INFORME DE PRUEBA DE CARGA ESTATICA
PUENTE QUEBRADA SEVERINERA EN EL MUNICIPIO DE TIERRALTA DEPARTAMENTO DE CORDOBA



INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN INTEGRAL S.A.S

05 DE DICIEMBRE DE 2024

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN 5

II. OBJETIVOS 6

a) Objetivo general 6
b) Objetivos específicos 6

III. LOCALIZACION 7

IV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA 8

V. APLICACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA 11

a) Comité de prueba. 11
b) Materialización del Tren de Carga 11
c) Sistema de medición. 15
d) Inspecciones estructurales previas y posteriores. 16
e) Localización del Tren de Carga y puntos de lectura. 19
f) Procedimiento de aplicación de la carga. 23
g) Estado de carga #1 25
h) Criterios de estabilización de cargas- estado de carga #1 26
i) Proceso de descarga - estado de carga #1 29
j) Criterios de aceptación de la prueba- Criterios de remanencia. estado de carga #1 31
k) estado de carga #2 32
l) Criterios de estabilización de cargas- estado de carga #2 33
m) Proceso de descarga - estado de carga #2 35
n) Criterios de aceptación de la prueba- Criterios de remanencia. estado de carga #2 36
o) Evaluación de resultados 37

VI. CONCLUSIONES 38

VII. ANEXOS 39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación geográfica puente Severinera. Fuente Google Earth. 7
Ilustración 2 Planta general puente quebrada Severinera. Fuente plano E.01..... 8
Ilustración 3. Sección transversal de El puente sobre quebrada Severinera. Fuente plano DIS-PR-047 MODIFICADO-19-01-23 V2 (1). 9
Ilustración 4 Perfil longitudinal de puente sobre quebrada Severinera. Fuente plano E.01..... 9
Ilustración 5 Geometría de estribos de puente sobre quebrada Severinera. Fuente plano E.04. 10
Ilustración 6 Valores aceptables de pesos de camión representativo. Fuente propia. 11
Ilustración 7. Medidas entre ejes de camión representativo. Fuente propia. 14
Ilustración 8. comisión topográfica. Fuente propia. 15
Ilustración 9 Revisión de apoyos en puente. Fuente propia. 16
Ilustración 10. Revisión vigas zona inferior de puente. Fuente propia. 16
Ilustración 11. Revisión de estribos en puente. Fuente propia. 17
Ilustración 12. Revisión parte inferior de losa de puente. Fuente propia. 17
Ilustración 13. Revisión posterior zona inferior de estribos en puente. Fuente propia. 18
Ilustración 14. Revisión parte superior de losa de puente. Fuente propia. 18
Ilustración 15. Trazado de ejes para localización de trenes de carga. Fuente propia. 19
Ilustración 16. Localización tren de carga, vista frontal Estado de carga 1 y 2. Fuente plano P.01- ESTADO DE CARGA V.1. 20
Ilustración 17. Localización tren de carga-escalón de carga 4-Estado de carga #1. Fuente propia. 20
Ilustración 18. Localización tren de carga-escalón de carga 4-Estado de carga #1. Fuente plano P.02- ESTADO DE CARGA V.1. 21
Ilustración 19. Localización tren de carga-escalón de carga 7-Estado de carga #2. Fuente plano P.03- ESTADO DE CARGA V.1. 21
Ilustración 20. Localización tren de carga-escalón de carga 8-Estado de carga #2. Fuente plano P.04- ESTADO DE CARGA V.1. 22
Ilustración 21. Localización tren de carga-escalón de carga 8-Estado de carga #2. Fuente plano P.04- ESTADO DE CARGA V.1 22
Ilustración 22. Ingreso de 1er vehículo- tren de carga-escalón de carga 1-Estado de carga #1. Fuente propia. 23
Ilustración 23. Posicionamiento- tren de carga-escalón de carga 3-Estado de carga #1. Fuente propia. 24
Ilustración 24. Posicionamiento-Estado de carga #1. Fuente propia. 25
Ilustración 25.Proceso de descarga-Estado de carga #1. Fuente propia. 29
Ilustración 26. Lecturas de deflexión. Proceso de descarga. 30
Ilustración 27. Verificación cumplimiento de criterios de remanencia-Estado de carga #1 31
Ilustración 28. Posicionamiento escalón de carga 6-Estado de carga #2. Fuente propia. 32
Ilustración 29.Proceso de descarga-Estado de carga #2. Fuente propia. 35
Ilustración 30. Lecturas de deflexión en estado de carga #2. Proceso de descarga. 35
Ilustración 31. Verificación cumplimiento de criterios de remanencia-Estado de carga #2 36

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PESAJE DE VEHÍCULOS #1 Y #2. 12
TABLA 2. PESAJE DE VEHÍCULOS #3 Y #4. 13

I. INTRODUCCIÓN

La prueba de carga de recepción de una estructura del tipo puente, es un conjunto de operaciones consistente en la reproducción de uno o varios estados de carga sobre la misma antes de su puesta en servicio, lo anterior con el objeto de confirmar que el proyecto y construcción de la obra se han llevado a cabo de forma satisfactoria.

Este informe refleja los resultados de la aplicación del protocolo de carga estática particular establecido para el Puente sobre la quebrada Severinera, ubicado en el municipio de Tierralta, departamento de Córdoba. El objetivo es evaluar la capacidad portante y el comportamiento estructural bajo condiciones controladas, asegurando la seguridad y funcionalidad del puente.

II. OBJETIVOS

a) Objetivo general

Evaluar en campo la capacidad portante del puente sobre la quebrada ***Severinera***, así como el comportamiento estructural bajo condiciones de carga controladas, concluyendo si el comportamiento de la estructura se ajusta o no, a las previsiones de proyecto.

b) Objetivos específicos

- ✓ Verificar la estabilidad y seguridad de la estructura durante la aplicación de cargas controladas.
- ✓ Obtener datos para comparar los resultados de valores teóricos previstos y los límites establecidos por las normativas vigentes y/o literaturas existentes.
- ✓ Identificar cualquier signo de fatiga o deterioro, producto de la prueba, que pueda comprometer la seguridad del puente.

III. LOCALIZACION

El proyecto se encuentra ubicado sobre la quebrada Severinera, en zona rural del municipio de Tierralta –Córdoba.

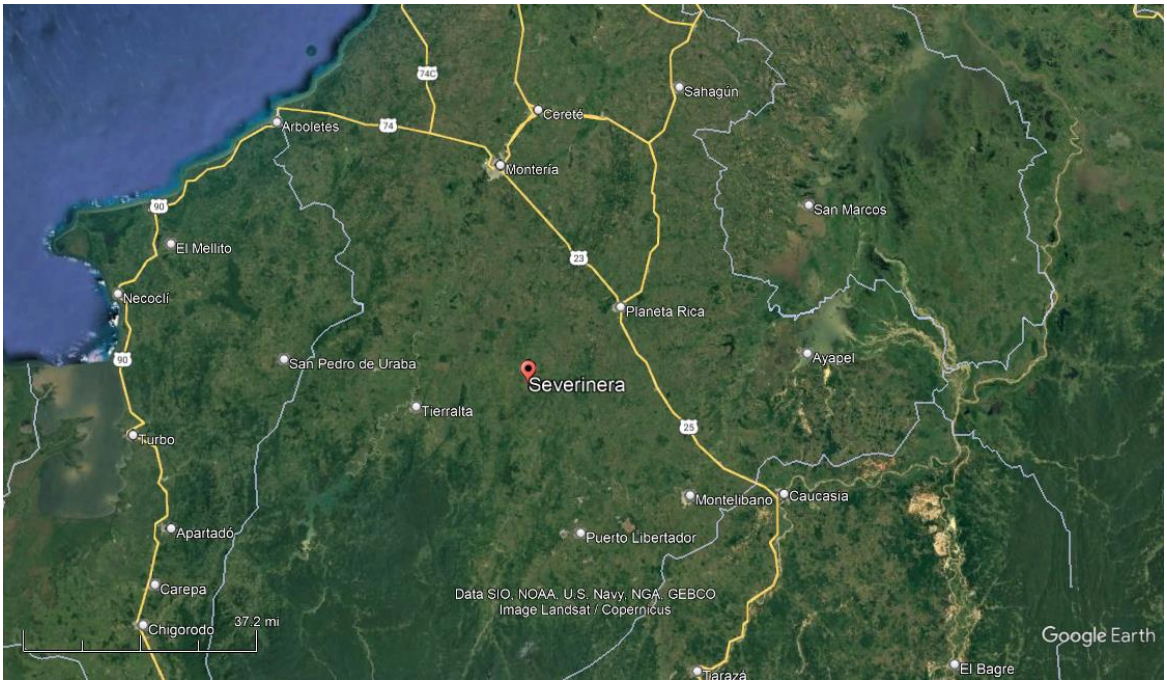




Ilustración 1. Ubicación geográfica puente Severinera. Fuente Google Earth.

