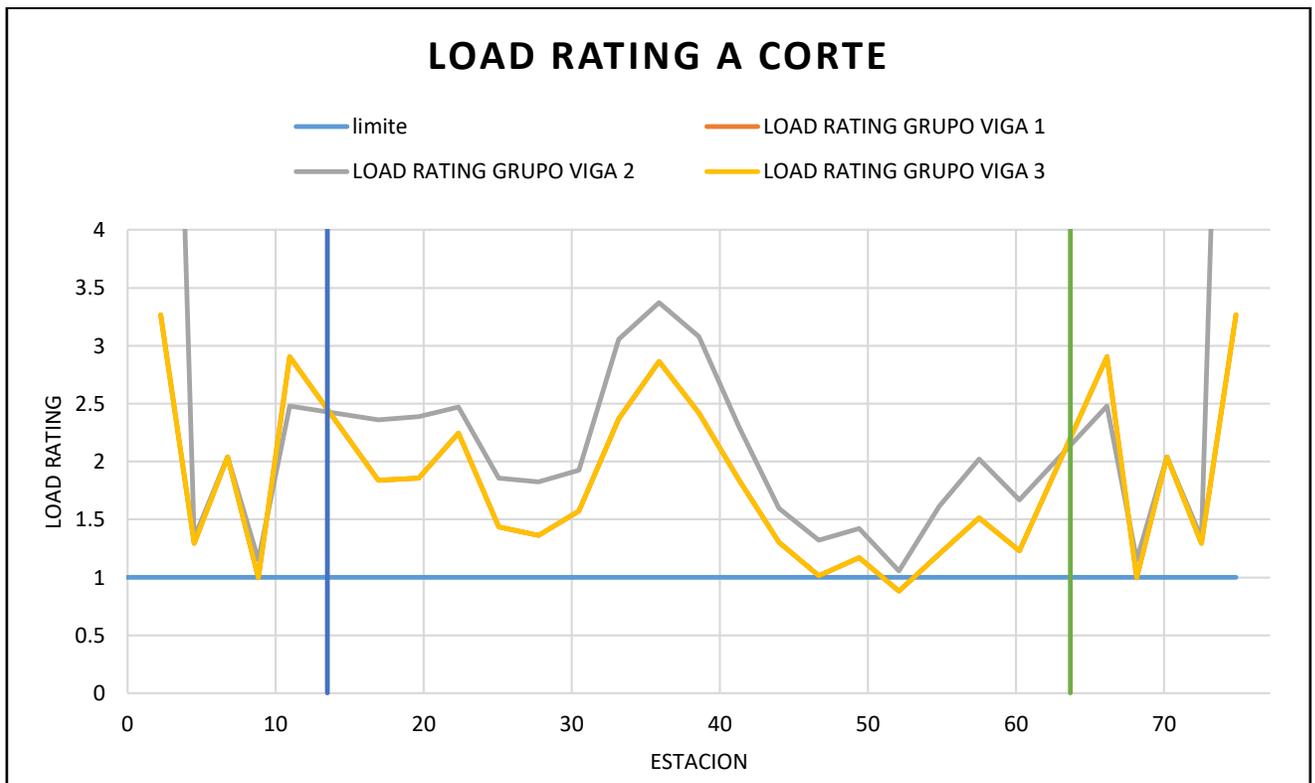
El load rating para el refuerzo de acero fue evaluado con la armadura dispuesta a lo largo de las vigas del Puente Coyolate, en las tablas que van de la número 16 a la número 18 (apéndice I), se observa que en toda la longitud de las vigas la disposición de load rating para refuerzo mínimo:  $M_r > \min(1.2M_{cr}, 1.33M_u)$  cumplen a este parámetro.

GRÁFICA XXXIII. Load rating a flexión vehículo cañero 1.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

GRÁFICA XXXIV. Load rating a corte vehículo cañero 1.

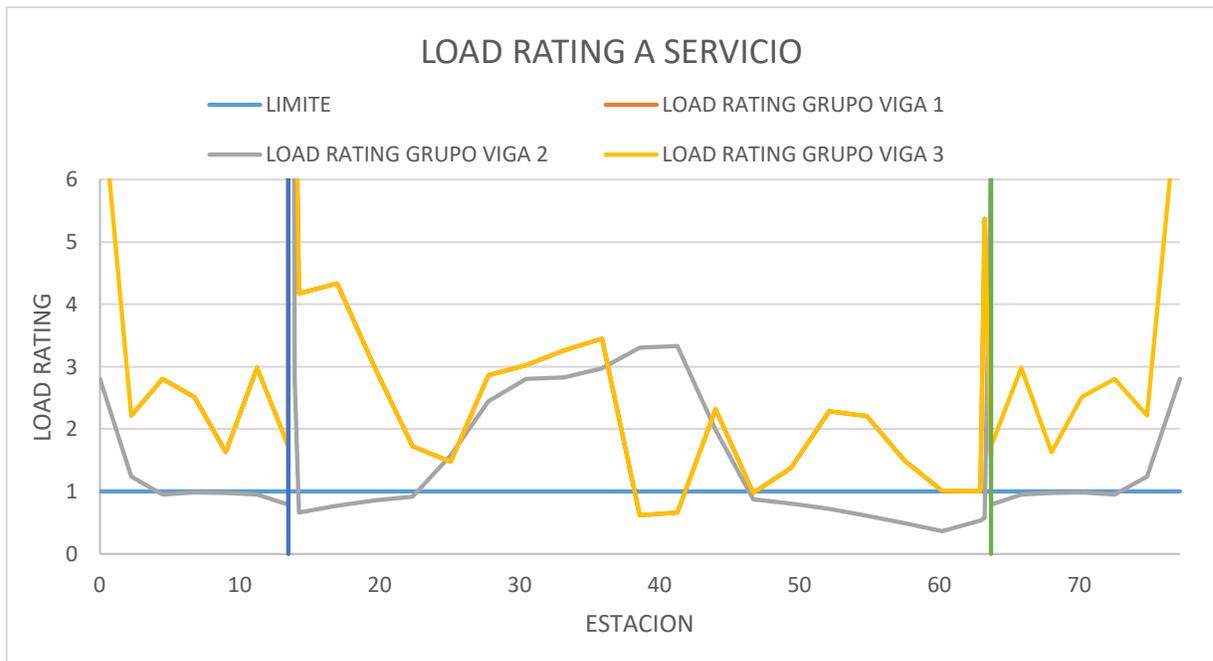


Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

#### 4.2.1.4 Load rating a servicio vehículo cañero 1.

Los resultados del load rating a servicio se muestran en la gráfica XXXV, en donde se observa que en los tres grupos de vigas que pertenecen a los tramos 1 y 3 que existen valores menores a 1. En el tramo 2 se puede apreciar que en los tres grupos de vigas a lo largo del puente entre presentan valores por debajo de 1 siendo los esfuerzos a tensión en el fondo de la viga quienes controlan el load rating, con lo que se puede interpretar que esta sobre esforzado en esta zona y deben tomarse las precauciones del caso debido a que este tipo de cargas comúnmente transitan de forma libre, aunque ilegal.

GRÁFICA XXXV. Load rating a servicio vehículo cañero 1.



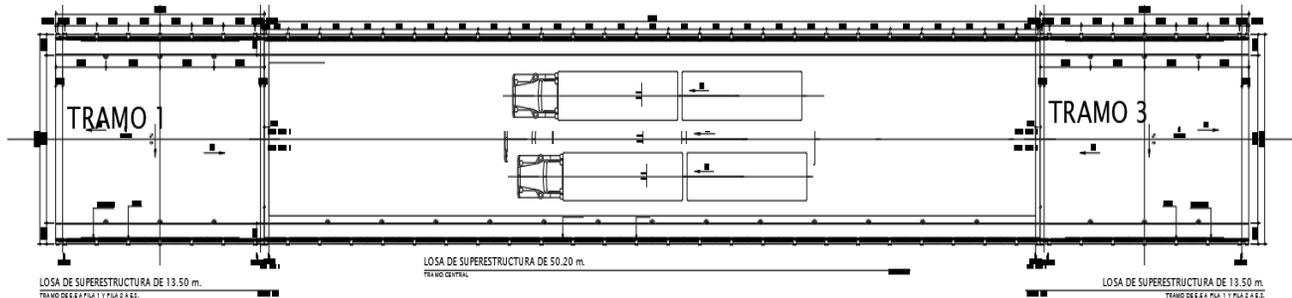
Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

#### 4.2.2 Súper carga vehículo cañero 2.

El análisis de súper carga para el vehículo cañero 2 (anexo II) se realizó cargando el puente con dos vehículos de este tipo transitando de la forma en que se

muestra en la gráfica XXXVI contando únicamente con dos remolques, obteniendo los resultados que se presentan a continuación

*GRÁFICA XXXVI. Transito vehículo cañero 2.*



Fuente: Obtención propia mediante el programa Autocad 2018

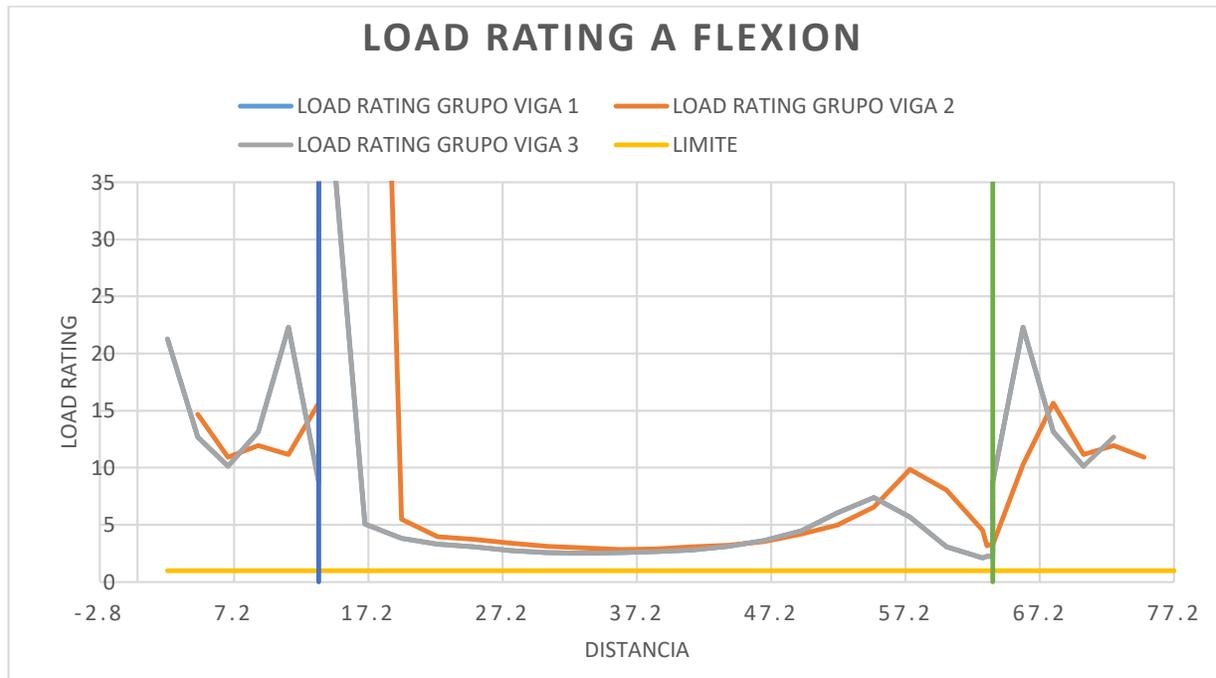
#### 4.2.2.1 Load rating a flexión vehículo cañero 2.

En el análisis del vehículo cañero 2 (ANEXO II), se obtuvieron los resultados que se observan en la gráfica XXXVII, teniendo a lo largo del puente valores de load rating a flexión que están por arriba de 1 demostrando que el transito del vehículo cañero 2 no genera problemas estructurales y este puede cruzar de forma segura el puente. Conforme al comportamiento de las gráficas se puede también apreciar que el load rating de los extremos tiene valores más bajos que el del tramo central por lo tanto están más esforzados que el tramo central y también muestran los grupos de vigas en los extremos un comportamiento igual esto debido a que el transito del vehículo se da de forma simétrica ya que las dos líneas de trafico ocupan los dos carriles con los que cuenta el puente.

#### 4.2.2.2 Load rating a corte vehículo cañero 2.

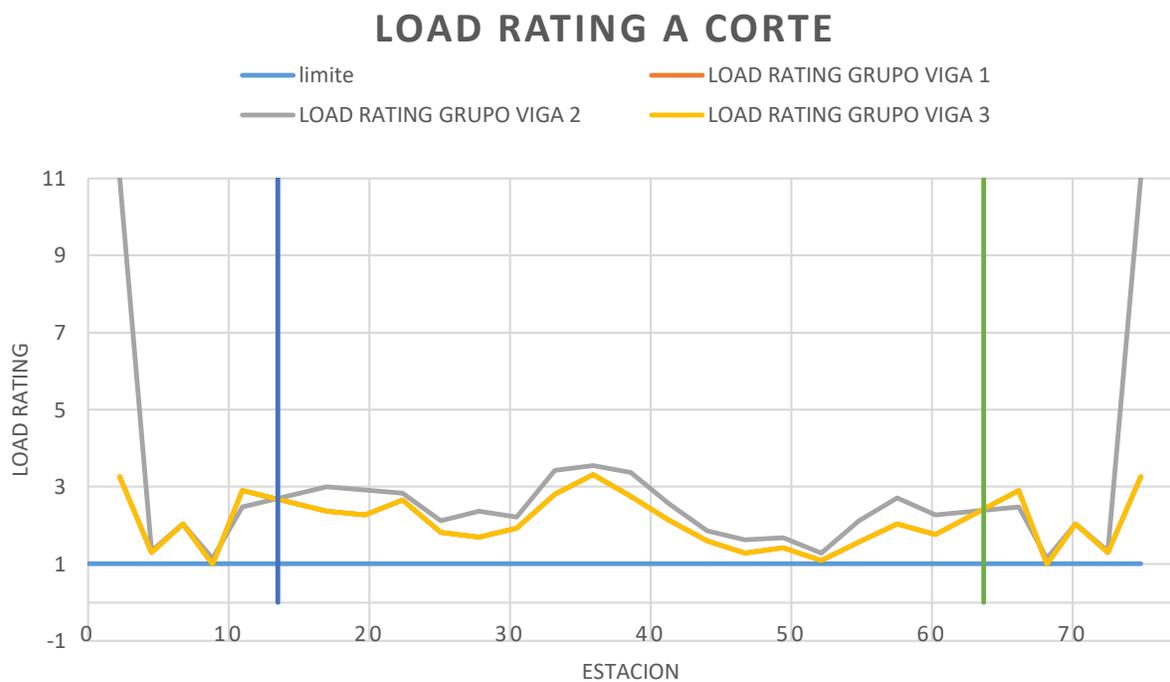
El load rating correspondiente a corte se observa en la gráfica XXXVIII en donde se puede apreciar que en el tramo 1, 2 y 3 del puente se encuentran valores de load rating menores a 1 por lo que por lo que el paso de estos vehículos de la manera que pasan si representa un problema para el puente Coyolate por lo que habrá que limitar el paso de estos vehículos.

**GRÁFICA XXXVII.** Load rating a flexión vehículo cañero 2.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

**GRÁFICA XXXVIII.** Load rating a corte vehículo cañero 2.



Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

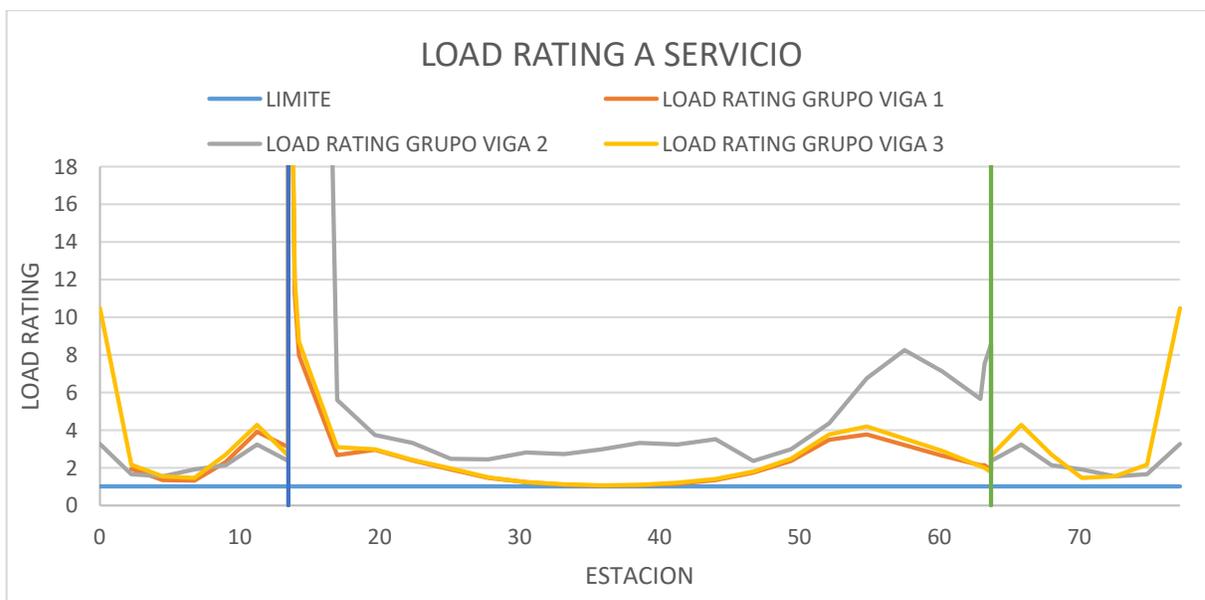
### 4.2.2.3 Load rating de refuerzo mínimo vehículo cañero 2.

El load rating para el refuerzo de acero fue evaluado con la armadura dispuesta a lo largo de las vigas del Puente Coyolate, en las tablas que van de la numero 19 a la numero 21 (apéndice I), se observa que en toda la longitud de las vigas la disposición de load rating para refuerzo mínimo:  $M_r > \min(1.2M_{cr}, 1.33M_u)$  cumplen a este parámetro.

### 4.2.2.4 Load rating a servicio vehículo cañero 2.

Los resultados del load rating a servicio se muestran en la gráfica XXXIX, en donde se observa que en los tres grupos de vigas que pertenecen a los tramos 1 y 3 que ningún valor del load rating es menor a uno. En el tramo 2 se puede apreciar que en los grupos de vigas presentan valores por debajo de 1 siendo los esfuerzos a tensión en el fondo de la viga quienes controlan el load rating, con lo que se puede interpretar que esta sobre esforzado en esta zona y deben tomarse las precauciones del caso debido a que este tipo de cargas comúnmente transitan de forma libre, aunque ilegal.

GRÁFICA XXXIX. Load rating a servicio vehículo cañero 2.



### **4.3 Cálculo de capacidad de carga vehículos 1 y 2**

#### **4.3.1 Capacidad de carga del puente para vehículo 1 configuración 1.**

Para la determinación de la capacidad de carga del Puente Coyolate se analizaron todos los resultados de load rating a lo largo del puente tomando el valor más pequeño ya que es el que controla el diseño del puente, en el caso del vehículo el peso total en toneladas es de 164 y como se aprecia en la tabla 22 (apéndice I) la carga total que soporta el puente es de 184Ton siendo el load rating a servicio quien controla el diseño que se presenta en el tramo 2 y se presenta dos veces debido a que el vehículo 1 con la configuración 2 transita por el tramo central del puente

#### **4.3.2 Capacidad de carga del puente para vehículo 1 configuración 2.**

Para la determinación de la capacidad de carga del Puente Coyolate se analizaron todos los resultados de load rating a lo largo del puente tomando el valor más pequeño ya que este controla el diseño del puente, en el caso del vehículo 1 configuración 1 el peso total en toneladas es de 164 y como se aprecia en la tabla 23 (APÉNDICE II) la carga total que soporta el puente es de 168 Ton siendo el load rating a servicio quien controla el diseño que se presenta en el tramo 2.

#### **4.3.3 Capacidad de carga del puente para vehículo 2.**

Para la determinación de la capacidad de carga del Puente Coyolate se analizaron todos los resultados de load rating a lo largo del puente tomando el valor más pequeño ya que es el que controla el diseño del puente, en el caso del vehículo 2 el peso total en toneladas es de 200 y como se aprecia en la tabla 24 (apéndice II) la carga total que soporta el puente es de 241Ton siendo el load rating a servicio quien controla el diseño que se presenta en el tramo 2 y se presenta dos veces debido a que el vehículo 2 transita por el tramo central del puente

#### **4.4 Capacidad de carga del puente para vehículo cañero.**

##### **4.4.1 Capacidad de carga del puente para vehículo cañero 1.**

Para la determinación de la capacidad de carga del Puente Coyolate se analizaron todos los resultados de load rating a lo largo del puente tomando el valor más pequeño ya que es el que controla el diseño del puente, en el caso del vehículo cañero 1 el peso total en toneladas es de 514 debido a que estos vehículos cañeros transitan más de 2 vehículos al mismo tiempo por lo que se tomó el doble de cargas, como se aprecia en la tabla 25 (apéndice II) la carga total que soporta el puente es de 188Ton siendo el load rating a servicio en el tramo 2 quien controla el diseño que se presenta en el tramo 2 y se presenta dos veces debido a que el vehículo cañero 1 transita por el tramo central del puente

##### **4.4.2 Capacidad de carga del puente para vehículo cañero 2.**

Para la determinación de la capacidad de carga del Puente Coyolate se analizaron todos los resultados de load rating a lo largo del puente tomando el valor más pequeño ya que es el que controla el diseño del puente, en el caso del vehículo cañero 2 el peso total en toneladas es de 226 tabla 26 (apéndice II) la carga total que soporta el puente es de 90Ton siendo el load rating a corte quien controla el diseño que se presenta en los tramos 1 y 3 en el grupo de viga 2 en el centro del puente.



## **CAPITULO V. PROPUESTA DE SOLUCION.**

### **5.1 Análisis final de datos obtenidos.**

Mediante los datos obtenidos en los análisis de súper cargas del Puente Coyolate se tienen valores de load rating superior a 1 para los vehículos 1 y 2, dichos vehículos son vehículos de permiso que su paso por este puente será ocasional, pero es de vital importancia tener los datos que respaldan que el tránsito de estos vehículos es seguro y que no se necesita intervenir el puente mediante dispositivos de apuntalamiento o rehabilitarlo debido a estas cargas.

Para el vehículo 1 configuración 1 siendo un vehículo de transporte de carga pesada, esta cruza el puente a lo largo del eje central entre los dos carriles, dando estos valores de load rating también mayor a 1, teniendo un valor de load rating mínimo de 1.12 y una capacidad de 184 Ton, por lo que no representa ningún peligro su tránsito y no necesita intervención alguna.

Para el vehículo 1 configuración 2 que es un vehículo de transporte de carga y que cursa cruzado a lo largo del puente en un ancho de 7.31m, arroja valores de load rating mayor de 1, presentando sus valores más cercanos a 1 a solicitaciones de servicio con un valor de 1.03 y una capacidad de carga de 168 Ton, por lo que no necesitaría intervención para apuntalar el puente debido al tránsito de este vehículo.

El vehículo 2 es un vehículo de transporte pesado de permiso que abarca todo el ancho del puente, dicho puente da un valor mínimo de load rating de 1.21 y una capacidad de carga 241Ton siendo controlado por las cargas de servicio, por lo que no representa peligro alguno de falla del puente.

Para el vehículo 3, este transporta caña azúcar dicho vehículo es de tránsito rutinario por este puente por lo que transitan en época de zafra de forma constante debido a la posición del puente con respecto a los demás ingenios azucareros, por lo

que se analizaron 2 vehículos para determinar cuál es la mejor manera de que este tipo de vehículos transite a lo largo del puente.

TABLA 5. Resumen de load rating vehículos de permiso.

RESUMEN DE LOAD RATING VEHICULOS DE PERMISO							
	Configuración	Solicitaion	Peso Vehiculo	Peso transformador	Peso total Vehiculo + Carga	Load Rating	Capacidad de carga
	Tipo	Tipo	Ton	Ton	Ton	Valor	Ton
VEHÍCULO 1 (TRANSPORTE DE TRANSFORMADOR)	Conf. 1	Servicio	78.00	86	164.00	1.12	184
	Conf. 2	Servicio	78.00	86	164.00	1.03	168
VEHÍCULO 2 (TRANSPORTE DE TRANSFORMADOR)	n/a	Servicio	114.00	86	200.00	1.21	241

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

El vehículo cañero 1 en la que pasan múltiples camiones cañeros como se presentó en el análisis anterior a una velocidad de entre 50 y 90km/h arroja valores de load rating de 0.37 lo cual quiere decir que no soporta dicho camión de diseño en su cantidad y forma de pasar por el puente teniendo una capacidad de carga de 188Ton por lo que deberá restringirse el tránsito de estos vehículos para ayudar a preservar la estructura de puente.

El vehículo cañero 2 en la que solo pasa dos camiones cañeros con las características anteriormente mencionadas en donde se pasas dos unidades por una en cada carril del puente genera un valor de load rating de 0.40 por lo que no es adecuado que pase este vehículo de esta forma por el puente a una velocidad promedio de entre 50 y 90 Km/h teniendo una capacidad de carga de 90Ton por lo que si será necesario restringir su paso.

TABLA 6. Resumen de load rating vehículos cañeros.

<b>RESUMEN DE LOAD RATING VEHICULOS CAÑEROS</b>					
	<b>Configuración</b>	<b>Solicitud</b>	<b>Peso Vehiculo</b>	<b>Load Rating</b>	<b>Capacidad de carga</b>
	<b>Tipo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ton</b>	<b>Valor</b>	<b>Ton</b>
<b>VEHÍCULO (TRANSPORTE DE CAÑA DE AZUCAR)</b>	Cañero 1	Servicio	514.00	0.37	188
	Cañero 2	Servicio	226.00	0.4	90

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

## CAPITULO VI. CONCLUSIONES.

Según los cálculos obtenidos mediante la realización del modelo matemático en el programa CSI Bridge y su posterior análisis se pudo concluir para cada uno de las configuraciones modeladas lo siguiente:

- La utilización del método de los elementos finitos que posee el programa Csi Bridge nos permitió obtener valores de load rating en diferentes estaciones como se mostró en las gráficas de load rating para diferentes vehículos y configuraciones y así tener un análisis más refinado sobre el comportamiento de este parámetro a lo largo de todo el Puente Coyolate como se observó para las solicitaciones de corte, flexión y servicio, así como para el refuerzo mínimo.
- Para la carga que lleva al transformador se estudiaron dos vehículos diferentes y un total de tres configuraciones. En todos los casos la capacidad del puente excede los esfuerzos causados por la carga siendo muestra de esto que todos los valores de load rating están por arriba de uno. Para el vehículo uno que solo distribuye la carga a lo largo del carril se corrió una segunda configuración inclinado el arrastre a lo ancho del puente para tratar de aumentar la capacidad de carga del vehículo sobre el puente. Debido a que la estructura solo tiene tres vigas esta configuración redujo un poco la capacidad de carga del vehículo uno ya que cargo más la viga exterior. El vehículo dos que es más pesado que el vehículo uno, pero distribuye la carga a lo ancho de todo el puente y es más largo que el vehículo uno y por lo tanto distribuye la carga mejor entre las tres vigas teniendo un valor de load rating de 1.21. Aun siendo más pesado es el que el vehículo uno, los esfuerzos son menores con este vehículo para la carga del transformador y por lo tanto es la configuración que puede llevar la carga máxima. En el caso del vehículo uno configuración dos es la forma menos recomendable que pase a lo largo del puente ya que esta configuración es la que da valores de load rating más bajo siendo este de 1.03.

- Para el vehículo cañero, el vehículo uno y el dos ambos muestran valores de load rating por debajo de uno por el cañero 1 con un valor de 0.37 a servicio con 188Ton, y el cañero 2 con un load rating de 0.40 y una capacidad de carga e 90 toneladas, por lo que será necesario rotular el puente para restringir el paso de estos vehículos.
- En el cálculo de la máxima capacidad de carga el vehículo dos es el que más capacidad de carga tiene, siendo esta de 241 toneladas esto debido a su mejor configuración y distribución de carga estando está ligada al máximo valor de load rating proveniente de los análisis anteriores. En el caso del vehículo cañero 1 la capacidad de carga máxima es de 188 toneladas.
- Al estudiar el comportamiento de este puente deberá generarse por medio de la dirección general de caminos y el gremio de la ingeniería en Guatemala un manual elaborado para evaluación de súper cargas en puentes para una mejor preservación de este tipo de estructuras civiles que son de gran importancia tanto económica como social para nuestra región.

## **CAPITULO VII. RECOMENDACIONES.**

Luego de realizar este estudio sobre las súper cargas para el Puente Coyolate deberá tomarse en cuenta para futuros estudios similares las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda que para la implementación de estudios de súper cargas en puentes antiguos como lo es el Puente Coyolate de parte de la dirección general de caminos se estandarice un camión de diseño como el cañero para ser tomado como vehículo de diseño ya que este es el que mayores cargas induce en los puentes.
- Lograr realizar una normativa adaptable a Guatemala para la evaluación de súper cargas en puentes.
- Deberán realizarse más inspecciones por parte de la dirección general de caminos, así como de las empresas que transportan súper cargas a lo largo del Puente Coyolate y de puentes cercanos a este.
- Debido a que uno de los transportes que más transitan por el Puente Coyolate son los camiones cañeros y ya que estos generaron valores de load rating menores a 1 en ambos casos por lo que se recomienda que transiten no más de 188Ton para el camión cañero 1 y no más de 90Ton en el caso del camión cañero 2 y se recomienda sea rotulado con ese límite de carga.
- Se recomienda realizar una rehabilitación general en el puente Coyolate enfocándose en los esfuerzos a tensión generados en la parte de abajo de la viga y en los esfuerzos de corte, coordinándose entre la Dirección General de Caminos y las empresas privadas que lo causan, acciones de preservación y mantenimiento como parte del compromiso y la responsabilidad social empresarial.

**CAPITULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

AASHTO, LRFD bridge desing specifications 2014. 7<sup>th</sup> edition.

ACI 318-14(318S-14, 318RS-14), American concrete institute.

Acuerdo Gubernativo 379-2010. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. Guatemala.

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (Agies NSE 5.2-18). Puentes de Tamaño y Altura Limitados. Guatemala. 2018.

Estudio de factibilidad diseño básico. Proyecto de rehabilitación y ampliación de la carretera CA-02 (corredor pacifico), Guatemala mayo 2011. Tomo I.

Rodríguez Sequén, Arturo. Puentes con AASHTO-LFRD 2014. 7th edición. Ediciones Prometeo Desencadenado. Perú. Diciembre 2017.

The Manual for Bridge Evaluation. AASHTO. USA. 2008.

The Manual for Bridge Evaluation. AASHTO. USA. 2014.

**APENDICE****Apéndice I. Load rating a refuerzo mínimo.**

TABLA 7. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo 1 conf. 1.

<b>VIGA GRUPO</b>	<b>TRAMO</b>	<b>ESTACION</b>	<b>Mr</b>	<b>1.33Mu</b>	<b>1.2Mcr</b>	<b>CUMPLE</b>
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	2.25	1766.82	1224.55	93.56	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	4.50	1866.53	1329.01	114.26	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	6.75	1899.82	1351.42	115.88	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	9.00	1866.59	1324.44	128.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	11.25	1766.94	1222.83	105.02	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	13.50	1230.69	1109.65	103.65	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	14.25	1635.83	94.50	839.83	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	16.96	2066.95	800.59	950.76	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	19.66	2962.32	1409.20	1060.64	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	22.37	3665.68	1912.00	1158.23	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	25.08	4148.85	2358.52	1134.46	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	27.78	4401.67	2693.91	1061.04	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	30.49	4594.09	2931.34	1003.58	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	33.19	4731.65	3104.50	957.86	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	35.90	4814.62	3179.85	923.16	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	38.60	4842.36	3154.99	897.21	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	41.30	4814.66	3087.90	883.39	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	44.01	4731.73	2918.94	881.67	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	46.71	4594.21	2653.74	891.33	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	49.42	4401.84	2344.48	910.54	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	52.12	4149.06	1944.67	937.12	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	54.83	3665.93	1457.55	862.82	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	57.53	2963.07	931.22	706.94	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	60.24	2066.95	341.56	552.86	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	65.95	1230.69	1109.65	103.65	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	68.20	1766.94	1222.83	105.02	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	70.45	1866.59	1324.44	128.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	72.70	1899.82	1351.42	115.88	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	74.95	1866.53	1329.01	114.26	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	77.20	1766.82	1224.55	93.56	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 8. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo 1 conf. 1.