IV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA

La estructura consiste en un puente recto de una sola luz, de 30 m de longitud, 29.0 m entre ejes de apoyo, y 8.5 m de ancho total de tablero ***(ver ilustración 2)***. La superestructura está compuesta por un tablero de concreto de espesor variable (20-30 cm) apoyado sobre tres vigas de concreto postensado de 1.70 m de altura. Las vigas son simplemente apoyadas sobre los estribos y están restringidas al desplazamiento longitudinal y transversal mediante topes sísmicos. La vinculación de las vigas longitudinales a la infraestructura se realiza mediante apoyos de neopreno reforzado. Las vigas postensadas se arriostran mediante diafragmas intermedios y de apoyo en concreto reforzado. El puente no posee esviaje.[1]

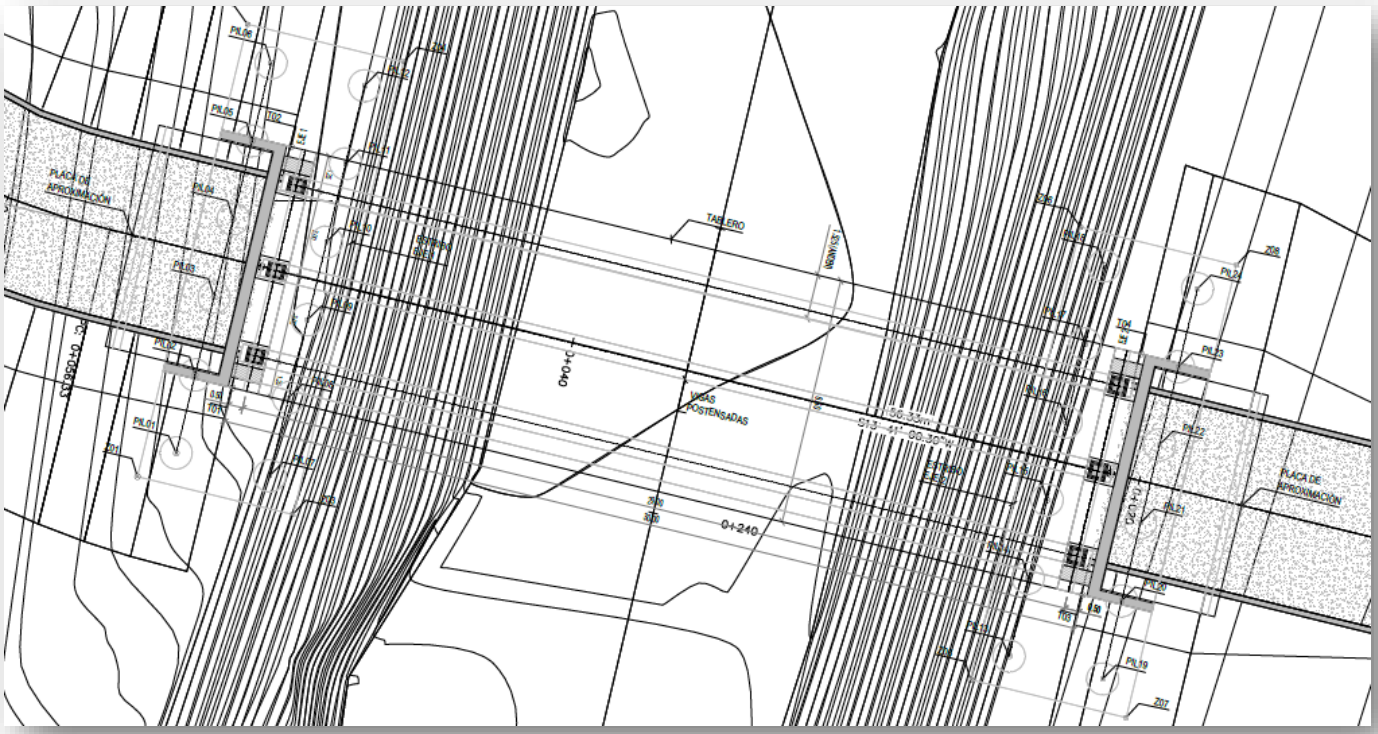


Ilustración 2 Planta general puente quebrada Severinera. Fuente plano E.01.

[1] Información del Proyecto No: DIS-PR-047.

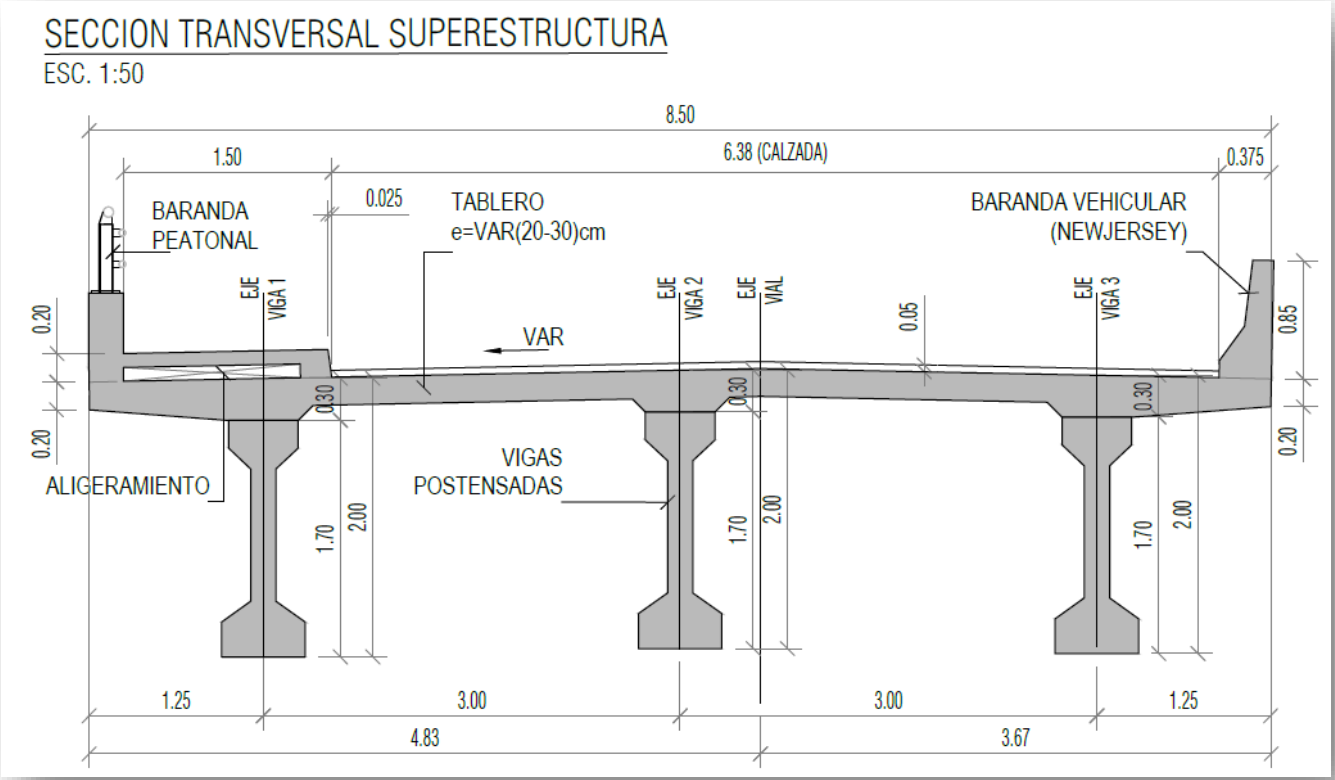


Ilustración 3. Sección transversal de El puente sobre quebrada Severinera. Fuente plano DIS-PR-047 MODIFICADO-19-01-23 V2 (1). [2]

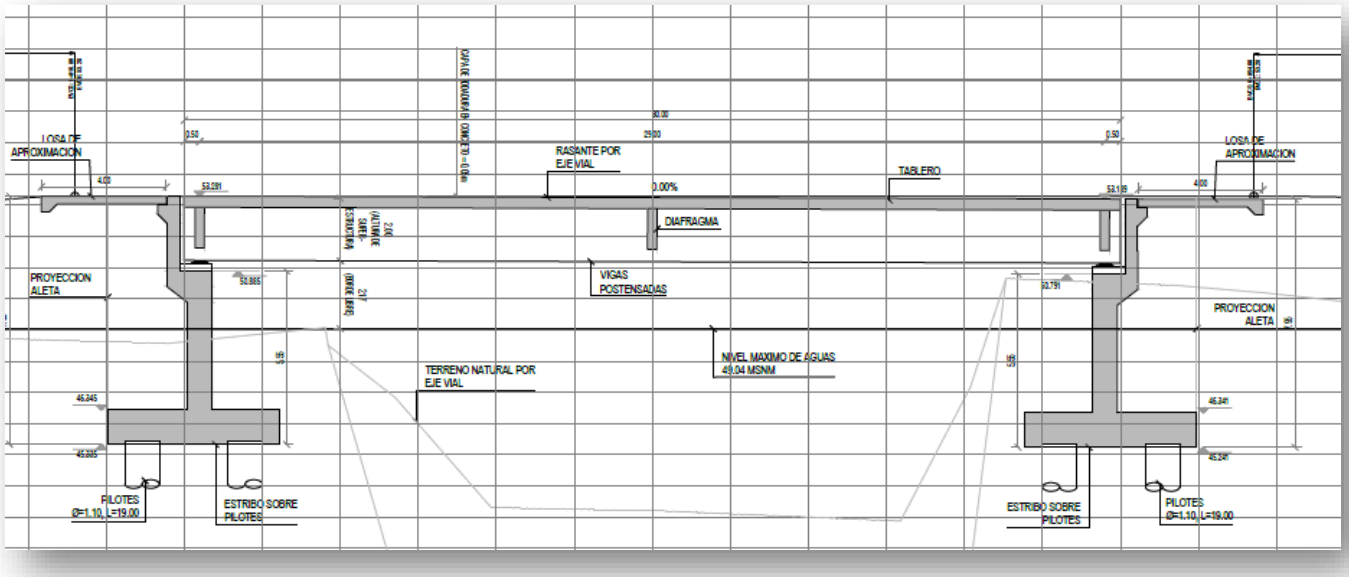


Ilustración 4 Perfil longitudinal de puente sobre quebrada Severinera. Fuente plano E.01.

[2] Información del Proyecto No: DIS-PR-047.

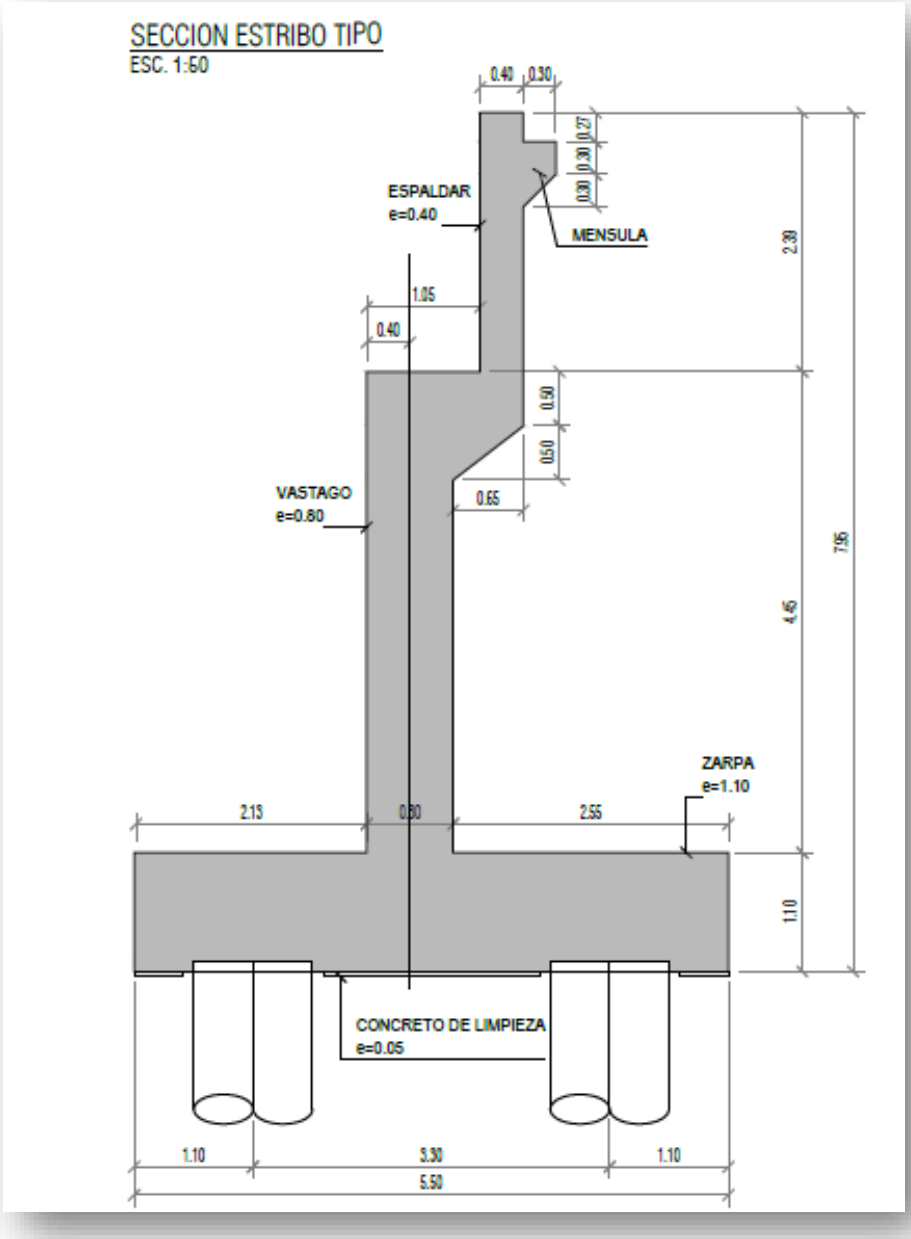


Ilustración 5 Geometría de estribos de puente sobre quebrada Severinera. Fuente plano E.04.

V. APLICACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA

El protocolo de prueba de carga que se aplicó al puente en cuestión se encuentra descrito en el documento ***"PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA ESTATICA PUENTE QUEBRADA SEVERINERA V3.pdf"*** y se desarrolla a continuación:

a) Comité de prueba.

Para el desarrollo de la prueba, se estableció un equipo de trabajo conjunto, que fue el responsable de dirigirla durante el desarrollo de esta. De acuerdo con lo establecido en el protocolo para esta prueba en particular, se consideró necesario el siguiente personal para el equipo de trabajo:

- ***Ingeniero director de la prueba:*** Ing. José Francisco Zuleta Gil
- ***Ingeniero estructural representante del constructor:*** Ing. Sandy Gómez Miranda
- ***Ingeniero representante de la interventoría:*** Ing. Juan Eliecer Villalobos

b) Materialización del Tren de Carga

El nivel de carga alcanzado durante la prueba realizada fue representativo de las acciones de servicio y es correspondiente a un período de retorno próximo a 5 años, para este fin, la carga que se utilizó generó solicitaciones entre el 60% y 70% de los valores teóricos producidos por el camión de diseño CC14 del CCP 14, se utilizó un tren de carga de camiones con las características del tipo ***Volqueta Chevrolet FVZ y Daewoo Novus*** cargados, para la prueba fueron utilizados cuatro (4) vehículos identificados con placas ***SZN-593 (vehículo #1)***, ***SZN-568 (vehículo #2)***, ***SZX-711 (vehículo #3) Y SZO-748 (vehículo #4)***, antes de iniciar la prueba, se comprobó mediante pesaje en báscula el peso total real de cada uno de los vehículos, los recibos de báscula fueron corroborados por el comité de la prueba, el pesaje de los dos vehículos se mantuvieron dentro del rango aceptable de desviaciones de +/- 5% del peso utilizado para la revisión de deflexiones en modelación, la cual fue de ***294.20 kN ó 30.000 kg.***, por lo tanto, el pesaje aceptable de cada camión debería estar entre ***28.500 kg y 31.500 kg (ver ilustración 6)***, el peso de los vehículos cargados de placas SZN-593, SZN-568, SZX-711 Y SZO-748 fue de 30.270 kg, 31.830, 30.320 y 30.480 kg respectivamente, encontrándose que el vehículo #2 sobrepasa el peso máximo permitido en 330 kg, pero el conjunto de vehículos se encuentran dentro del rango de variación de pesaje aceptado, por tanto, por parte del comité de prueba se dio autorización para continuar con la siguiente fase de la prueba de carga ***(ver tabla 1 y tabla 2)***.