<b>VIGA GRUPO</b>	<b>TRAMO</b>	<b>ESTACION</b>	<b>Mr</b>	<b>1.33Mu</b>	<b>1.2Mcr</b>	<b>CUMPLE</b>
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	2.25	1766.82	1202.93	90.19	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	4.50	1866.53	1272.25	112.25	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	6.75	1899.82	1285.22	112.72	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	9.00	1866.59	1270.79	125.39	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	11.25	1766.94	1205.95	100.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	13.50	1230.69	1124.88	92.80	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	14.25	1635.83	76.51	816.23	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	16.96	2066.95	662.33	931.68	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	19.66	2962.32	1145.10	1044.73	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	22.37	3665.68	1557.93	1142.63	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	25.08	4148.85	1922.08	1127.52	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	27.78	4401.67	2203.52	1060.87	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	30.49	4594.09	2422.69	1005.74	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	33.19	4731.65	2562.39	966.04	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	35.90	4814.62	2633.82	932.65	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	38.60	4842.36	2642.39	904.02	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	41.30	4814.66	2577.16	890.98	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	44.01	4731.73	2451.68	885.34	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	46.71	4594.21	2262.67	886.75	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	49.42	4401.84	2001.61	900.71	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	52.12	4149.06	1691.24	917.51	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	54.83	3665.93	1322.76	833.45	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	57.53	2963.07	895.15	676.87	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	60.24	2066.95	415.26	518.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	65.95	1230.69	1124.88	92.80	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	68.20	1766.94	1205.95	100.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	70.45	1866.59	1270.79	125.39	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	72.70	1899.82	1285.22	112.72	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	74.95	1866.53	1272.25	112.25	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	77.20	1766.82	1202.93	90.19	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 9. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo 1 conf. 1.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	2.25	1766.82	1224.55	93.56	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	4.50	1866.53	1329.01	114.26	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	6.75	1899.82	1351.42	115.88	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	9.00	1866.59	1324.44	128.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	11.25	1766.94	1222.83	105.02	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	13.50	1230.69	1109.65	103.65	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	14.25	1635.83	94.50	839.83	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	16.96	2066.95	800.59	950.76	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	19.66	2962.32	1409.20	1060.64	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	22.37	3665.68	1912.00	1158.23	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	25.08	4148.85	2358.52	1134.46	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	27.78	4401.67	2693.91	1061.04	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	30.49	4594.09	2931.34	1003.58	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	33.19	4731.65	3104.50	957.86	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	35.90	4814.62	3179.85	923.16	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	38.60	4842.36	3154.99	897.21	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	41.30	4814.66	3087.90	883.39	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	44.01	4731.73	2918.94	881.67	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	46.71	4594.21	2653.74	891.33	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	49.42	4401.84	2344.48	910.54	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	52.12	4149.06	1944.67	937.12	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	54.83	3665.93	1457.55	862.82	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	57.53	2963.07	931.22	706.94	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	60.24	2066.95	341.56	552.86	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	65.95	1230.69	1109.65	103.65	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	68.20	1766.94	1222.83	105.02	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	70.45	1866.59	1324.44	128.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	72.70	1899.82	1351.42	115.88	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	74.95	1866.53	1329.01	114.26	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	77.20	1766.82	1224.55	93.56	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 10. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo 1 conf. 2.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mc <sub>r</sub>	CUMPLE
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	2.25	1766.82	1226.58	93.56	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	4.50	1866.53	1352.30	114.26	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	6.75	1899.82	1392.65	115.88	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	9.00	1866.59	1347.78	128.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	11.25	1766.94	1224.50	105.02	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	13.50	1230.69	1109.14	103.65	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	14.25	1635.83	102.79	839.83	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	16.96	2066.95	870.66	950.76	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	19.66	2962.32	1536.00	1060.64	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	22.37	3665.68	2095.24	1158.23	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	25.08	4148.85	2565.31	1134.46	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	27.78	4401.67	2928.10	1061.04	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	30.49	4594.09	3197.83	1003.58	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	33.19	4731.65	3371.27	957.86	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	35.90	4814.62	3448.54	923.16	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	38.60	4842.36	3429.42	897.21	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	41.30	4814.66	3330.44	883.39	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	44.01	4731.73	3137.79	881.67	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	46.71	4594.21	2858.62	891.33	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	49.42	4401.84	2498.79	910.54	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	52.12	4149.06	2062.70	937.12	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	54.83	3665.93	1556.08	862.82	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	57.53	2963.07	979.74	706.94	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	60.24	2066.95	364.45	552.86	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	65.95	1230.69	1109.14	103.65	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	68.20	1766.94	1224.50	105.02	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	70.45	1866.59	1347.78	128.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	72.70	1899.82	1392.65	115.88	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	74.95	1866.53	1352.30	114.26	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	77.20	1766.82	1226.58	93.56	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 11. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo 1 conf. 2.

<b>VIGA GRUPO</b>	<b>TRAMO</b>	<b>ESTACION</b>	<b>Mr</b>	<b>1.33Mu</b>	<b>1.2Mcr</b>	<b>CUMPLE</b>
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	2.25	1887.48	1231.78	90.19	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	4.50	2011.60	1323.86	112.25	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	6.75	2053.22	1332.98	112.72	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	9.00	2011.67	1320.93	125.39	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	11.25	1887.63	1230.62	100.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	13.50	1455.67	1127.38	92.80	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	14.25	-2358.28	83.35	816.23	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	16.96	-2113.58	778.83	931.68	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	19.66	-1566.31	1327.42	1044.73	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	22.37	2841.45	1785.79	1142.63	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	25.08	3577.14	2210.70	1127.52	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	27.78	4067.77	2521.75	1060.87	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	30.49	4292.03	2751.35	1005.74	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	33.19	4467.85	2914.95	966.04	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	35.90	4594.01	2986.46	932.65	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	38.60	4670.01	2973.38	904.02	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	41.30	4695.40	2904.61	890.98	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	44.01	4670.04	2750.27	885.34	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	46.71	4594.09	2515.43	886.75	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	49.42	4467.97	2227.71	900.71	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	52.12	4292.17	1871.04	917.51	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	54.83	4067.95	1443.50	833.45	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	57.53	-136.74	983.84	676.87	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	60.24	-136.74	459.29	518.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	65.95	1455.67	1127.38	92.80	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	68.20	1887.63	1230.62	100.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	70.45	2011.67	1320.93	125.39	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	72.70	2053.22	1332.98	112.72	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	74.95	2011.60	1323.86	112.25	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	77.20	1887.48	1231.78	90.19	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 12. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo 1 conf. 2.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	2.25	1887.48371	1223.34	93.56	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	4.50	2011.59741	1337.05	114.26	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	6.75	2053.22144	1376.23	115.88	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	9.00	2011.67124	1332.69	128.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	11.25	1887.63014	1223.15	105.02	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	13.50	1455.67448	1111.25	103.65	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	14.25	-2358.27526	101.55	839.83	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	16.96	-2113.58256	864.06	950.76	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	19.66	-1566.3097	1529.06	1060.64	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	22.37	2841.44851	2088.60	1158.23	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	25.08	3577.1379	2552.59	1134.46	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	27.78	4067.76877	2915.62	1061.04	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	30.49	4292.0251	3185.08	1003.58	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	33.19	4467.85386	3350.91	957.86	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	35.90	4594.01446	3425.32	923.16	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	38.60	4670.00542	3411.19	897.21	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	41.30	4695.39527	3310.97	883.39	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	44.01	4670.04294	3117.59	881.67	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	46.71	4594.0893	2842.19	891.33	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	49.42	4467.96558	2478.89	910.54	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	52.12	4292.17306	2038.18	937.12	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	54.83	4067.952	1531.82	862.82	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	57.53	-136.73881	951.73	706.94	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	60.24	-136.73881	357.83	552.86	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	65.95	1455.67	1111.25	103.65	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	68.20	1887.63	1223.15	105.02	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	70.45	2011.67	1332.69	128.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	72.70	2053.22	1376.23	115.88	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	74.95	2011.60	1337.05	114.26	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	77.20	1887.48	1223.34	93.56	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 13. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo 2.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	2.25	1766.82	796.93	61.75	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	4.50	1866.53	860.51	75.41	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	6.75	1899.82	879.71	76.48	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	9.00	1866.59	857.95	84.67	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	11.25	1766.94	797.32	69.31	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	13.50	1230.69	731.55	68.41	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	14.25	1635.83	63.39	554.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	16.96	2066.95	529.58	627.50	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	19.66	2962.32	943.51	700.02	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	22.37	3665.68	1292.55	764.43	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	25.08	4148.85	1584.84	748.75	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	27.78	4401.67	1814.34	700.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	30.49	4594.09	1984.82	662.36	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	33.19	4731.65	2097.62	632.19	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	35.90	4814.62	2146.42	609.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	38.60	4842.36	2133.29	592.16	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	41.30	4814.66	2079.34	583.04	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	44.01	4731.73	1960.41	581.90	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	46.71	4594.21	1781.50	588.28	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	49.42	4401.84	1556.00	600.95	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	52.12	4149.06	1276.48	618.50	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	54.83	3665.93	956.04	569.46	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	57.53	2963.07	598.55	466.58	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	60.24	2066.95	217.97	364.89	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	65.95	1230.69	731.55	68.41	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	68.20	1766.94	797.32	69.31	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	70.45	1866.59	857.95	84.67	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	72.70	1899.82	879.71	76.48	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	74.95	1866.53	860.51	75.41	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	77.20	1766.82	796.93	61.75	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 14. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo 2.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	2.25	1887.48	785.22	59.53	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	4.50	2011.60	832.79	74.09	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	6.75	2053.22	853.59	74.39	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	9.00	2011.67	832.28	82.75	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	11.25	1887.63	788.69	66.23	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	13.50	1455.67	743.03	61.25	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	14.25	-2358.28	51.97	538.71	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	16.96	-2113.58	463.60	614.91	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	19.66	-1566.31	824.33	689.52	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	22.37	2841.45	1140.87	754.13	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	25.08	3577.14	1382.90	744.17	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	27.78	4067.77	1585.47	700.18	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	30.49	4292.03	1758.15	663.79	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	33.19	4467.85	1836.54	637.59	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	35.90	4594.01	1886.10	615.55	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	38.60	4670.01	1900.72	596.65	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	41.30	4695.40	1833.17	588.04	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	44.01	4670.04	1736.31	584.33	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	46.71	4594.09	1609.17	585.26	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	49.42	4467.97	1395.09	594.47	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	52.12	4292.17	1161.35	605.56	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	54.83	4067.95	909.41	550.07	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	57.53	-136.74	590.63	446.74	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	60.24	-136.74	261.56	342.11	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	65.95	1455.67	743.03	61.25	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	68.20	1887.63	788.69	66.23	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	70.45	2011.67	832.28	82.75	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	72.70	2053.22	853.59	74.39	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	74.95	2011.60	832.79	74.09	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	77.20	1887.48	785.22	59.53	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 15. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo 2.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	2.25	1887.48371	796.93	61.75	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	4.50	2011.59741	860.51	75.41	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	6.75	2053.22144	879.71	76.48	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	9.00	2011.67124	857.95	84.67	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	11.25	1887.63014	797.32	69.31	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	13.50	1455.67448	731.55	68.41	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	14.25	-2358.27526	63.39	554.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	16.96	-2113.58256	529.58	627.50	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	19.66	-1566.3097	943.51	700.02	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	22.37	2841.44851	1292.55	764.43	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	25.08	3577.1379	1584.84	748.75	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	27.78	4067.76877	1814.34	700.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	30.49	4292.0251	1984.82	662.36	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	33.19	4467.85386	2097.62	632.19	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	35.90	4594.01446	2146.42	609.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	38.60	4670.00542	2133.29	592.16	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	41.30	4695.39527	2079.34	583.04	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	44.01	4670.04294	1960.41	581.90	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	46.71	4594.0893	1781.50	588.28	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	49.42	4467.96558	1556.00	600.95	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	52.12	4292.17306	1276.48	618.50	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	54.83	4067.952	956.04	569.46	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	57.53	-136.73881	598.55	466.58	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	60.24	-136.73881	217.97	364.89	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	65.95	1455.67	731.55	68.41	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	68.20	1887.63	797.32	69.31	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	70.45	2011.67	857.95	84.67	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	72.70	2053.22	879.71	76.48	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	74.95	2011.60	860.51	75.41	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	77.20	1887.48	796.93	61.75	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 16. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo cañero 1.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	2.25	1766.82	1232.09	93.56	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	4.50	1866.53	1329.79	114.26	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	6.75	1899.82	1367.08	115.88	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	9.00	1866.59	1325.32	128.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	11.25	1766.94	1233.42	105.02	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	13.50	1230.69	1104.27	103.65	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	14.25	1635.83	122.62	839.83	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	16.96	2066.95	1048.15	950.76	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	19.66	2962.32	1842.00	1060.64	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	22.37	3665.68	2529.57	1158.23	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	25.08	4148.85	3089.72	1134.46	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	27.78	4401.67	3510.17	1061.04	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	30.49	4594.09	3816.15	1003.58	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	33.19	4731.65	4012.63	957.86	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	35.90	4814.62	4080.69	923.16	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	38.60	4842.36	4040.44	897.21	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	41.30	4814.66	3890.46	883.39	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	44.01	4731.73	3643.11	881.67	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	46.71	4594.21	3264.33	891.33	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	49.42	4401.84	2783.49	910.54	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	52.12	4149.06	2193.99	937.12	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	54.83	3665.93	1574.41	862.82	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	57.53	2963.07	941.42	706.94	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	60.24	2066.95	344.82	552.86	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	65.95	1230.69	1104.27	103.65	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	68.20	1766.94	1233.42	105.02	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	70.45	1866.59	1325.32	128.29	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	72.70	1899.82	1367.08	115.88	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	74.95	1866.53	1329.79	114.26	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	77.20	1766.82	1232.09	93.56	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 17. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo cañero 1.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	2.25	1887.48	1224.25	90.19	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	4.50	2011.60	1307.29	112.25	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	6.75	2053.22	1338.52	112.72	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	9.00	2011.67	1305.34	125.39	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	11.25	1887.63	1228.78	100.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	13.50	1455.67	1122.70	92.80	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	14.25	-2358.28	86.12	816.23	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	16.96	-2113.58	972.50	931.68	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	19.66	-1566.31	1686.98	1044.73	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	22.37	2841.45	2313.60	1142.63	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	25.08	3577.14	2816.91	1127.52	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	27.78	4067.77	3204.73	1060.87	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	30.49	4292.03	3507.59	1005.74	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	33.19	4467.85	3671.24	966.04	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	35.90	4594.01	3740.67	932.65	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	38.60	4670.01	3726.16	904.02	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	41.30	4695.40	3573.97	890.98	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	44.01	4670.04	3357.36	885.34	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	46.71	4594.09	3035.07	886.75	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	49.42	4467.97	2589.13	900.71	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	52.12	4292.17	2063.59	917.51	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	54.83	4067.95	1517.99	833.45	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	57.53	-136.74	964.04	676.87	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	60.24	-136.74	437.64	518.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	65.95	1455.67	1122.70	92.80	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	68.20	1887.63	1228.78	100.35	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	70.45	2011.67	1305.34	125.39	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	72.70	2053.22	1338.52	112.72	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	74.95	2011.60	1307.29	112.25	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	77.20	1887.48	1224.25	90.19	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 18. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo cañero 1.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	2.25	1887.4837	1232.09	93.56	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	4.50	2011.5974	1329.79	114.26	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	6.75	2053.2214	1367.08	115.88	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	9.00	2011.6712	1325.32	128.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	11.25	1887.6301	1233.42	105.02	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	13.50	1455.6745	1104.27	103.65	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	14.25	-2358.2753	122.62	839.83	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	16.96	-2113.5826	1048.15	950.76	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	19.66	-1566.3097	1842.00	1060.64	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	22.37	2841.4485	2529.57	1158.23	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	25.08	3577.1379	3089.72	1134.46	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	27.78	4067.7688	3510.17	1061.04	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	30.49	4292.0251	3816.15	1003.58	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	33.19	4467.8539	4012.63	957.86	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	35.90	4594.0145	4080.69	923.16	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	38.60	4670.0054	4040.44	897.21	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	41.30	4695.3953	3890.46	883.39	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	44.01	4670.0429	3643.11	881.67	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	46.71	4594.0893	3264.33	891.33	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	49.42	4467.9656	2783.49	910.54	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	52.12	4292.1731	2193.99	937.12	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	54.83	4067.952	1574.41	862.82	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	57.53	-136.73881	941.42	706.94	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	60.24	-136.73881	344.82	552.86	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	65.95	1455.67	1104.27	103.65	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	68.20	1887.63	1233.42	105.02	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	70.45	2011.67	1325.32	128.29	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	72.70	2053.22	1367.08	115.88	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	74.95	2011.60	1329.79	114.26	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	77.20	1887.48	1232.09	93.56	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 19. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 1 vehículo cañero 2.