PESOS A UTILIZAR POR CADA CAMION DE PRUEBA	
CAMION REPRESENTATIVO	***Volqueta 6X4 doble troque***
PESO APROX. SIN CARGA (KG)	11950
PESO APROX. DE LA CARGA (KG)	18050
PESO TOTAL PARA LA PRUEBA (KG)	30000
PESO MINIMO (-5%) PERMITIDO EN BASCULA (KG)	***28500***
PESO MAXIMO (+5%) PERMITIDO EN BASCULA (KG)	***31500***

Ilustración 6 Valores aceptables de pesos de camión representativo. Fuente propia.

PESAJE Y VERIFICACION DEL TREN DE CARGA		
DESCRIPCION	**VEHICULO #1**	**VEHICULO #2**
Empresa propietaria del vehículo	N.A.	N.A.
N° de placa	SZN-593	SZN-568
Modelo	DAEWOO NOVUS 2011	DAEWOO NOVUS 2011
Nombre conductor	OSWALDO REVOLLEDO	GABRIEL HOYOS
N° de registro	023977	023972
Fecha de entrada	8-nov-24	8-nov-24
Hora de entrada	03:22:00 PM	08:49:00 AM
Peso de entrada- vacio(kg)	N.A.	N.A.
Fecha de salida	8-nov-24	8-nov-24
Hora de salida	03:23:00 PM	08:50:00 AM
Peso de salida cargado (kg)	30270	31830
Tipo de material cargado	PIEDRA AZUL	PIEDRA AZUL
Peso de diseño esperado (kg)	30000	30000
% de desviacion aceptada	*+/- 5%*	*+/- 5%*
Rango de peso admitidos (kg)	28500	28500
	31500	31500
Peso salida prueba de carga (kg)	30270	31830
Desviacion peso de salida %	*0.90%*	*6.10%*
Verificacion de cumplimiento *OK / NO OK*	*OK*	*NO OK*

Tabla 1.Pesaje de vehículos #1 y #2.

PESAJE Y VERIFICACION DEL TREN DE CARGA		
DESCRIPCION	**VEHICULO #3**	**VEHICULO #4**
Empresa propietaria del vehículo	N.A.	N.A.
Nº de placa	SZX-711	SZO-748
Modelo	CHEVROLET FVZ 2013	DAEWOO NOVUS 2011
Nombre conductor	OCTAVIO CORREA	PEDRO ARROYO
Nº de registro	023969	023982
Fecha de entrada	8-nov-24	12-nov-24
Hora de entrada	07:37:00 AM	08:29:00 AM
Peso de entrada- vacio(kg)	N.A.	N.A.
Fecha de salida	8-nov-24	12-nov-24
Hora de salida	07:38:00 AM	08:30:00 AM
Peso de salida cargado (kg)	30320	30480
Tipo de material cargado	PIEDRA AZUL	PIEDRA AZUL
Peso de diseño esperado (kg)	30000	30000
% de desviacion aceptada	*+/- 5%*	*+/- 5%*
Rango de peso admitidos (kg)	28500	28500
	31500	31500
Peso salida prueba de carga (kg)	30320	30480
Desviacion peso de salida %	*1.07%*	*1.60%*
Verificacion de cumplimiento *OK / NO OK*	*OK*	*OK*

Tabla 2.Pesaje de vehículos #3 y #4.

De igual forma, previo inicio de la prueba se corroboró como lista de chequeo en campo, las medidas entre ejes de cada vehículo ***(A, B Y C)***, identificándolos por su número correspondiente de placa y conforme a la ilustración. ***(ver ilustración 7)***.

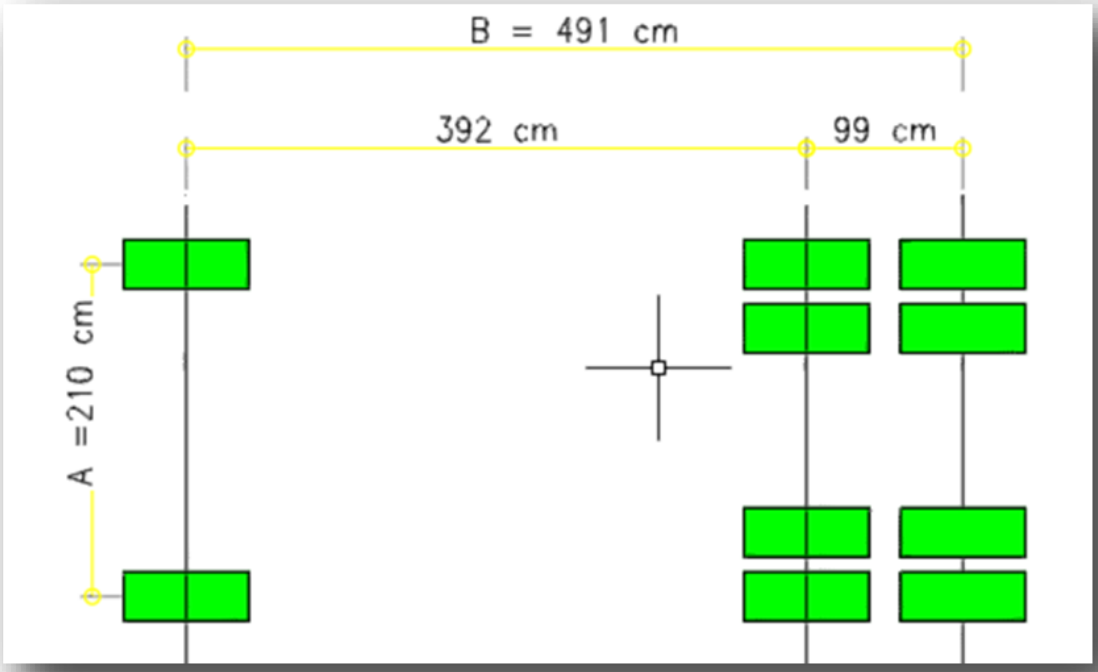




Ilustración 7. Medidas entre ejes de camión representativo. Fuente propia.

c) Sistema de medición.

Para el control de mediciones se utilizó un equipo del tipo nivel de precisión marca TOPCON modelo AT-B4, ***(ver ilustración 8)***, con calibración vigente ***(ver anexo certificado de calibración)***, así como regla topográfica de nivelación con lectura milimétrica. Para la toma de lecturas, se procedió a tomar por fuera de la superestructura un punto BM de control y un punto de armado donde fueron visibles los puntos de control de deflexiones sobre el tablero del puente.



Ilustración 8. comisión topográfica. Fuente propia.

d) Inspecciones estructurales previas y posteriores.

La estructura de ***El puente Severinera*** fue inspeccionada minuciosamente previa realización de la prueba de carga con el fin de conocer el estado inicial de la estructura en cuestión, encontrando una estructura en excelente estado, sin fisuración ni asentamientos visibles, con apoyos bien asentados y demás elementos que componen la estructura en perfecto estado, de igual forma se realizó revisión posterior a la ejecución de la prueba, encontrando que la estructura no presentó daño visible como fisuras, asentamientos, desviaciones, rotaciones o desacoples. ***(ver ilustración 9,10, 11, 12, 13 y 14)***.



Ilustración 9 Revisión de apoyos en puente. Fuente propia.



Ilustración 10. Revisión vigas zona inferior de puente. Fuente propia.



Ilustración 11. Revisión de estribos en puente. Fuente propia.



Ilustración 12. Revisión parte inferior de losa de puente. Fuente propia.



Ilustración 13. Revisión posterior zona inferior de estribos en puente. Fuente propia.



Ilustración 14. Revisión parte superior de losa de puente. Fuente propia.

e) Localización del Tren de Carga y puntos de lectura.

Para la materialización de la prueba de carga se realizó trazado previamente de localización de los vehículos sobre el tablero del puente, conforme a la ubicación establecida en las modelaciones realizadas para obtener los diferentes estados de carga. ***(ver ilustración 15,16, 17,18, 19, 20 y 21)***, se trazaron dos ubicaciones diferentes para dos estados de carga diferente con cuatro escalones de carga cada uno, conforme a los estados de carga establecidos.
También se localizaron los puntos de control P1, P2, P3, P4, P5 y P6, los puntos P1 y P4 se localizaron en el centro de la luz del puente justo sobre la viga 1, los puntos P2 y P5 se localizaron en el centro de la luz del puente justo sobre la viga 2 y los puntos P3 y P6 se localizaron en el centro de la luz del puente justo sobre la viga 3. ***Ver anexo 1. planos ESTADO DE CARGA V.1.***



Ilustración 15. Trazado de ejes para localización de trenes de carga. Fuente propia.

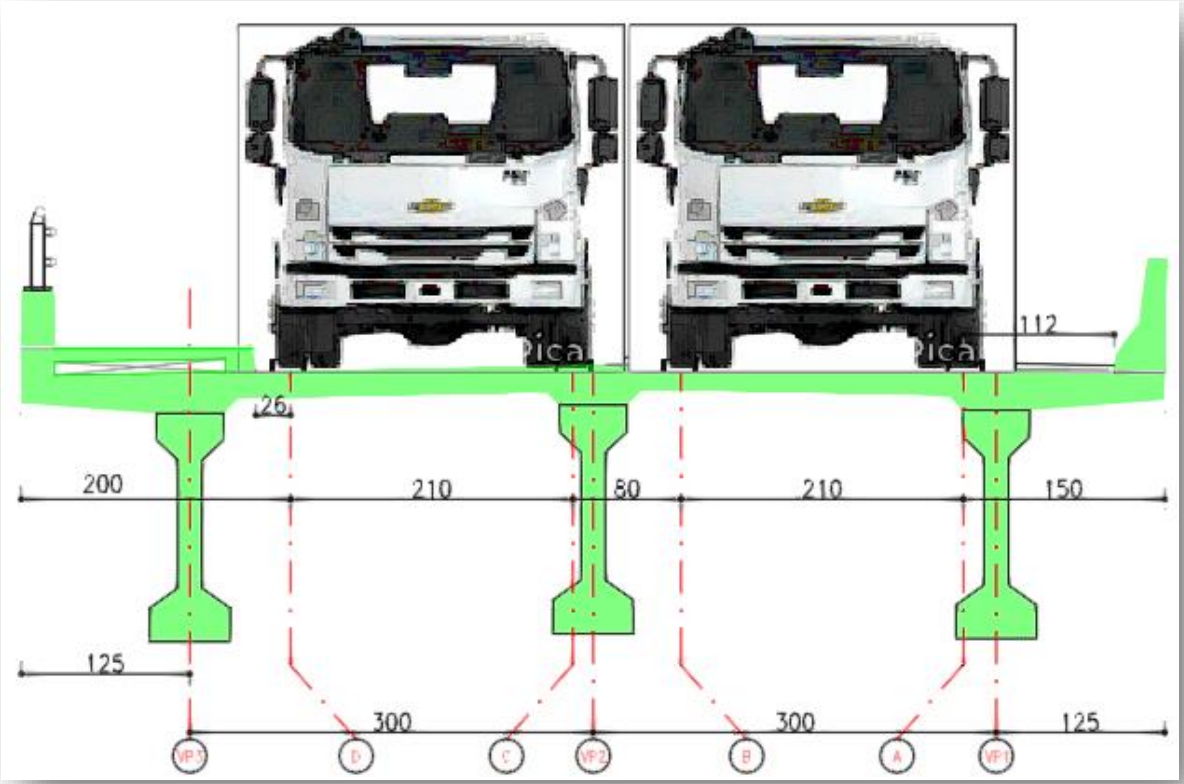


Ilustración 16. Localización tren de carga, vista frontal Estado de carga 1 y 2. Fuente plano P.01- ESTADO DE CARGA V.1.



Ilustración 17. Localización tren de carga-escalón de carga 4-Estado de carga #1. Fuente propia.

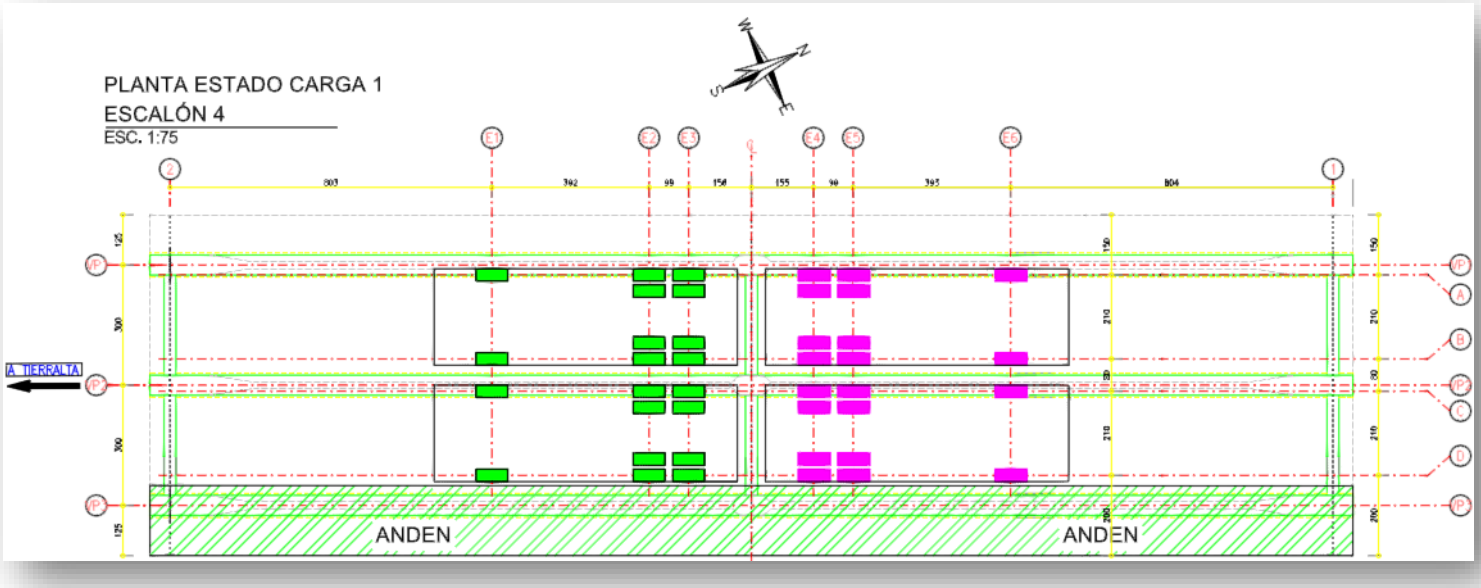


Ilustración 18. Localización tren de carga-escalón de carga 4-Estado de carga #1. Fuente plano P.02- ESTADO DE CARGA V.1.

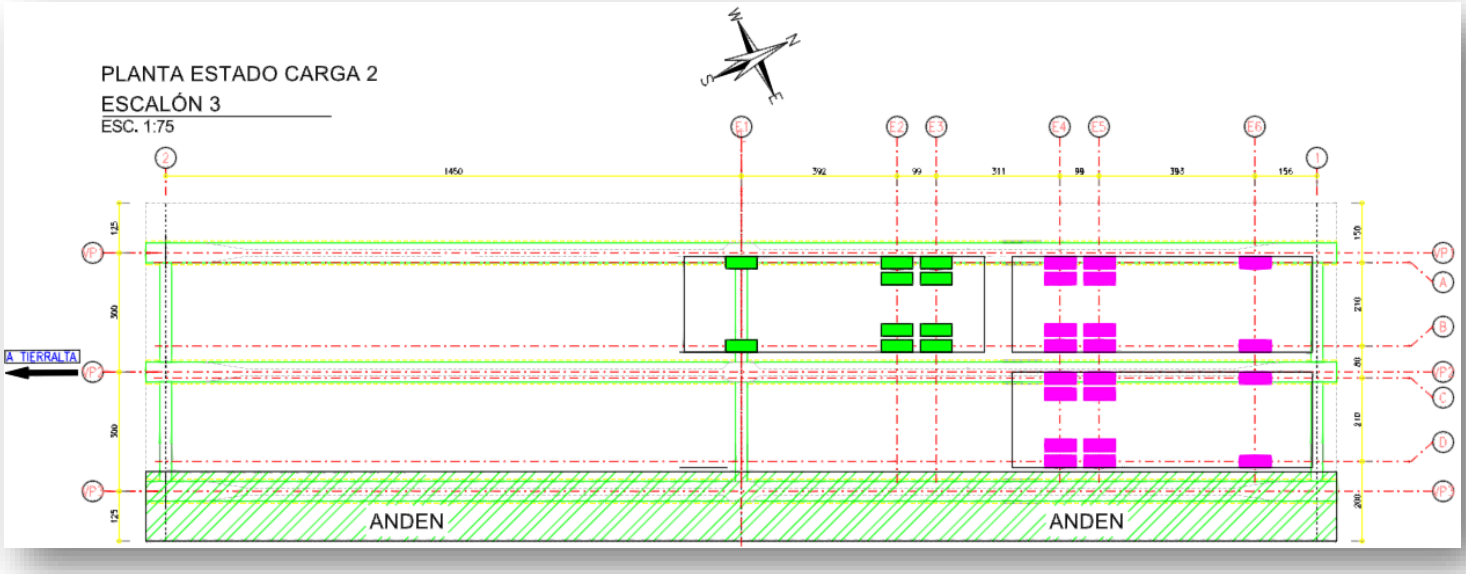


Ilustración 19. Localización tren de carga-escalón de carga 7-Estado de carga #2. Fuente plano P.03- ESTADO DE CARGA V.1.