VIGA GRUPO	TRAMO	ESTACION	Mr	1.33Mu	1.2Mcr	CUMPLE
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	2.25	93.56	1243.31	1766.83	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	4.50	114.26	1352.15	1866.54	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	6.75	115.88	1398.30	1899.82	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	9.00	128.29	1347.10	1866.60	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	11.25	105.02	1243.70	1766.94	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 1	13.50	103.65	1112.82	1230.69	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	14.25	861.07	0.35	1597.93	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	16.96	839.83	122.79	1635.83	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	19.66	950.76	1025.53	2066.95	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	22.37	1060.64	1821.85	2962.32	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	25.08	1158.23	2494.72	3665.68	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	27.78	1134.46	3029.45	4148.85	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	30.49	1061.04	3464.03	4401.67	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	33.19	1003.58	3794.93	4594.09	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	35.90	957.86	3991.92	4731.65	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	38.60	923.16	4067.21	4814.62	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	41.30	897.21	4033.63	4842.36	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	44.01	883.39	3896.33	4814.66	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	46.71	881.67	3642.58	4731.73	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	49.42	891.33	3280.53	4594.21	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	52.12	910.54	2816.89	4401.84	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	54.83	937.12	2263.74	4149.06	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	57.53	862.82	1637.86	3665.93	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	60.24	706.94	984.07	2963.07	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 2	65.95	552.86	398.74	2066.95	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	68.20	103.65	1112.82	1230.69	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	70.45	105.02	1243.70	1766.94	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	72.70	128.29	1347.10	1866.60	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	74.95	115.88	1398.30	1899.82	SI
VIGA GRUPO 1	TRAMO 3	77.20	114.26	1352.15	1866.54	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 20. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 2 vehículo cañero 2.

<b>VIGA GRUPO</b>	<b>TRAMO</b>	<b>ESTACION</b>	<b>Mr</b>	<b>1.33Mu</b>	<b>1.2Mcr</b>	<b>CUMPLE</b>
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	2.25	90.19	1256.54	1640.07	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	4.50	112.25	1342.83	1736.57	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	6.75	112.72	1354.07	1768.82	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	9.00	125.39	1340.31	1736.63	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	11.25	100.35	1257.96	1640.18	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	13.50	92.80	1128.94	1163.27	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	14.25	829.00	0.00	1575.94	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	16.96	816.23	87.86	1611.50	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 1	19.66	931.68	933.86	1998.03	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	22.37	1044.73	1598.38	2572.43	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	25.08	1142.63	2144.77	3240.14	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	27.78	1127.52	2628.05	3702.09	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	30.49	1060.87	2987.39	3944.70	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	33.19	1005.74	3277.41	4134.67	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	35.90	966.04	3462.71	4270.83	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	38.60	932.65	3532.36	4352.79	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	41.30	904.02	3506.74	4380.17	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	44.01	890.98	3402.60	4352.83	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	46.71	885.34	3196.46	4270.91	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	49.42	886.75	2892.91	4134.79	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	52.12	900.71	2514.86	3944.86	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	54.83	917.51	2064.97	3702.29	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	57.53	833.45	1542.93	3240.37	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 2	60.24	676.87	1010.44	2573.13	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	65.95	518.35	480.45	1998.03	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	68.20	92.80	1128.94	1163.27	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	70.45	100.35	1257.96	1640.18	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	72.70	125.39	1340.31	1736.63	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	74.95	112.72	1354.07	1768.82	SI
VIGA GRUPO 2	TRAMO 3	77.20	112.25	1342.83	1736.57	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 21. Load rating refuerzo mínimo viga grupo 3 vehículo cañero 2.

<b>VIGA GRUPO</b>	<b>TRAMO</b>	<b>ESTACION</b>	<b>Mr</b>	<b>1.33Mu</b>	<b>1.2Mcr</b>	<b>CUMPLE</b>
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	2.25	93.56	1243.31	1766.83	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	4.50	114.26	1352.15	1866.54	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	6.75	115.88	1398.30	1899.82	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	9.00	128.29	1347.10	1866.60	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	11.25	105.02	1243.70	1766.94	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 1	13.50	103.65	1112.82	1230.69	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	14.25	861.07	0.35	1597.93	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	16.96	839.83	122.79	1635.83	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	19.66	950.76	1025.53	2066.95	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	22.37	1060.64	1821.85	2962.32	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	25.08	1158.23	2494.72	3665.68	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	27.78	1134.46	3029.45	4148.85	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	30.49	1061.04	3464.03	4401.67	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	33.19	1003.58	3794.93	4594.09	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	35.90	957.86	3991.92	4731.65	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	38.60	923.16	4067.21	4814.62	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	41.30	897.21	4033.63	4842.36	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	44.01	883.39	3896.33	4814.66	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	46.71	881.67	3642.58	4731.73	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	49.42	891.33	3280.53	4594.21	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	52.12	910.54	2816.89	4401.84	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	54.83	937.12	2263.74	4149.06	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	57.53	862.82	1637.86	3665.93	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	60.24	706.94	984.07	2963.07	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 2	65.95	552.86	398.74	2066.95	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	68.20	103.65	1112.82	1230.69	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	70.45	105.02	1243.70	1766.94	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	72.70	128.29	1347.10	1866.60	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	74.95	115.88	1398.30	1899.82	SI
VIGA GRUPO 3	TRAMO 3	77.20	114.26	1352.15	1866.54	SI

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

**Apéndice II. Resumen de capacidad de carga.**

TABLA 22. Capacidad de carga vehículo 1 conf. 1.

<b>CAPACIDAD DE CARGA DE PUENTE COYOLATE PARA VEHICULO 1 CONF. 1</b>					
	<b>TRAMO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>PESO VEHICULO</b>	<b>LOAD RATING</b>	<b>CAPACIDAD Ton</b>
<b>LOAD RATING A FLEXION</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	10.00	1640
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	20.00	3280
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	10.00	1640
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	3.15	516
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	7.91	1297
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	3.15	516
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	10.00	1640
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	20.00	3280
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	10.00	1640
<b>LOAD RATING A CORTE</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	1.31	216
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	3.21	526
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	1.31	216
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	1.39	228
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	1.39	228
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	1.31	216
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	1.31	216
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	3.21	526
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	1.31	216
<b>LOAD RATING A SERVICIO</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	1.50	246
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	2.95	484
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	1.50	246
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	1.12	184
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	3.64	597
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	1.12	184
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	164	1.50	246
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	164	2.95	484
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	164	1.50	246
<b>CAPACIDAD TOTAL Ton</b>					
<b>184</b>					

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 23. Capacidad de carga vehículo 1 conf. 2.

CAPACIDAD DE CARGA DE PUENTE COYOLATE PARA VEHICULO 1 CONF. 2					
	TRAMO	GRUPO	PESO VEHICULO	LOAD RATING	CAPACIDAD Ton
LOAD RATING A FLEXION	TRAMO 1	GRUPO DE VIGA 1	164	8.80	1443
		GRUPO DE VIGA 2	164	11.00	1804
		GRUPO DE VIGA 3	164	9.71	1592
	TRAMO 2	GRUPO DE VIGA 1	164	3.89	637
		GRUPO DE VIGA 2	164	5.13	841
		GRUPO DE VIGA 3	164	3.82	626
	TRAMO 3	GRUPO DE VIGA 1	164	8.80	1443
		GRUPO DE VIGA 2	164	11.00	1804
		GRUPO DE VIGA 3	164	9.71	1592
LOAD RATING A CORTE	TRAMO 1	GRUPO DE VIGA 1	164	1.13	185
		GRUPO DE VIGA 2	164	1.54	253
		GRUPO DE VIGA 3	164	1.27	208
	TRAMO 2	GRUPO DE VIGA 1	164	1.59	260
		GRUPO DE VIGA 2	164	1.54	253
		GRUPO DE VIGA 3	164	1.27	208
	TRAMO 3	GRUPO DE VIGA 1	164	1.13	185
		GRUPO DE VIGA 2	164	1.54	253
		GRUPO DE VIGA 3	164	1.27	208
LOAD RATING A SERVICIO	TRAMO 1	GRUPO DE VIGA 1	164	1.32	216
		GRUPO DE VIGA 2	164	1.54	252
		GRUPO DE VIGA 3	164	1.44	237
	TRAMO 2	GRUPO DE VIGA 1	164	1.03	168
		GRUPO DE VIGA 2	164	2.36	387
		GRUPO DE VIGA 3	164	1.06	173
	TRAMO 3	GRUPO DE VIGA 1	164	1.32	216
		GRUPO DE VIGA 2	164	1.54	252
		GRUPO DE VIGA 3	164	1.44	237
<b>CAPACIDAD TOTAL Ton</b>					
<b>168</b>					

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 24. Capacidad de carga vehículo 2.

<b>CAPACIDAD DE CARGA DE PUENTE COYOLATE PARA VEHICULO 2</b>					
	<b>TRAMO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>PESO VEHICULO</b>	<b>LOAD RATING</b>	<b>CAPACIDAD Ton</b>
<b>LOAD RATING A FLEXION</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	200	13.00	2600
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	23.00	4600
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	200	13.00	2600
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	200	3.98	797
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	5.95	1190
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	200	3.98	797
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	200	13.00	2600
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	23.00	4600
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	200	13.00	2600
<b>LOAD RATING A CORTE</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	200	2.02	404
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	3.78	755
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	200	2.02	404
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	200	1.84	367
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	2.70	540
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	200	1.84	367
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	200	2.02	404
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	3.78	755
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	200	2.02	404
<b>LOAD RATING A SERVICIO</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	200	2.15	430
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	3.35	670
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	200	2.15	430
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	<b>200</b>	<b>1.21</b>	<b>241</b>
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	2.82	564
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	<b>200</b>	<b>1.21</b>	<b>241</b>
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	200	2.15	430
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	200	3.35	670
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	200	2.15	430
<b>CAPACIDAD TOTAL Ton</b>					
<b>241</b>					

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

TABLA 25. Capacidad de carga vehículo cañero 1.

<b>CAPACIDAD DE CARGA DE PUENTE COYOLATE PARA VEHICULO CAÑERO 1</b>					
	<b>TRAMO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>PESO VEHICULO</b>	<b>LOAD RATING</b>	<b>CAPACIDAD Ton</b>
<b>LOAD RATING A FLEXION</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	10.07	5176
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	6.32	3248
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	10.07	5176
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	2.70	1389
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	5.73	2946
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	2.70	1389
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	10.07	5176
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	6.32	3248
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	10.07	5176
<b>LOAD RATING A CORTE</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	1.00	513
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	1.15	591
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	1.00	513
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	0.88	452
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	1.06	543
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	0.88	452
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	1.00	513
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	1.15	591
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	1.00	513
<b>LOAD RATING A SERVICIO</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	1.63	839
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	0.79	405
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	1.63	839
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	<b>0.62</b>	<b>320</b>
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	<b>0.37</b>	<b>188</b>
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	<b>0.62</b>	<b>320</b>
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	514	1.63	839
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	514	0.79	405
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	514	1.63	839
<b>CAPACIDAD TOTAL Ton</b>					
<b>188</b>					

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

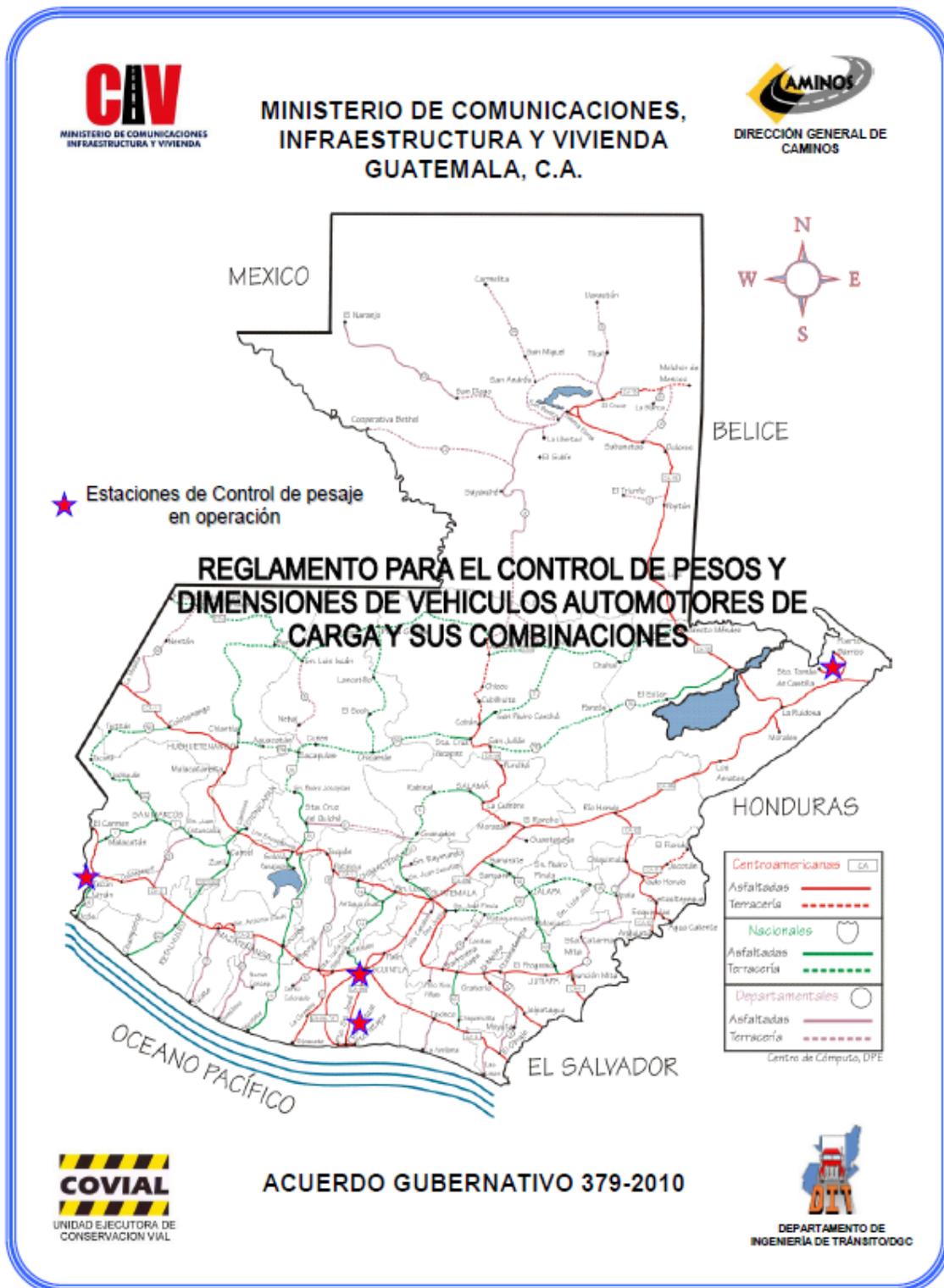
TABLA 26. Capacidad de carga vehículo cañero 2.