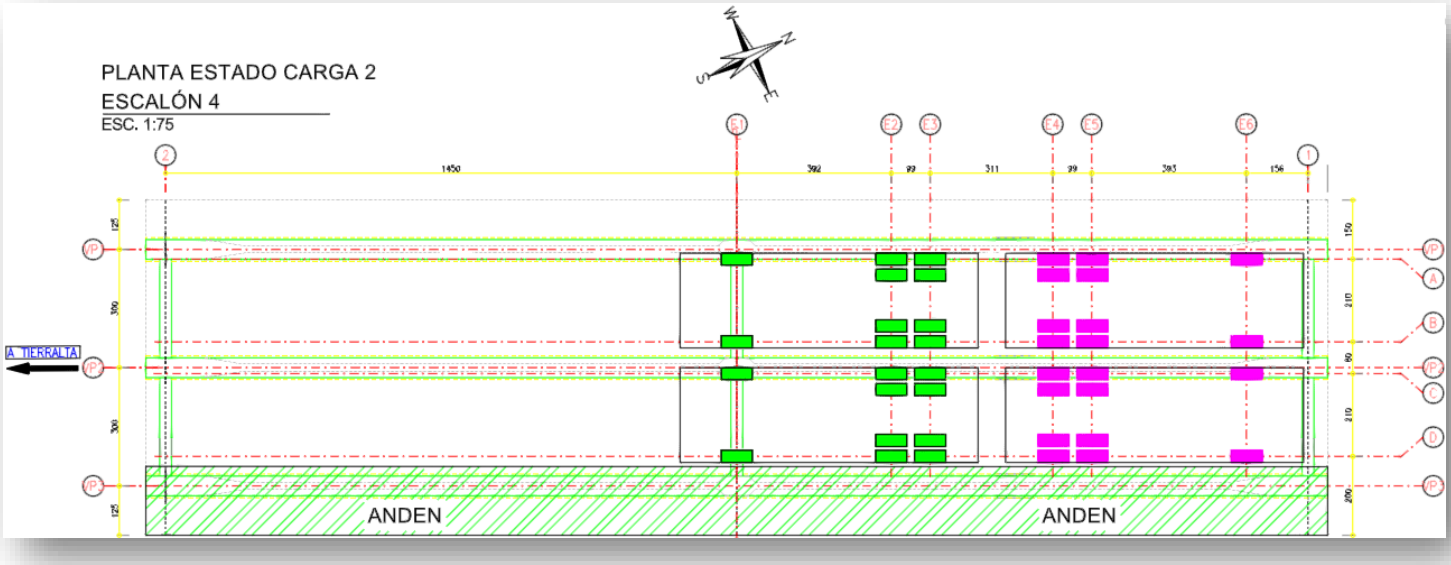


Ilustración 20. Localización tren de carga-escalón de carga 8-Estado de carga #2. Fuente plano P.04- ESTADO DE CARGA V.1.

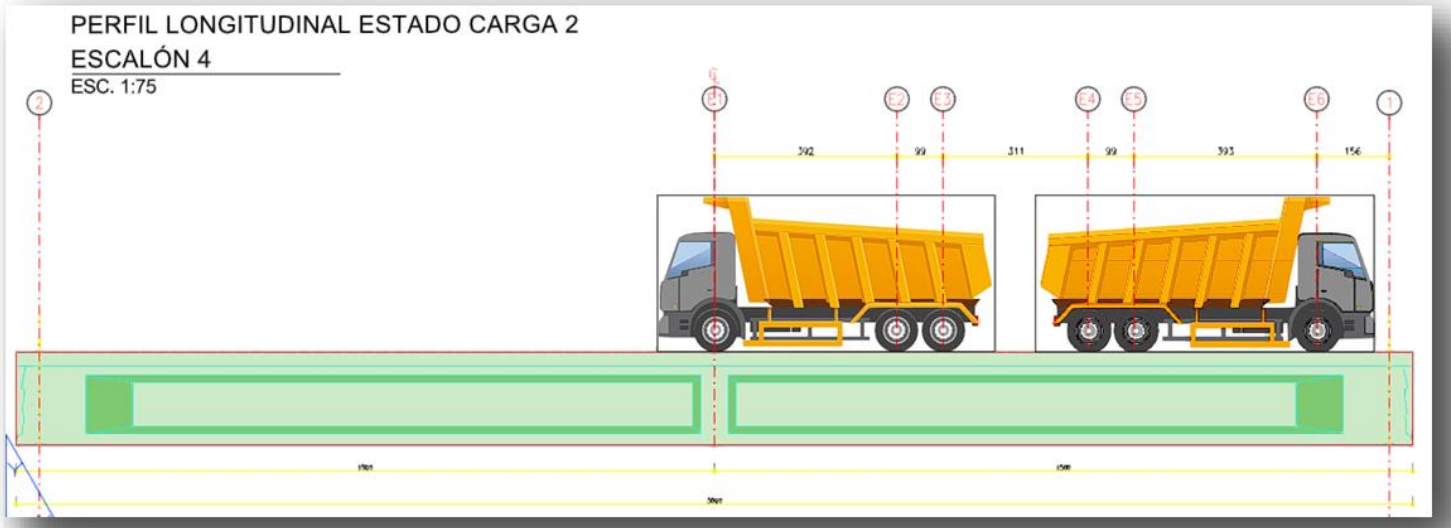


Ilustración 21. Localización tren de carga-escalón de carga 8-Estado de carga #2. Fuente plano P.04- ESTADO DE CARGA V.1

f) Procedimiento de aplicación de la carga.

Luego de trazar la localización de los trenes de carga en los diferentes estados de carga y ser autorizada por el comité de la prueba de carga, siendo la 01:47 p.m., se permitió el ingreso de los vehículos a su posición definida, el ingreso y salida de cada vehículo a proceso de carga y/o descarga se realizó a velocidades cuasi-estáticas inferiores a ***5 km/h*** con el fin de evitar efectos dinámicos no deseados sobre la estructura. Cuando el vehículo se ubicó en su posición final de tren de carga, se procedió a apagar el motor de cada vehículo.