<b>CAPACIDAD DE CARGA DE PUENTE COYOLATE PARA VEHICULO CAÑERO 2</b>					
	<b>TRAMO</b>	<b>GRUPO</b>	<b>PESO VEHICULO</b>	<b>LOAD RATING</b>	<b>CAPACIDAD Ton</b>
<b>LOAD RATING A FLEXION</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	8.75	1978
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	10.25	2317
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	8.75	1978
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	2.09	473
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	2.87	648
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	2.09	473
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	8.75	1978
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	10.25	2317
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	8.75	1978
<b>LOAD RATING A CORTE</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	1.00	226
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	1.15	260
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	1.00	226
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	1.08	245
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	1.15	260
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	1.00	226
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	1.00	226
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	1.15	260
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	1.00	226
<b>LOAD RATING A SERVICIO</b>	<b>TRAMO 1</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	1.63	369
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	0.79	178
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	1.63	369
	<b>TRAMO 2</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	<b>0.75</b>	<b>169</b>
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	<b>0.40</b>	<b>90</b>
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	<b>0.75</b>	<b>169</b>
	<b>TRAMO 3</b>	<b>GRUPO DE VIGA 1</b>	226	1.63	369
		<b>GRUPO DE VIGA 2</b>	226	0.79	178
		<b>GRUPO DE VIGA 3</b>	226	1.63	369
<b>CAPACIDAD TOTAL Ton</b>					
<b>90</b>					

Fuente: Obtención propia mediante el programa Excel 2016.

# CAPITULO IX. ANEXOS.

## Anexo I



**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA**  
**“REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE**  
**VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES”**  
**ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

Guatemala, 23 de diciembre del 2010

**EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA**

**CONSIDERANDO**

Que es necesario readecuar y actualizar las normas que determinan los pesos y dimensiones máximas de los vehículos de carga permitiéndoles circular por las carreteras de la República de Guatemala, debiéndose regir por la legislación que para el efecto se emita; tomando en cuenta que su aplicación tendrá como objetivo principal la conservación y protección de la infraestructura vial, así como velar por el desarrollo del parque vehicular nacional.

**CONSIDERANDO**

El esfuerzo que realizan los gobiernos del area centroamericana por homologar las presentes normas a efecto de hacer mas competitivas las flotas de cada pais y en atención a los tratados que en esta materia se requieren para la aplicación de los alcances de la Convención de las Naciones Unidas Sobre Circulación por Carreteras de fecha 19 de septiembre de 1949, norma que fue suscrita por Guatemala y aprobada mediante Decreto Número 1496 del Congreso de la República, es necesario normar las disposiciones de dicha Convención y la aplicación del Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras aprobado en Protocolo de Modificación de fecha 2 de julio 2002;

**CONSIDERANDO**

Que la infraestructura vial se ha desarrollado permitiendo con ello mayores niveles de servicio, ventajas competitivas a nivel nacional y regional, con el apoyo de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial y la Dirección General de Caminos han expuesto que se continúa en el avance de la construcción, mantenimiento y rehabilitación de carreteras, actividades que representan para el Estado de Guatemala un importante paso al desarrollo, por consiguiente una inversión que debe protegerse a través de programas para el control de cargas y reglamentar los pesos y dimensiones de los vehículos que circulan sobre nuestras carreteras evitando la destrucción y deterioro prematuro de nuestra infraestructura vial.

**CONSIDERANDO:**

Que las normas de tipo técnico como la presente se encuentra sujeta a la revision de nuevas circunstancias y experiencias derivadas de estudios nacionales y extranjeros; que además, ésta materia a nivel centroamericano, se ha revisado por los grupos tecnicos regionales organizados por la Secretaria de Integración Centroamericana –SIECA-, ya que la reconstrucción de todo proyecto de infraestructura busca mejorar la convivencia a nivel regional, aspecto que hace conveniente adecuar nuestras normas para el logro de los objetivos de seguridad vial, eficiencia y economía; generando una competencia leal en el sector transporte;

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
“REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES”  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

**POR TANTO**

En uso de las facultades que le confiere el artículo 183, inciso c) de la Constitución Política de la República de Guatemala y con fundamento en los artículos 195 de la Carta Magna y 17 del Decreto número 114-97 del Congreso de la República, Ley del Organismo Ejecutivo.

**EN CONSEJO DE MINISTROS**

**ACUERDA**

Emitir el siguiente:

**“REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES”**

**Artículo 1o.** Únicamente se permitirá circular en las carreteras del país a los vehículos automotores o combinaciones de éstos que llenen los requisitos establecidos por el presente Reglamento.

**Artículo 2o.** Para los efectos de aplicación de las disposiciones del presente Reglamento se establecen las siguientes definiciones:

**Acoplamiento:** Mecanismo de conexión que une el vehículo tractor con el vehículo remolcado.

**Acreditación:** Atestación de tercera parte relativa a un organismo de evaluación de la conformidad que manifiesta la demostración formal de su competencia para llevar a cabo tareas específicas de evaluación de la conformidad.

**Atestación:** Emisión de una declaración, basada en una decisión tomada después de la revisión, de que se ha demostrado que se cumplen los requisitos especificados.

**Calibración:** Conjunto de operaciones que permiten establecer en condiciones específicas, la relación existente entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medida, los valores representados por una medida material o un material de referencia y los valores correspondientes obtenidos mediante un patrón de referencia.

**Caminos Rurales (CR):** Interconectan caseríos, aldeas y comunidades rurales de los correspondientes municipios, une con rutas departamentales.

**Carga especializada:** Carga integral en su mayoría de gran volumen, en donde los pesos y dimensiones son excepcionales e indivisibles, por lo tanto su medio de transporte debe realizarse con equipo especializado.

**Carga útil:** Peso de la carga que un vehículo puede transportar en condiciones de seguridad.

**Combinación de Vehículos:** Es un vehículo articulado con un remolque o camión con un remolque.

**Conductor:** Es toda persona autorizada que conduzca un vehículo automotor.

**Contrapeso:** Masa fijada sobre la estructura de la grúa para ayudar a equilibrar las acciones de la carga.

**Departamento:** Es el Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Dirección General de Caminos, designado para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores y sus Combinaciones.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

**Distancia entre ejes:** Distancia entre los ejes del tren de rodadura, medida paralela al eje longitudinal de desplazamiento (medición realizada de centro a centro de los ejes).

**Eje Simple:** Es el eje que está compuesto por dos ruedas, una en cada extremo del eje.

**Eje Simple de Rueda Doble:** Es el que está compuesto de cuatro ruedas de igual medida de fabricación dos ruedas en cada extremo del eje, o una rueda de doble ancho en cada extremo del eje.

**Eje Doble (Tándem):** Es el conjunto de dos ejes simples de ruedas dobles, con una separación de centros comprendida entre 1.00 y 2.45 metros.

**Eje Doble (Tándem) Tipo A:** Es aquel que dispone de un mecanismo que transfiere a uno de sus ejes no menos del 40% de los pesos que soporta el conjunto.

**Eje Doble (Tándem) Tipo B:** Es aquel que no dispone de un mecanismo de transferencia.

**Eje Triple:** Es el conjunto de tres ejes simples de rueda doble con una separación de sus centros comprendida entre 1.00 y 2.45 metros.

**Eje Triple Tipo A:** Es aquel que dispone de un mecanismo que transfiere como mínimo el 28% del peso total del conjunto a cada uno de los ejes.

**Eje Triple Tipo B:** Es aquel que no dispone de un mecanismo de transferencia.

**Eje Cuádruple:** Es el conjunto de cuatro ejes simples de rueda doble con una separación de sus centros comprendida entre 1.00 y 2.45 metros.

**Estabilizadores:** Dispositivos destinados a aumentar y/o asegurar la base de apoyo de una grúa en posición de trabajo.

**Estaciones de Control:** Puntos estratégicos ubicados sobre la red vial del país para regular el flujo y comportamiento vehicular de carga, haciendo uso de básculas fijas y equipo de báscula móvil.

**Grúa móvil autopropulsada:** Maquinaria de elevación de funcionamiento discontinuo, destinado a elevar y distribuir en el espacio cargas suspendidas de un gancho o cualquier otro accesorio de aprehensión, dotado de medios de propulsión y conducción que forma parte de un conjunto con posibilidad de desplazamiento por vías públicas.

**Mercancía peligrosa:** Sustancia que atenta contra la salud, vida humana, animal, vegetal o contra el medio ambiente y que está identificada por los organismos nacionales e internacionales.

**Peso bruto vehicular (PBV):** Suma del peso tara vehicular y el peso de la carga útil, mas todo el embalaje que este contenga, incluyendo el peso del conductor y cualquiera otras personas transportadas al mismo tiempo.

**Peso por eje:** Concentración de peso, expresado en kilogramos fuerza, que un eje transmite a todas las llantas que conforman el mismo y éstos a la superficie de rodamiento.

**Peso tara vehicular:** Peso de un vehículo o combinación vehicular con accesorios, en condiciones de operación, sin carga.

**Peso:** Fuerza que ejerce sobre la superficie terrestre un vehículo expresado en kilogramos-fuerza (kg).

**Pluma:** Componente estructural de la grúa capaz de soportar el órgano de aprehensión cargado, asegurando el alcance y la altura de elevación solicitadas.

**Remolque:** Es el vehículo que soporta la totalidad de su peso sobre sus propios ejes y que está destinado a ser halado por un vehículo automotor.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

**Rueda de Doble Ancho:** Es aquella cuyo ancho sea mayor de 38 centímetros.

**Rutas Centroamericanas (CA):** Interconectan la capital con distintas fronteras del país, desde otra ruta centroamericana, unen puertos de importancia con la capital o desde otra ruta centroamericana, atraviesan longitudinal y transversalmente la república y posee las mejores condiciones de diseño que la topografía le permite.

**Rutas Departamentales (RD):** Interconectan cabeceras con municipios, caminos departamentales con municipales, rutas nacionales entre sí.

**Rutas Nacionales (RN):** Interconectan cabeceras departamentales y rutas centroamericanas con puertos de importancia comercial para el país; se consideran redes auxiliares de las rutas centroamericanas.

**Semirremolque:** Es el vehículo que carece de eje delantero que descansa la parte frontal de su peso en un tractor o cabezal y que está destinado a ser halado.

**Tractor o Cabezal:** Es el vehículo automotor destinado a soportar y halar un semirremolque.

**Trazabilidad:** propiedad del resultado de una medición o el valor de un patrón por medio de la cual éste puede ser relacionado con los patrones de referencia, usualmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, teniendo establecidas las incertidumbres.

**Vehículo Articulado:** Es el compuesto por un tractor o cabezal y un semirremolque.

**Vehículo Automotor:** Significa todo el vehículo provisto de un dispositivo mecánico de autopropulsión, utilizado normalmente para el transporte de personas o mercancías, por carretera y que no marche sobre rieles o conectado a un conductor eléctrico.

**Velocidad de desplazamiento en ruta:** Velocidad de desplazamiento de la unidad vehicular en orden de marcha, accionada por sus propios medios.

**Artículo 3o. Abreviaturas y definiciones de vehículos tipo:**

**C-2:** Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción).

**C-3:** Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de doble o Tándem (eje de tracción).

**C-4:** Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).

**T-2:** Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje simple de rueda doble (eje de tracción).

**T-3:** Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje doble o Tándem (eje de tracción).

**T-4:** Es un tractor o cabezal con un eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).

**S-1:** Es un semi-remolque con un eje trasero simple de rueda doble.

**S-2:** Es un semi-remolque con un eje trasero doble o Tándem.

**S-3:** Es un semi-remolque con un eje trasero triple.

**S-4:** Es un semi-remolque con un eje trasero cuádruple.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

**R-2:** Es un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero simple o de rueda doble.

**R-3:** Es un remolque con un eje delantero simple o de rueda doble y un eje trasero doble Tándem.

**R-4:** Es un remolque con dos ejes de rueda doble o Tándem en cada uno de sus extremos.

**Artículo 4º.** Los vehículos y combinaciones no deberán exceder el peso bruto vehicular que señalen sus fabricantes y el artículo 5o. de este Reglamento.

**Artículo 5º. PESOS Y DIMENSIONES:**

- A.** Se permitirá la circulación de vehículos ó combinaciones de vehículos cuyo peso por eje no exceda los límites que se indican a continuación:

PARA VEHÍCULOS TIPO C2 Y C3		PARA OTROS VEHICULOS
Eje Simple	5,500 Kg	5,000 Kg
Eje Simple Rueda Doble	10,000 Kg	9,000 Kg
Eje Doble (tándem) Tipo A	16,500 Kg	16,000 Kg
Eje Doble (tándem) Tipo B	12,000 Kg	12,000 Kg
Eje Triple Tipo A		20,000 Kg
Eje Triple Tipo B		17,000 Kg

Se permitirá una variación hasta del 8% del peso por eje indicado en los tipos de vehículos C2 y C3 y el 5% para otros tipos de vehículos, siempre que el peso bruto vehicular no exceda del peso máximo autorizado en este reglamento.

- B.** Se permitirá que vehículos o combinaciones de vehículos circulen por carreteras con un peso bruto vehicular hasta los indicados en la siguiente tabla, siempre que no sean excedidos los límites establecidos en el inciso anterior y que la separación entre ejes más distantes no sea menor a las que se especifican a continuación:

TIPO DE VEHÍCULO AUTORIZADO	SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE EJES MÁS DISTANTES (metros)	PESO TOTAL (kilogramos)
C-2	5.00	15,500
C-3	5.00	22,000
C-3 Rueda de Doble Ancho	5.00	26,000
C-4	5.00	25,000
T2-S1	6.67	23,000
T2-S2	10.50	30,000
T2-S3	10.50	34,000
T3-S1	10.50	30,000
T3-S2	14.40	37,000
T3-S3	14.40	41,000
T3-S4	14.40	45,000
C2-R2 (Remolque con rueda sencilla)	12.38	25,500
C2-R2 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	12.38	27,500
C2-R2 (Remolque con rueda doble)	12.38	29,500
C3-R2 (Remolque con rueda sencilla)	14.40	32,000
C3-R2 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	14.40	34,000
C3-R2 (Remolque con rueda doble)	14.40	36,000
C3-R3 (Remolque con rueda sencilla)	14.40	37,000
C3-R3 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	16.00	39,000
T2-S1-R2 (Remolque con rueda sencilla)	16.00	33,000

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

T2-SI-R2 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	16.00	35,500
T2-SI-R2 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	16.00	38,000
T3-SI-R2 (Remolque con rueda sencilla)	16.00	40,000
T3-SI-R2 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	16.00	42,500
T3-SI-R2 (Remolque con rueda doble)	16.00	45,000
T3-SI-R4 (Remolque con ejes tándem)	16.00	50,000
T3-S2-R2 (Remolque con rueda sencilla)	16.00	47,000
T3-S2-R2 (Remolque con rueda sencilla y rueda doble)	16.00	49,500
T3-S2-R2 (Remolque con rueda doble)	16.00	52,000
T3-S2-R4 (Remolque con ejes tándem)	16.00	57,000

**PESOS MÁXIMOS AUTORIZADOS POR EJES PARA REMOLQUES**

**Combinados con vehículos Tipo C2 y C3**

- a) Eje sencillo rueda simple            5,000 kg
- b) Eje sencillo rueda doble            7,000 kg
- c) Eje tándem                                10,000 kg

**Combinados con vehículos Tipo T-S-R**

- d) Eje sencillo rueda simple            5,000 kg
- e) Eje sencillo rueda doble            7,500 kg
- f) Eje tándem                                10,000 kg

**Rueda doble ancho**

- g) Eje de rueda de doble ancho        10,000 kg

**Transporte especializado**

- h) Para el transporte especializado los pesos máximos permitidos por ejes son: 10,000 kg en ejes con 4 llantas y 12,000 kg en ejes con 8 llantas.
- i) Gruas autopropulsadas el peso máximo permitido es de 12,000 Kg por eje (siempre y cuando se haga uso de ruedas de doble ancho)
- j) Todo transporte especializado debe hacer uso de la forma 1-83, para realizar los estudios y análisis técnicos correspondientes.

C. El vehículo o combinación de vehículos cuyas separaciones entre ejes sea menor que la indicada en el inciso b), su peso máximo permisible (en kilogramos) se calculará por medio de la fórmula:

$$w = 1,000 \left( \frac{LN}{N-1} + 2.5N + 5.5 \right)$$

En donde:

W = Peso máximo permisible

L = Separación entre ejes más distantes en metros.

N = Número de ejes simples (para vehículos de más de 5 ejes se usará N=5).

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

La fórmula anterior, también se aplicará para determinar el peso máximo permisible de cualquier grupo de dos o más ejes consecutivos, salvo lo ya previsto para el eje doble (tándem) y el eje triple.

- D. No se permitirá la circulación de vehículos o combinaciones de vehículos, cuya separación entre ejes más distantes sea inferior a las siguientes:

TIPO DE VEHÍCULO	SEPARACIÓN PERMISIBLE P/CIRCULACIÓN (METROS)
C2	2.40
C3	3.00
C4	3.50
T2-S1	8.00
T2-S2	8.00
T2-S3	8.50
T3-S1	8.00
T3-S2	9.00
T3-S3	9.50
T3-S4	9.50
C2-R2	10.50
C3-R2	12.50
C3-R3	14.00
T2-SI-R2	14.00
T3-SI-R2	14.00
T3-S2-R2	14.00
T3-S2-R4	14.00
T3-SI-R4	14.00

- E. Dimensiones máximas permitidas:

TIPO DE VEHÍCULO	LONGITUD TOTAL MÁXIMA (METROS)
C-2	12.00
C-3	12.00
C-4	16.75
T2-S1	16.75
T2-S2	17.50
T2-S3	17.50
T3-S1	17.50
T3-S2	17.50
T3-S3	17.50
T3-S4	17.50
C2-R2	18.30
C3-R2	18.30
C3-R3	18.30
T2-S1-R2	23.00
T3-SI-R2	23.00
T3-SI-R4	23.00
T3-S2-R2	23.00
T3-S2-R4	25.00
Otras Combinaciones	18.30

Ancho: 2.60 metros  
Alto: 4.15 metros

- F. En los vehículos tipo C2 y C3 se permitirá que la carga sobresalga del vehículo un metro hacia adelante y/o hacia atrás. En los otros tipos de vehículos se permitirá lo anterior, siempre que no se exceda la longitud total máxima permitida a cada tipo de vehículo.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

- G. En caso de desperfectos mecánicos, un vehículo de los previstos en el presente Reglamento podrá remolcar a otro, siempre que no sobrepase la combinación de ambos la longitud total de 29 metros, debiéndose utilizar en el remolque equipos adecuados que mantengan la seguridad del tránsito. En tal situación, se le aplicarán los correspondientes pesos por eje a cada uno de los vehículos.
- H. Además de las limitaciones indicadas anteriormente, el peso total de cualquier vehículo ó combinación de vehículos, no deberá ser mayor que el calculado en una relación de 182 kilogramos por caballo de fuerza al embrague o su equivalente en caballos de fuerza del motor.
- I. Ajustándose a las necesidades y competitividad del sector transporte en beneficio de la economía del país, se amplía los pesos y dimensiones para la flota nacional de carga bajo los siguientes parámetros técnicos:
  - 1. Para el transporte de carga seca en los tipos C2, C3, T3-S2 y T3-S3, se autoriza un incremento del 3% de peso en los ejes de tracción y/o ejes tándem y/o ejes triple y en ningún momento en los ejes direccionales, del parque vehicular nacional (Anexo 2).
  - 2. Para el transporte de combustible en los tipos C2 y C3, se autoriza un incremento del 8% de peso en los ejes de tracción y/o ejes tándem y ejes direccionales, en los tipos T3-S2 y T3-S3, se autoriza un incremento del 4% de peso en los ejes tándem y/o triples y un 10% en los ejes direccionales del parque vehicular nacional (Anexo 2).
  - 3. Se le permitirá al transporte de carga un incremento en sus longitudes hasta 22 m para los vehículos articulados tipo T3-S2 y T3-S3 y hasta 25 m para las combinaciones vehiculares tipo T3-S2-R4, siempre y cuando transite dentro del territorio nacional (Anexo 2).
  - 4. Para el transporte no matriculado en la República de Guatemala se aplicará la presente norma (Anexo 1), ya que las presentes modificaciones registrarán solamente en territorio nacional.
  - 5. Los vehículos que violen las presentes normas en las diferentes estaciones de control no podrán continuar su recorrido mientras no comprueben haber eliminado el exceso de carga y/o desbalance de carga o corregido el sobredimensionamiento de la misma mediante la aplicación de la forma 1-83 (carga indivisible) si fuere el caso.
  - 6. Todo incremento o decremento de carga esta sujeto a cambios, para lo cual debera de contarse con estudios y analisis tecnicos correspondientes.

**Artículo 6º.** La Dirección General de Caminos, expedirá Permiso Especial para la circulación por determinadas rutas a los vehículos o combinaciones de vehículos cuyas características excedan los límites establecidos por este Reglamento, previa solicitud del interesado con veinticuatro horas de anticipación, cuando el peso bruto total sea menor o igual a 55,000 kg.

Si las cargas sobrepasan los 55,000 kg y las dimensiones rebasan los límites permisibles, lo resuelto se notificará al interesado en un plazo no mayor de 15 días, a partir del momento en que la solicitud sea recibida en el "Departamento" con toda la documentación correspondiente, haciendo uso de la forma 1-83 siempre que a la expedición de dicho permiso preceda un estudio y análisis técnico favorable que efectuará la misma Dirección General de Caminos, en cuanto a desgaste de las carreteras, daños posibles a las estructuras existentes, seguridad para el tránsito ordinario y demás aspectos que considere convenientes en los siguientes casos:

- A. Para el caso de las cargas sobredimensionadas y/o excesivas en peso bruto total, el permiso será para un solo viaje;
- B. El Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda a través de la Dirección General de Caminos, podrá suscribir convenios con instituciones y organizaciones que así lo requieran observando siempre lo dispuesto en el presente reglamento.
- C. Para los vehículos que justificada y constantemente deban transportar cargas que rebasen los límites previstos, podrá otorgarse permiso especial a través de la forma 1-83, anotando en el reverso las condiciones de operación y seguridad vial que deberán cumplirse para su locomoción. Dependiendo

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

de las características de la carga, tipo de transporte a emplear y rutas a utilizar, el responsable del transporte esta obligado a cumplir las siguientes condiciones, según el caso:

- c.1 Verificar pesos y dimensiones en las estaciones de control de pesaje fijas o con equipo de báscula móvil.
- c.2 Este permiso no exime de responsabilidades por cualquier daño a estructuras o accidentes que se susciten con el transporte durante el trayecto autorizado.
- c.3 Llevar vehiculos escoltas adelante y/o atrás, con banderas rojas, balizas color ambar y luces intermitentes.
- c.4 Colocar banderas de tela roja grandes y limpias con reflectividad en los extremos salientes de la carga, delimitar con cinta reflectiva su volumetría y/o hacer uso de luces si su locomoción se realiza en horas nocturnas, colocar de forma visible un rotulo reflectivo cuya descripción será "CARGA ANCHA".
- c.5 Viajar solo de día y sobre el carril derecho de la carretera según el sentido de desplazamiento; se podrá autorizar su locomoción en horario nocturno siempre y cuando cumpla con las condiciones de seguridad delimitadas y emanadas por los organos competentes.
- c.6 Ceder el paso en puentes y tramos estrechos de la carretera.
- c.7 Al transitar sobre puentes deberá realizarse por el centro a una velocidad de 10 kms./ hora sin hacer cambios de velocidad ni frenar.
- c.8 No circular domingos ni días festivos.
- c.9 No circular con fugas de combustible, lubricantes, melaza o cualquier otro fluido que dañe el pavimento o represente peligro para los usuarios.
- c.10 Los horarios de circulación serán delimitados por los organos competentes.
- c.11 Queda terminantemente prohibido transitar por puentes Bailey, recomendando el uso de vados o desvíos.
- c.12 Utilizar sobrepuentes, dependiendo de las restricciones de locomocion.
- c.13 Verificar alturas previo a pasar por puentes de estructura superior de metal.
- c.14 Que el transporte se efectúe a una velocidad no mayor a la señalada por la Dirección General de Caminos en el permiso respectivo.
- c.15 Prohibido circular en convoy al transitar sobre puentes y en carreteras deberán guardar una distancia prudencial que será definida por el "Departamento".
- c.16 Para cargas sobredimensionadas, ceder el paso en puentes y tramos estrechos de la carretera abandonando la vía asfáltica, estacionándose en lugares apropiados donde se permita la libre circulación del flujo vehicular sin ninguna interrupción.
- c.17 Al transitar por los perimetros urbanos deben coordinar con las municipalidades competentes.
- c.18 Los permisos especiales seran válidos únicamente sobre las rutas que designe la Dirección General de Caminos.
- c.19 Deberá considerar las medidas necesarias para reforzar de manera segura aquellas estructuras que a juicio de las autoridades competentes, no sean aptas para soportar las cargas indicadas en la forma 1-83; en coordinación con personal estructuralista de la Dirección General de Caminos, analizar el uso de sobrepuentes o apuntalamiento de ciertas estructuras para autorizar el paso sobre ellas.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

- c.20 A costa del responsable se reparen los daños causados a la carretera y/o terceros, debido al uso inadecuado de la infraestructura vial que pudieren producirse por el transporte de carga.
- c.21 Debido a circunstancias desfavorables del tiempo u otra causa la Dirección General de Caminos, podrá demorar el viaje hasta que desaparezca la causa por la cual fue postergado.
- D. Al hacer uso de la infraestructura vial del país las grúas móviles autopropulsadas deberán transitar sin contrapesos, para lo cual debe solicitar previamente ante el "Departamento" el permiso especial correspondiente (forma 1-83).

Las escoltas deben hacer uso de balizas color ambar, así mismo la empresa encargada del transporte deberá coordinar la transitabilidad y los horarios dentro del perímetro urbano correspondiente.

**Artículo 7º.** Cuando por interés público tenga que transportarse maquinaria pesada u otra carga que no pueda distribuirse proporcionalmente, ni transportarse por cualquier otro medio especializado, la Dirección General de Caminos podrá conceder autorización, si los interesados se comprometen a:

- A. Construir por cuenta propia desvíos o badén que a juicio de la Dirección General de Caminos sean necesarios para la protección de puentes y obras de arte, utilizando la forma 1-83, por medio de la cual se harán los análisis y evaluaciones técnicas correspondientes, para el uso de sobrepuentes o apuntalamientos de ciertas estructuras previo a su autorización, coordinando todo trabajo con personal estructuralista y profesional de la Dirección General de Caminos.
- B. Resarcir los daños que pudieran producirse en su locomoción, como: puentes, obras de arte, separadores viales, arriate central, bordillos, terracería y pavimento del camino o carretera.

**Artículo 8º.** Ningún vehículo automotor, con placas o matrículas extranjeras, podrá transportar mercaderías dentro del territorio nacional.

Se exceptúan de la anterior prohibición, los vehículos remolque o semirremolques matriculados en cualquiera de los Estados centroamericanos que ingresen temporalmente al país y que se ajusten a todas las disposiciones citadas en este Reglamento, en especial a las limitaciones siguientes:

- A. Que ingresen temporalmente al país, sin exceder los pesos y dimensiones reglamentados mientras atraviesan el territorio nacional siempre que no se efectúen transbordos, carga o descarga de mercaderías, debiendo demostrar en las Estaciones de Control con la documentación respectiva, que únicamente va en tránsito; y
- B. Que mientras permanezcan temporalmente en el país no podrán dedicarse al transporte comercial de mercaderías, salvo el mencionado en el inciso anterior.

**Artículo 9º.** Es competencia de la Dirección General de Caminos, mantener un departamento específico para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores y sus combinaciones para el transporte de carga afectos a este Reglamento, el cual estará a cargo de un Jefe Profesional y demás personal que considere necesario para el cumplimiento de sus funciones que serán:

- A. La aplicación del Reglamento, para cuyo efecto el "Departamento" contará con personal técnico y profesional quienes por sus funciones tendrán el carácter de Autoridad y serán reforzados por Agentes de Seguridad del Ministerio de Gobernación.
- B. Planificar, organizar, instalar, mantener, operar y administrar las actividades del control de pesos y dimensiones de los vehículos por medio de una Oficina Central y a través de las Estaciones de Control de pesaje fijas y operativos con báscula móvil en las diferentes carreteras del país, haciendo uso de equipo complementario que se considere necesario.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA**  
**“REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE**  
**VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES”**  
**ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

Gestionar con anticipación ante la Dirección General de Caminos, para que ésta con antelación de cuatro meses al plazo previsto por el artículo 25 de este Reglamento, solicite ante el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda la convocatoria de los Organismos siguientes: Ministerio de Economía -MINECO-, Ministerio de Finanzas Públicas -MFP-, Secretaría General del Consejo de Planificación Económica -SEGEPLAN-, Dirección General de Transportes -DGT-, Dirección General de Caminos -DGC-, Municipalidad de Guatemala, Coordinadora Nacional de Transportes -CNT-, Cámara de Comercio de Guatemala -CCG-, Cámara de Industria de Guatemala -CIG-, Cámara Guatemalteca de la Construcción -CGC-, Cámara del Agro, Comité de Asociaciones Comerciales, Industriales y Financieras -CACIF-, Asociación de Azucareros de Guatemala -ASAZGUA-, Gremial de Transportistas Especializados en Combustibles -GRETEC-, Asociación de Transportistas Internacionales -ATI-, Consejo de Usuarios del Transporte Internacional de Guatemala -CUTRIGUA-, Cámara de Transportistas Centroamericanos -CATRANSCA- así como de otros entes que estime convenientes, a efecto de contar con igual número de instituciones del Gobierno y Sector Privado con el objeto de que propongan ante dicho Ministerio a sus representantes para integrar la Comisión que efectuará la revisión establecida.

- C. En caso de daño a la infraestructura vial y puentes que limite la libre circulación vehicular, previo a las publicaciones y/o señalizaciones pertinentes por razones justificadas, la Dirección General de Caminos podrá disponer de la reducción o ampliación temporal necesaria de los límites establecidos por este Reglamento en determinadas carreteras o puentes en particular cuando se aplique este artículo. El Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda notificará a las entidades a que hace mención el artículo 9o. inciso c) del presente Reglamento.

**Artículo 10°.** Toda persona individual o jurídica que importe y/o comercialice vehículos, debe prever que éstos sean adecuados a las presentes normas. El hecho de que los vehículos cuenten con componentes de mayor capacidad a los pesos autorizados, no implica más derecho que los que establece este Reglamento para la circulación por las carreteras del país; las personas o entidades indicadas en el párrafo precedente, no deberán efectuar propaganda que contravenga esta disposición o que pueda inducir a error a sus compradores.

Los vehículos automotores y sus combinaciones deberán llevar llantas neumáticas o dispositivos de suficiente elasticidad. Queda prohibido usar objetos metálicos en la superficie de rodaje de las llantas que puedan formar salientes. La presión de las llantas, en ningún caso, debe de exceder a siete kilogramos por centímetro cuadrado (7 kg/cm<sup>2</sup>), salvo las llantas radiales cuyos límites serán de 8.4 kilogramos por centímetro cuadrado (8.4 kg/cm<sup>2</sup>). Queda prohibido circular con cadenas o bandas metálicas en superficies pavimentadas.

**Artículo 11°.** La fabricación de vehículos y el acoplamiento de estos debe estar de acuerdo a lo recomendado por las normas de la "Sociedad de Ingenieros Automotrices" de los Estados Unidos de América (S.A.E) o similares.

**Artículo 12°.** Todos los vehículos de transporte de carga deberán pasar obligadamente por las Estaciones de Control de pesaje fija o cuando se realicen operativos con báscula móvil, sin previo requerimiento y al hacerlo el conductor debe presentar su licencia de piloto y la o las tarjetas de circulación según el tipo de vehículo de que se trate, en dichas estaciones se les extenderá la boleta de peso correspondiente por ejes, la cual indicará como mínimo lo siguiente: Número de placas, peso por ejes, peso bruto total, fecha, hora y si tuviera problemas se evidenciará en la misma el sobrepeso y/o desbalance de carga y/o la sobredimensión. Los vehículos que el personal de las Estaciones de Control constaten que transitan vacíos, podrán continuar su recorrido.