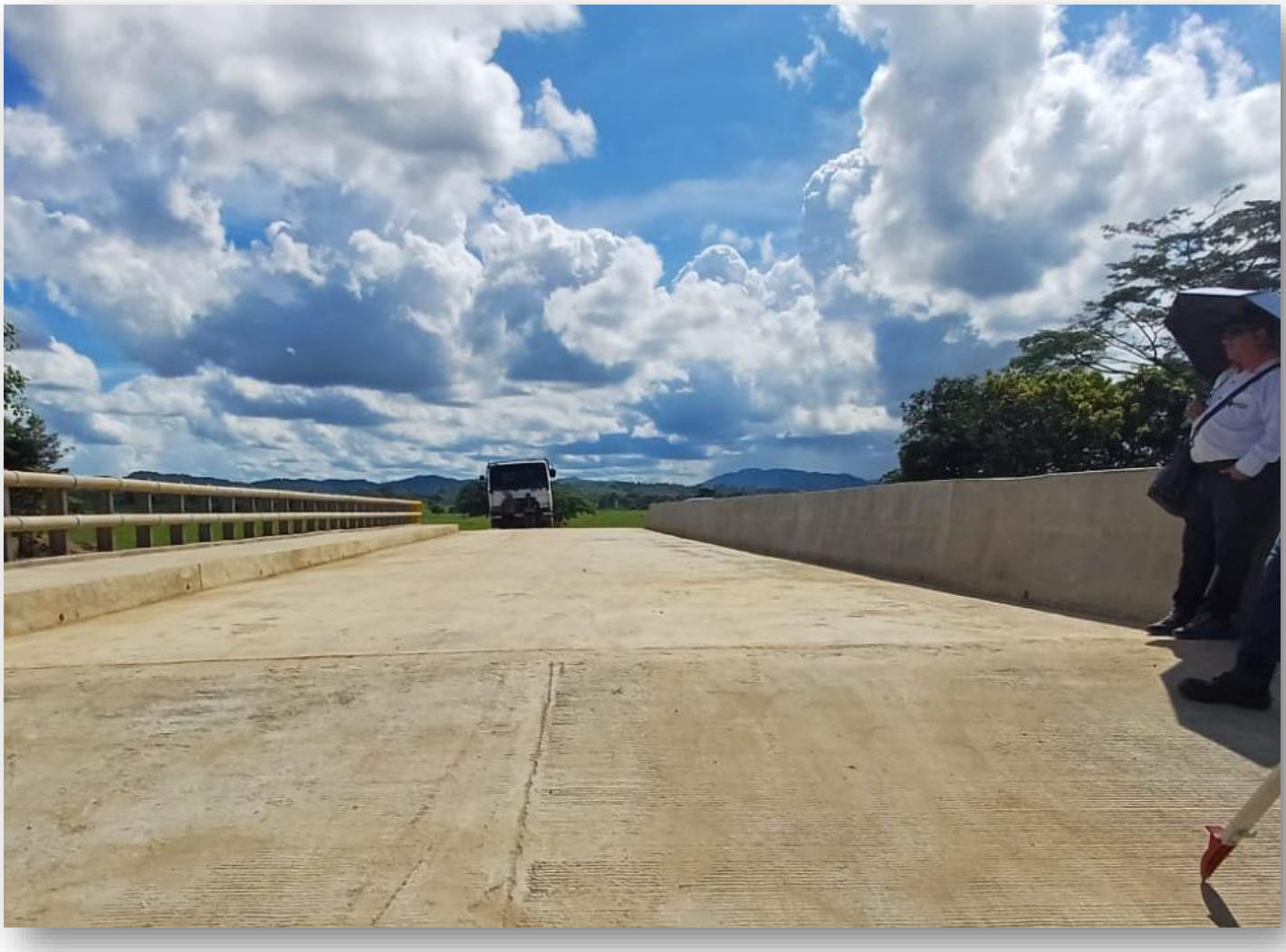


Ilustración 22. Ingreso de 1er vehículo- tren de carga-escalón de carga 1-Estado de carga #1. Fuente propia.



Ilustración 23. Posicionamiento- tren de carga-escalón de carga 3-Estado de carga #1. Fuente propia.

g) Estado de carga #1

Cada estado de carga se realizó de forma escalonada, es decir para cada estado de carga se posicionó cada escalón de carga de manera progresiva así, para el ***estado de carga #1*** primero ingresó y se ubicó el ***vehículo #1*** en la posición definida como ***escalón de carga 1***, se registró lectura de deflexión de la estructura y luego se posicionó el ***vehículo #2*** en la posición que complementa el escalón definido como ***escalón de carga 2,*** se ubicó el ***vehículo #3*** en la posición definida como ***escalón de carga 3*** y finalmente se ubicó el ***vehículo #4*** en la posición definida como ***escalón de carga 4,*** para completar el estado de carga #1, se procedió a tomar registro de la lectura de deflexión de la estructura, sin aplicar criterios de estabilización de carga entre los diferentes escalones de carga.



Ilustración 24. Posicionamiento-Estado de carga #1. Fuente propia.

h) Criterios de estabilización de cargas- estado de carga #1

Como parámetros de aceptación de estabilización de cargas se consideraron los siguientes puntos:

- *Una vez completado el posicionamiento del estado de carga #1, esto es, el escalón de carga #1, #2, #3 y #4 se tomó lectura de deflexión en el centro de la luz del puente, esta lectura se denominó como* ***f(o)****.*

ETAPA DE CARGA				
N° DE ESCALON DE CARGA			#1, #2 , #3 y #4	
HORA DE INICIO DE ETAPA DE CARGA	01:47 p.m.		ESTADO DE CARGA #1	
Observaciones: Siendo las 01:47 p.m. del 12-XI-2024 se da inicio a la prueba de carga prevista, iniciando etapa de cargue para estado de carga #1				
Hora de inicio de lectura ***fo***	02:15 p.m.			

lecturas deflexión fo				
Punto decontrol	P1	P2	P3	P4
Cota inicial sin carga (mm	53110	53141	53341	
Hora de lectura	02:17 p.m.	02:17 p.m.	02:18 p.m.	
Lectura (mm)	1081	1048	849	
Cota (mm)	53104	53137	53336	
fo (mm)	6	4	5	
% deflexión	***37.45%***	***24.97%***	***31.21%***	

- *Luego de 10 minutos de tomada la lectura* ***f(o)****, se procede a tomar lectura sobre el mismo punto que se toma la lectura* ***f(o)****, esta nueva lectura se denominó como* ***f(1o)****. Si el valor absoluto de la diferencia entre el valor de la lectura* ***f(1o)*** *y el valor de la lectura* ***f(o)*** *es inferior al 5% del valor de la lectura* ***f(o)****, se considera estabilizado el proceso de carga.*

$$f(1o) - f(o) < 0.05\ f(o)$$

lecturas deflexión f1o				
Punto decontrol	P1	P2	P3	P4
Hora de lectura	02:27 p.m.	02:27 p.m.	02:28 p.m.	
Lectura (mm)	1087	1055	853	
Cota (m)	53098	53130	53332	
f1o (mm)	12	11	9	
% deflexión	***74.91%***	***68.66%***	***56.18%***	

Criterio de estabilizacion de carga f1o-fo < 0.05 fo				
Punto decontrol	P1	P2	P3	P4
f1o-fo (mm)	6	7	4	
0.05 fo (mm)	0.3	0.2	0.25	
f1o-fo < 0.05 fo	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	
Comentarios y/o observaciones: *la deflexiones en los puntos P1, P2 y P3 despues de 10 minutos de completado el estado de carga, continua* n variando,*por lo que luego de revisar el criterio de estabilización de la carga se puede concluir que la carga NO se encuentra estabilizada.*				

- Teniendo en cuenta que la carga **NO** se logró estabilizar en la lectura ***f(1o)*** se procede a realizar lecturas en ***f(2o)*** con el fin de verificar el cumplimiento de estabilización de carga.

ETAPA DE CARGA		
N° DE ESCALON DE CARGA		#1, #2 , #3 y #4
HORA DE INICIO DE ETAPA DE CARGA	01:47 p.m.	ESTADO DE CARGA #1
Observaciones:Teniendo en cuenta que en la lectura ***f 10 NO se logró estabilizar la carga, se procede a tomar lectura de deflexión para el intervalo f 20.***		
Hora de inicio de lectura ***fo***	02:15 p.m.	

lecturas deflexión f 2 o				
Punto decontrol	P1	P2	P3	P4
Hora de lectura	02:37 p.m.	02:37 p.m.	02:38 p.m.	
Lectura (mm)				
Cota (m)	53098	53130	53332	
f 2 o (mm)	12	11	9	
% deflexión	***74.91%***	***68.66%***	***56.18%***	

la carga se mantuvo durante un nuevo intervalo de 10 minutos, esta nueva lectura se denominó como ***f(2o)****, si realizada la lectura al final de este* ***f(2o)****, la diferencia de medidas correspondiente al valor absoluto este intervalo* ***[f(2o) -f(1o)]****, es inferior al* ***20%*** *del valor absoluto de la diferencia de medidas correspondiente al intervalo anterior* ***[f(1o) -f(o)]****, se considerará cumplido el requisito de estabilización:*

$$f(2o) - f(1o) < 0.2\,[\,f(1o) - f(o)]$$

Criterio de estabilizacion de carga f2o-f1o < 0.2 (f1o-fo)				
f2o-f1o (mm)	0	0	0	
0.2 (f1o-fo) (mm)	1.2	1.4	0.8	
f2o-f1o < 0.2 (f1o-fo)	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	
Comentarios y/o observaciones: *Se concluye que la carga se ha estabilizado en el intervalo f2o y por tanto, se toman lecturas definitivas de deflexión en los puntos P1, P2 y P3, siendo la maxima deflexión 12 mm en el punto P1*				

Durante el intervalo ***f(2o)*** las deflexiones se mantuvieron constantes, por lo tanto, se tomó cada lectura de respuesta de la estructura en los puntos P1, P2 Y P3, luego de que se había alcanzado la estabilización al completar el estado de carga #4, encontrando que la deflexión máxima fue de 12 mm en el P1.

i) Proceso de descarga - estado de carga #1

Luego que se consideró estabilizada la carga y tomadas las lecturas necesarias, se procedió a realizar la descarga de la estructura de forma análoga y en orden inversa a la etapa de carga, siendo las 02:51 p.m., se dio inicio al proceso de descarga, este se realizó a velocidades cuasi-estáticas inferiores a ***5 km/h*** con el fin de evitar efectos dinámicos no deseados sobre la estructura.



Ilustración 25.Proceso de descarga-Estado de carga #1. Fuente propia.

ETAPA DE DESCARGA				
N° DE ESCALON DE CARGA		#1, #2 , #3 y #4		
HORA DE INICIO DE ETAPA DE DESCARGA	02:42 p.m.	ESTADO DE CARGA #1		
Observaciones: Siendo las 02:42 pm se da inicio a la etapa de descargue de forma análoga e inversa al cargue.				
Hora de inicio de lectura ***fo*** *	02:51 p.m.			
lecturas deflexión descarga fo*				
Punto decontrol	P1	P2	P3	P4
Hora de lectura	2:51 PM	2:52 PM	2:53 PM	
Lectura (mm)	1014.0	1052	850	
Cota (m)	53109	53140	53340	
fo* (mm)	1.0	1.0	1.0	
% remanencia	8.3%	9.1%	11.1%	

Se aplicaron los mismos criterios de estabilización de cargas que se aplicaron en la etapa de carga, obteniendo la estabilización en la lectura ***f10*,*** sin embargo y con el fin de corroborar estabilización, se llevó hasta el intervalo ***f20****.