**Artículo 13°.** Al comprobarse en la Estación de Control de Pesaje que un vehículo excede los límites autorizados, éste no podrá continuar su recorrido ni regresar en tanto no sea retirado el exceso de carga o corregidas las dimensiones de la misma. En caso que el exceso sea del 5% o menos sobre su peso autorizado, se le permitirá continuar con la sanción correspondiente. La carga retirada o el vehículo detenido no deberá obstaculizar la carretera o los accesos a la Estación de Control, se le dará 24 horas para el retiro del excedente.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA**  
**“REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE**  
**VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES”**  
**ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

**Artículo 14°.** El personal de las Estaciones de Control de pesaje no tendrá obligación de custodiar o remover la carga ni los vehículos a que se hace referencia en el artículo anterior, para lo cual brindaran el asesoramiento correspondiente, toda carga estará a cargo de los propietarios, transportistas, portadores o conductores.

**Artículo 15°.** Los propietarios, portadores o conductores de vehículos que amenacen, insulten o pretendan sobornar a las autoridades de las Estaciones de Control, serán consignados a los tribunales competentes para su sanción conforme a las leyes vigentes.

**Artículo 16°.** Se prohíbe la circulación de maquinaria para uso agrícola y de cualquier otro tipo de maquinaria que no esté diseñada para circular en carreteras, solos o remolcando carretones en rutas centroamericanas y nacionales; los que así lo hicieren serán consignados por las autoridades competentes a los tribunales respectivos, sin perjuicio de la sanción económica correspondiente.

Se permitirá la circulación de tractores agrícolas en rutas departamentales y caminos rurales (de tercer orden) halando un solo remolque o semirremolque, para lo cual se deberá considerar todo aspecto de seguridad vial en su locomoción.

**Artículo 17°.** **SANCIÓNES:** Los infractores serán reportados por medio de boletas de pesaje emitidas por las autoridades correspondientes, previa revisión y verificación de datos de la boleta e inmediatamente se procederá a imponer la infracción y a elaborar un informe detallado que la respalde; remitiendo dicha documentación a los tribunales competentes para la aplicación de las multas respectivas.

Los informes deberán indicar los artículos e incisos y circunstancias de la violación, sin perjuicio de las responsabilidades penales y civiles, respectivamente.

Las infracciones a las disposiciones previstas en este Reglamento serán sancionadas en cada Estación de Control, tramo carretero y/o jurisdicción vial.

Las autoridades competentes, no autorizarán ninguna gestión en cuanto no se compruebe que los automotores afectos a este Reglamento se encuentren solventes.

**Artículo 18°.** A los infractores de las disposiciones de este Reglamento, se les impondrán las siguientes sanciones por paso en cada Estación de Control fija y operativos con báscula móvil como sigue:

- A.** Por excederse en los pesos brutos vehiculares autorizados en la forma siguiente:
- |     |    |   |            |
|-----|----|---|------------|
| a.1 | De | 101 a 500 kilogramos  | Q. 200.00  |
| a.2 | De | 501 a 1,000 kilogramos  | Q. 500.00  |
| a.3 | De | 1,001 a 1,500 kilogramos  | Q. 750.00  |
| a.4 | De | 1,501 a 2,000 kilogramos  | Q.1,000.00 |
| a.5 | De | 2,001 a 2,500 kilogramos  | Q.1,500.00 |
| a.6 | De | 2,501 kilogramos en adelante Q.1,500.00 más Q. 70.00 por cada 100 kilogramos de exceso. |            |
- B.** Por evadir el paso por las diferentes Estaciones de Control de pesaje para verificar su peso y dimensiones Q.2,000.00, la reincidencia en dicha infracción conlleva la intervención de la Policía Nacional Civil –PNC- o autoridades competentes, quienes procederán a su detención y consignación a los tribunales correspondientes.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
"REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE  
VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES"  
ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

C. Por exceder los pesos por eje autorizados en el artículo 5o. inciso a) de éste Reglamento en la forma siguiente:

d.1	De 101 a	500 kg	Q.200.00
d.2	De 501 a	1,000 kg	Q.500.00
d.3	De 1,001 kg en adelante		Q.760.00

Por contravenir el contenido de las disposiciones previstas por éste Reglamento, salvo las que están especificadas en este mismo artículo Q.100.00.

E. Los propietarios de vehículos que obtengan Permisos Especiales y que no cumplan con los requisitos establecidos, no podrán continuar su recorrido y los vehículos serán detenidos y sancionados con una multa de Q.500.00

F. Cuando el piloto dolosamente deje cualquier documento del vehículo o de la carga en la Estación de Control con fines de evasión, la empresa administradora anotará en bitácora y emitirá un informe circunstanciado sobre el hecho cometido. Dicha empresa remitirá los documentos a los tribunales correspondientes, donde se aplicará la sanción respectiva.

**Artículo 19º.** Son responsables por el cumplimiento de este Reglamento y serán sancionados por las infracciones al mismo, según el caso:

- A. Las compañías importadoras y exportadoras que utilicen el sistema multi-modal de transporte;
- B. Los propietarios de los vehículos no contemplados en el inciso anterior; y
- C. Los conductores de los vehículos, cuando corresponda.

La infracción se emitirá contra el tracto-camión y se anotará el número de registro del furgón o contenedor y el nombre del conductor.

Las personas individuales o jurídicas mencionadas en el inciso A), tendrán un plazo de quince días para pagar la multa y en caso contrario se solicitará la detención del tracto-camión.

**Artículo 20º.** Todo camion, vehículo articulado o combinación vehicular de carga deberá delimitar su volumetría, además del volúmen de la carga saliente en todos sus lados, haciendo uso de cinta reflectiva colocada de manera segmentada, utilización de triángulos, luces y otros distintivos reflectivos, debiendo atender lo estipulado en la Ley de Tránsito, su Reglamento y normas complementarias.

Los vehículos que transporten materiales y sustancias peligrosas deben cumplir con los requisitos de seguridad, según normas nacionales e internacionales y conforme al permiso extendido por la autoridad competente en cuanto a rotulación, manipulación, empaque, embalaje, aditamentos y dispositivos de seguridad, transporte a granel, rutas, horarios, etc.

**Artículo 21º.** Los equipos de medición que se utilicen en el marco de este reglamento deben estar debidamente calibrados.

Las empresas o laboratorios que suministran los servicios de calibración en las diferentes estaciones de control de pesaje fijas o báscula móvil, deben contar con el aval de la Oficina Guatemalteca de Acreditación.

La Dirección General de Caminos a través del "Departamento" correspondiente, debe establecer un sistema de gestión de calidad para la actividad de inspección que realiza, a efecto que este responda a las normas y guías aplicables a nivel nacional e internacional, con el fin de garantizar que ésta sea confiable, eficaz y transparente a los equipos de medición.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA**  
**“REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE**  
**VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES”**  
**ACUERDO GUBERNATIVO 379-2010**

Los equipos de transporte que se utilicen para su movilización en la Red Vial deben estar ajustados a los estándares establecidos en este Reglamento.

**Artículo 22°.** La Dirección General de Protección Vial –PROVIAL-, la Dirección General de la Policía Nacional Civil o autoridades competentes, están obligadas a colaborar con los funcionarios de la Dirección General de Caminos, para el cumplimiento del presente Reglamento y las disposiciones que emanen de ésta. Cuando los vehículos continuamente eviten pasar por las estaciones de control para verificar sus pesos y dimensiones, la Dirección General de Caminos solicitará a las instituciones antes mencionadas la detención y/o captura de los vehículos infractores.

**Artículo 23°.** Este Reglamento deberá ser revisado por la Comisión a que se refiere el inciso c) del artículo 9o. del mismo cada tres años como máximo, salvo que la revisión sea solicitada en un tiempo menor por tres o más de las entidades mencionadas en dicho artículo.

La Comisión presentará el proyecto de modificaciones al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda para su consideración.

**Artículo 24°.** Se deroga el Acuerdo Gubernativo número 1084-92 de fecha 30 de diciembre de 1992.

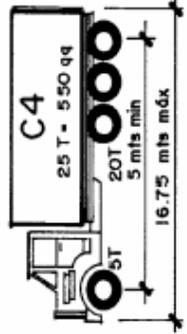
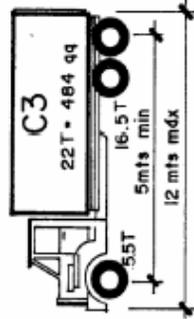
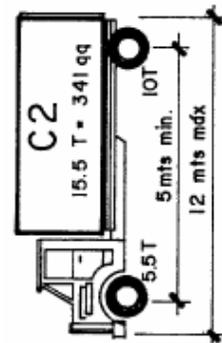
**Artículo 25°.** El presente Acuerdo empieza a regir ocho días después de su publicación en el Diario de Centroamérica.



**ANEXO 1**  
**TRANSPORTE NACIONAL E INTERNACIONAL**  
**PESOS Y DIMENSIONES MAXIMOS VEHICULARES**



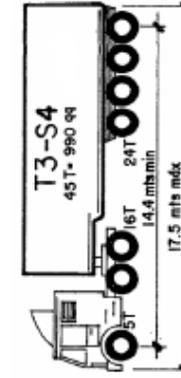
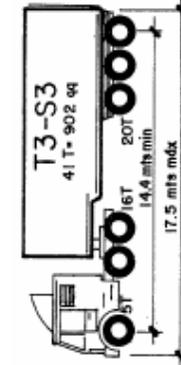
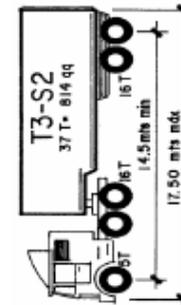
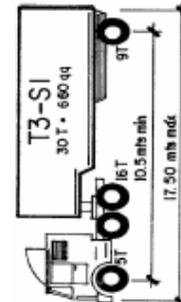
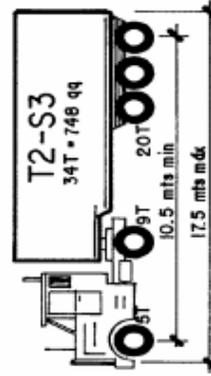
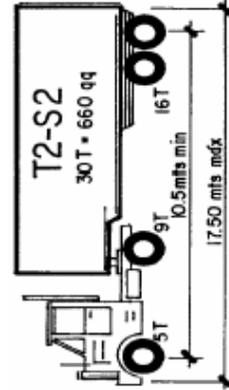
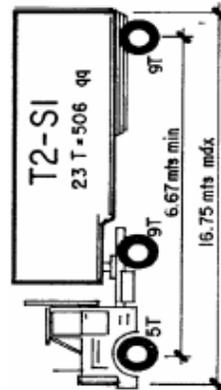
**TIPOS DE CAMIONES**



Altura Máxima= 4.15 m  
 Ancho Máximo= 2.60 m  
 1 T = 1,000 Kg

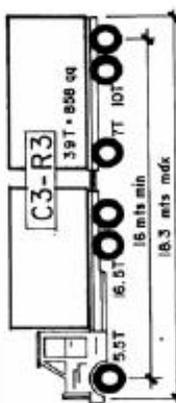
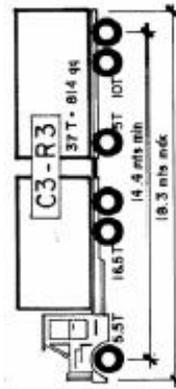
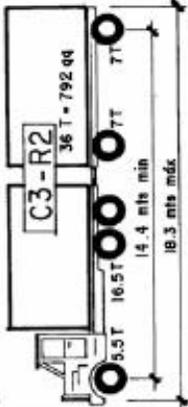
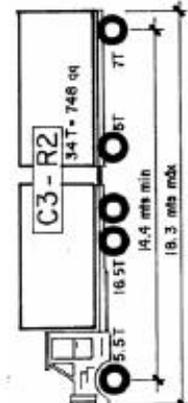
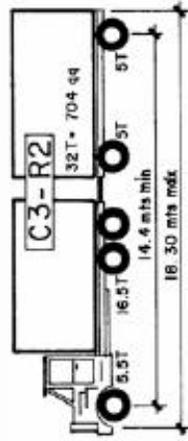
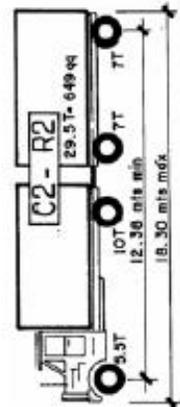
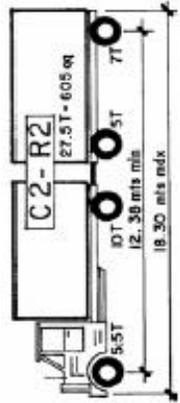
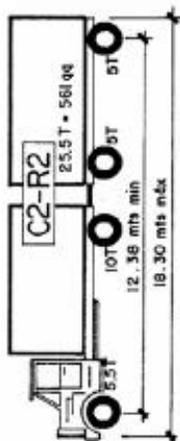
**MOMENCLATURA:**  
 C = CAMION  
 T = TRACTOR o CABEZAL  
 S = SEMIRREMOLQUE  
 R = REMOLQUE

**TIPOS DE VEHICULOS ARTICULADOS**

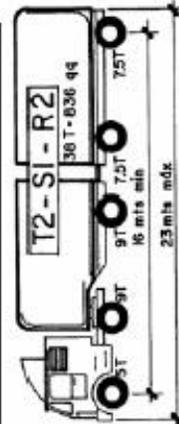
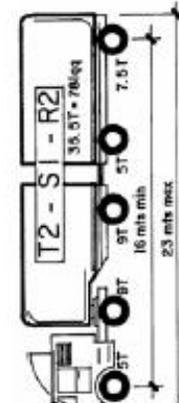
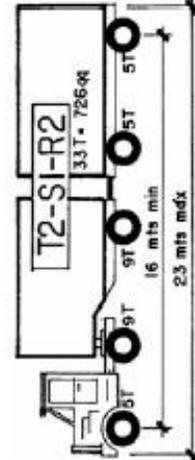




TIPOS DE COMBINACIONES VEHICULARES

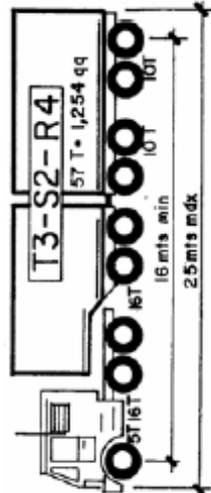
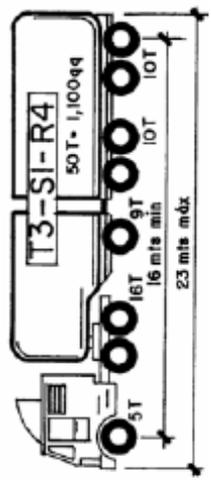
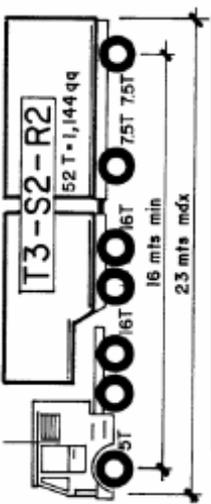
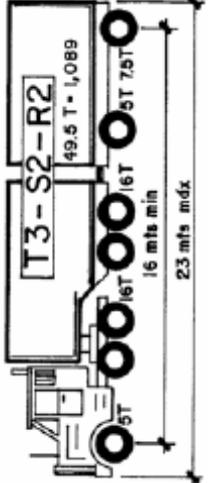
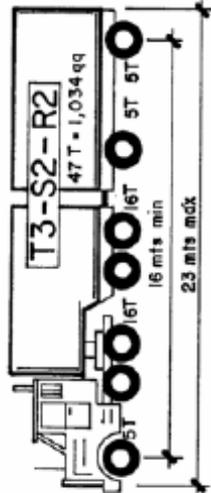
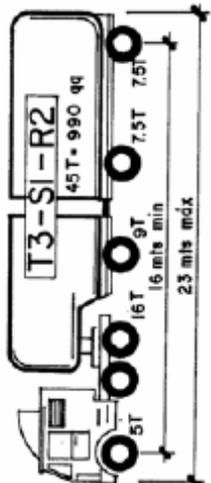
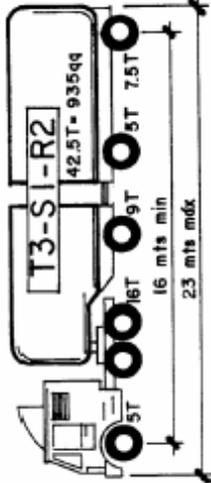
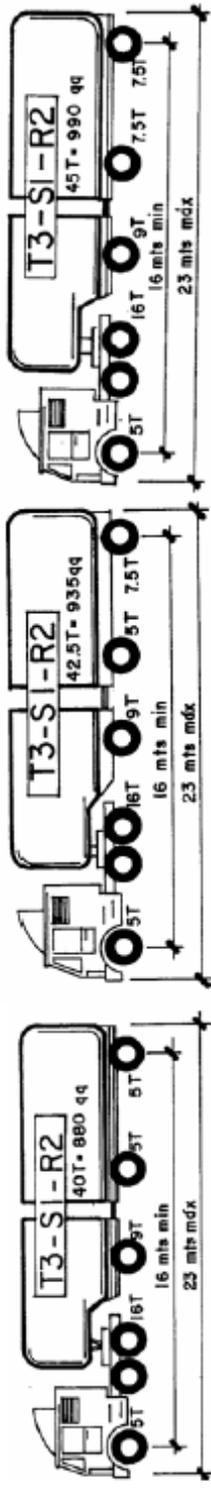


Altura Máxima= 4.15 m  
 Ancho Máximo= 2.60 m  
 1 T = 1,000 Kg  
**MOMENCLATURA:**  
 C = CAMION  
 T = TRACTOR o CABEZAL  
 S = SEMIRREMOLQUE  
 R = REMOLQUE





**TIPOS DE COMBINACIONES VEHICULARES**



Altura Máxima= 4.15 m  
 Ancho Máximo= 2.60 m  
 1 T = 1,000 Kg

**MOMENCLATURA:**  
 C = CAMION  
 T = TRACTOR o CABEZAL  
 S = SEMIRREMOLQUE  
 R = REMOLQUE

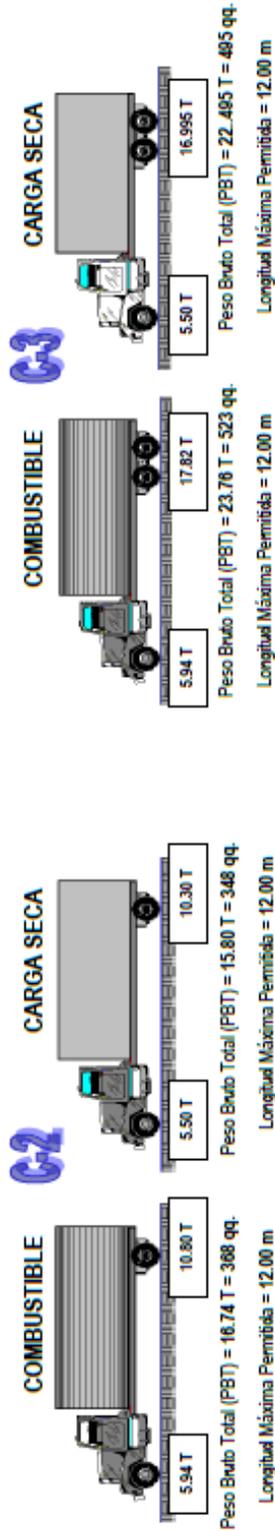


**ANEXO 2 (TRANSPORTE NACIONAL)**

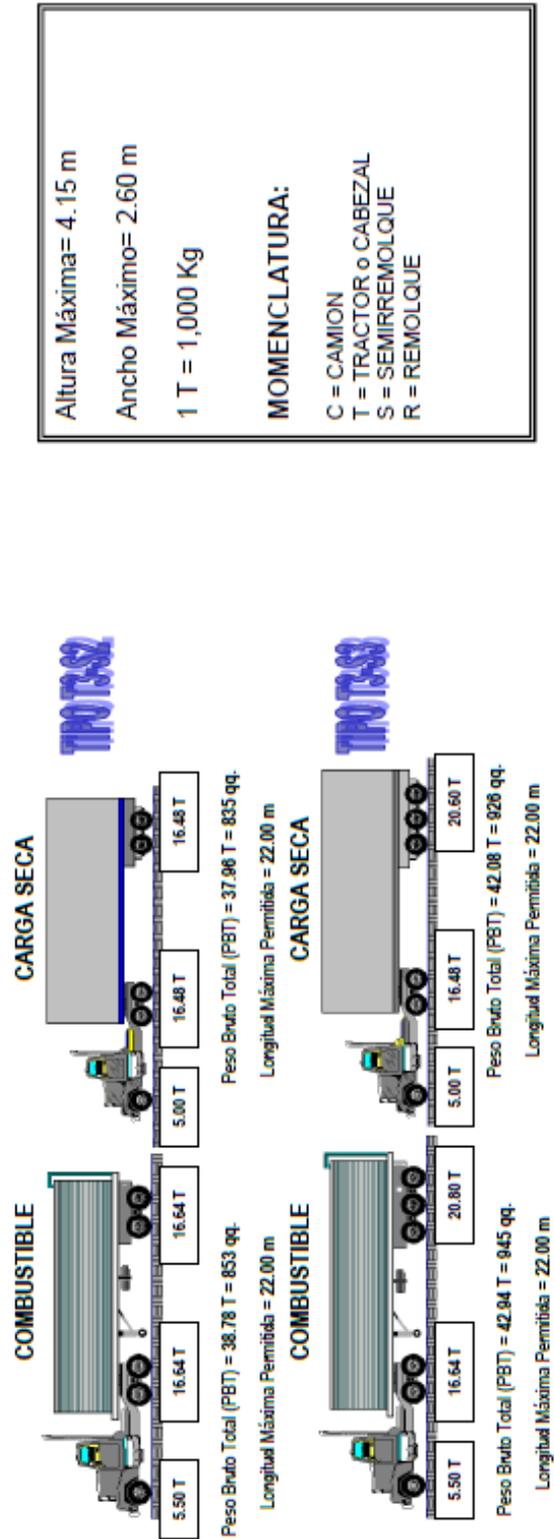
**PESOS Y DIMENSIONES MAXIMOS VEHICULARES**



**TIPOS DE CAMIONES**



**TIPOS DE VEHICULOS ARTICULADOS**



### CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA Y SUS COMBINACIONES



ESTACIÓN DE CONTROL, PUERTO BARRIOS, IZABAL,  
KM. 288 RUTA CA-9 NORTE



ESTACIÓN DE CONTROL, ESCUINTLA  
KM. 64+629 RUTA CA-9 SUR "A"



OPERATIVOS PARA EL CONTROL DE CARGA  
CON BÁSCULA MÓVIL



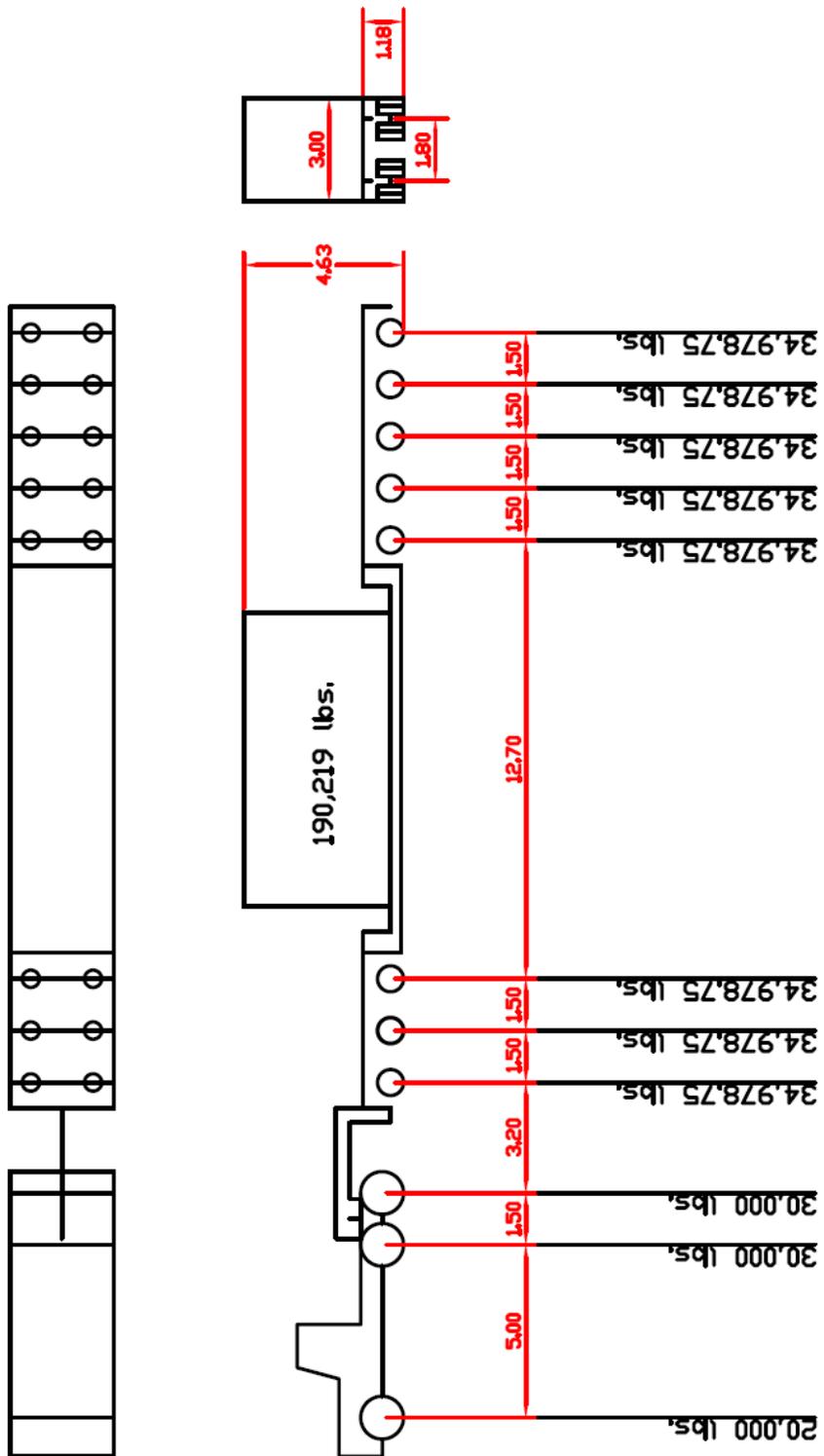
ESTACIÓN DE CONTROL, PUERTO QUETZAL, ESCUINTLA  
KM. 98+639 RUTA CA-9 SUR "A"



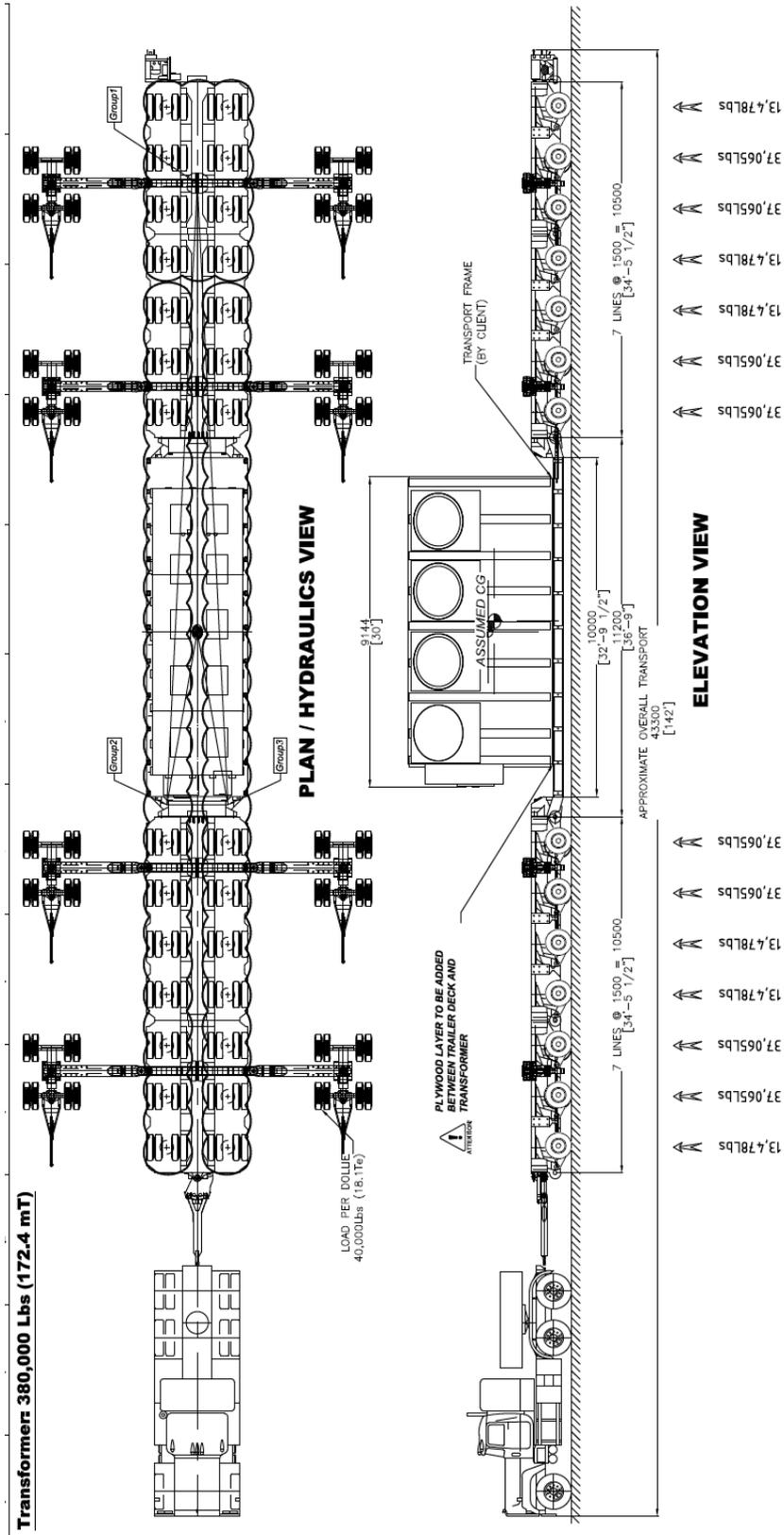
ESTACIÓN DE CONTROL, TECÚN UMÁN, SAN MARCOS  
KM. 250, BIFURCACIÓN CA-2 OCCIDENTE "A"

Anexo II

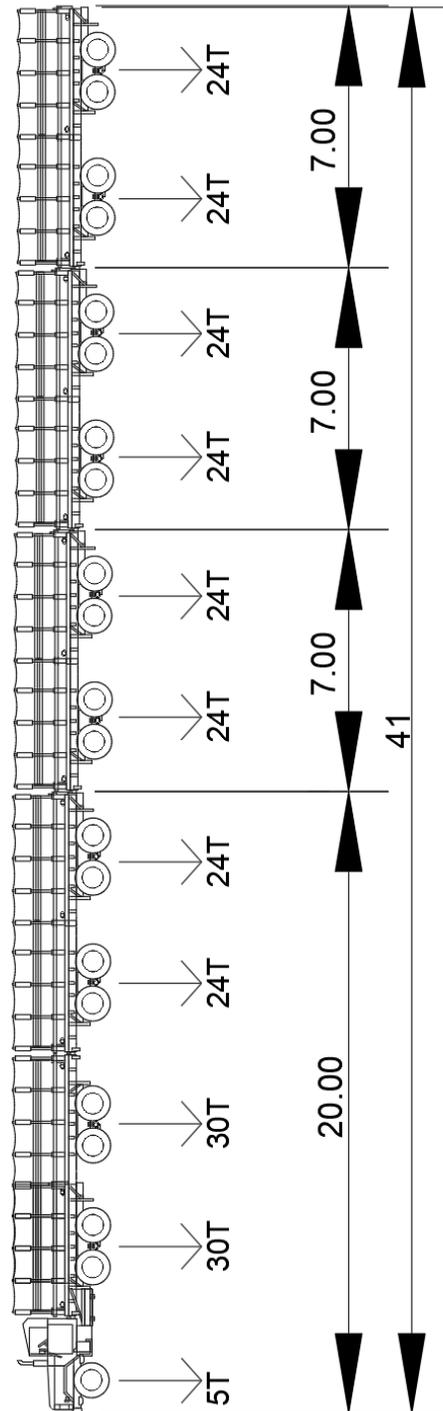
VEHÍCULO 1



VEHICULO 2



VEHICULO CAÑERO 1



VEHICULO CAÑERO 2