*lecturas deflexión descarga f_{1o}**				
Punto decontrol	P1	P2	P3	P4
Hora de lectura	3:01 PM	3:01 PM	3:01 PM	
Lectura (mm)	1014.0	1052	850	
Cota (m)	53109	53140	53340	
f_{1o}* (mm)	1.0	1.0	1.0	
% remanencia	8.3%	9.1%	11.1%	

*lecturas deflexión f_{2o}**				
Punto decontrol	P1	P2	P3	P4
Hora de lectura	3:11 PM	3:11 PM	3:11 PM	
Lectura (mm)	1014.0	1052	850	
Cota (m)	53109	53140	53340	
f_{2o}* (mm)	1.0	1.0	1.0	
% remanencia	8.3%	9.1%	11.1%	

Ilustración 26. Lecturas de deflexión. Proceso de descarga.

j) Criterios de aceptación de la prueba- Criterios de remanencia. estado de carga #1

Los valores remanentes ***fr*** correspondientes a un estado de carga son la diferencia entre los valores estabilizados después de la descarga y los iniciales antes de la carga. En el caso particular de ***El puente quebrada Severinera*** y debido a las características de este, los valores remanentes de un estado de carga se considerarán aceptables siempre que sean inferiores al ***15%*** (***Puentes de hormigón pretensado o mixtos: 15%)***, este valor está referido a los valores máximos de la respuesta medida de la estructura. Una vez finalizado un estado de carga #1, se comprobó que los valores remanentes, para verificar la aceptación, se verificó el cumplimiento de remanencia en valores iguales o inferiores al 15%, así:
Siendo a_{lim}, la remanencia admisible expresada en tanto por ciento (15%) , ***f*** la medida total y ***fr*** la medida remanente. La remanencia ***a*** correspondiente al estado de carga #1 vendrá dada por:

$$a = 100 * (fr / f)$$

Si a <= 15% el valor remanente se considerará admisible.

Criterio de remanencia para puentes de concreto preesforzado a = 100 * (fr/ f) -estado de carga #1				
Punto decontrol	P1	P2	P3	P4
f (mm)	12	11	9	
fr (mm)	1.0	1.0	1.0	
a= 100 * (fr/ f)	8%	9%	11%	
a limite	15%	15%	15%	
a <= 15% ?	***CUMPLE***	***CUMPLE***	***CUMPLE***	
15 % <a < =30%				
a > 30%				
Comentarios y/o observaciones: *Teniendo en cuenta los resultados y observando que la descarga se estabiliza estructura luego de 10 min de haber completado la descarga, obtenemos que la remanacia es del 11%, siendo inferior al 15% limite, se considera que ha cumplido los criterios de remanencia aceptables.*				

Ilustración 27. Verificación cumplimiento de criterios de remanencia-Estado de carga #1

NOTA: No fue necesario realizar un segundo ciclo de carga para el estado de carga #1.

k) estado de carga #2

para el ***estado de carga #2,*** se ejecutó de forma similar al estado de carga #1, para este ***estado de carga*** primero ingresó y se ubicó el ***vehículo #1*** en la posición definida como ***escalón de carga 5***, se registró lectura de deflexión de la estructura y luego se posicionó el ***vehículo #2*** en la posición que complementa el escalón definido como ***escalón de carga 6,*** se ubicó el ***vehículo #3*** en la posición definida como ***escalón de carga 7*** y finalmente se ubicó el ***vehículo #4*** en la posición definida como ***escalón de carga 8,*** para completar el estado de carga #2, se tomó registro de la lectura de deflexión de la estructura, sin aplicar criterios de estabilización de carga entre escalones de carga.



Ilustración 28. Posicionamiento escalón de carga 6-Estado de carga #2. Fuente propia.

l) Criterios de estabilización de cargas- estado de carga #2

Como parámetros de aceptación de estabilización de cargas se consideraron los siguientes puntos:

- *Una vez completado el posicionamiento del estado de carga #2, esto es, el escalón de carga #5, #6, #7 y #8, se tomó lectura de deflexión en el centro de la luz del puente en los puntos P4, P5 Y P6, esta lectura se denominó como* ***f(o).***

ETAPA DE CARGA			
N° DE ESCALON DE CARGA		#5, #6, # 7 Y #8	
HORA DE INICIO DE ETAPA DE CARGA	03:29 p.m.	ESTADO DE CARGA #2	
Observaciones: Siendo las 03:29 p.m. se da inicio al proceso de ubicación de trenes de carga (estado de carga #2)			
Hora de inicio de lectura ***fo***	03:39 p.m.		

lecturas deflexión fo				
Punto decontrol	P3	P4	P5	P6
Cota inicial sin carga (mm)		53109	53140	53340
Hora de lectura		03:39 p.m.	03:40 p.m.	03:42 p.m.
Lectura (mm)		1037	1007	807
Cota (m)		53103	53133	53333
fo (mm)		6	7	7
% deflexión		***60.12%***	***70.14%***	***70.14%***

- *Luego de 10 minutos de tomada la lectura* ***f(o)****, se procede a tomar lectura sobre el mismo punto que se toma la lectura* ***f(o)****, esta nueva lectura se denominó como* ***f(1o)****. Si el valor absoluto de la diferencia entre el valor de la lectura* ***f(1o)*** *y el valor de la lectura* ***f(o)*** *es inferior al 5% del valor de la lectura* ***f(o)****, se considera estabilizado el proceso de carga.*

$$f(1o) - f(o) < 0.05\, f(o)$$

lecturas deflexión f1o				
Punto decontrol	P3	P4	P5	P6
Hora de lectura		03:50 p.m.	03:50 p.m.	03:52 p.m.
Lectura (mm)		1037	1007	807
Cota (m)		53103	53133	53333
f1o (mm)		6	7	7
% deflexión		***60.12%***	***70.14%***	***70.14%***

Criterio de estabilizacion de carga f1o-fo < 0.05 fo				
Punto decontrol	P3	P4	P5	P6
f1o-fo (mm)		0	0	0
0.05 fo (mm)		0.3	0.35	0.35
f1o-fo < 0.05 fo		SE CUMPLE	SE CUMPLE	SE CUMPLE
Comentarios y/o observaciones: *las deflexiones en los puntos P4, P5 Y P6 se mantienen sin variación despues de 10 minutos de completado el estado de carga #2, luego de revisar el criterio de estabilización de la carga se puede concluir que la carga se encuentra estabilizada siendo las 03:52 p.m.*				

Las deflexiones se mantuvieron constantes, se tomó cada lectura de respuesta de la estructura en los puntos P4, P5 Y P6, luego de que se había alcanzado la estabilización al completar el estado de carga #2.

m) Proceso de descarga - estado de carga #2

Luego que se consideró estabilizada la carga y tomadas las lecturas necesarias, se procedió a realizar la descarga de la estructura de forma análoga y en orden inversa a la etapa de carga del estado de carga #2, siendo las 03:54 p.m., se dio inicio al proceso de descarga, este se realizó a velocidades inferiores a ***5 km/h*** con el fin de evitar efectos dinámicos no deseados sobre la estructura.

ETAPA DE DESCARGA		
N° DE ESCALON DE CARGA		#4, #5 Y #6
HORA DE INICIO DE ETAPA DE DESCARGA	03:54 p.m.	ESTADO DE CARGA #2
Observaciones: Siendo las 03:54 pm se da inicio a la etapa de descargue de forma análoga e inversa al cargue para el estado de carga #2.		
Hora de inicio de lectura ***fo*** *	03:59 p.m.	

lecturas deflexión descarga fo*				
Punto decontrol	P3	P4	P5	P6
Hora de lectura		3:59 PM	4:00 PM	4:02 PM
Lectura (mm)		1031.0	1001	801
Cota (m)		53109	53139	53339
fo* (mm)		0.0	1.0	1.0
% remanencia		0.0%	14.3%	14.3%

Ilustración 29.Proceso de descarga-Estado de carga #2. Fuente propia.

lecturas deflexión descarga f1o*				
Punto decontrol	P3	P4	P5	P6
Hora de lectura		4:10 PM	4:11 PM	4:12 PM
Lectura (mm)		1031.0	1001	801
Cota (m)		53109	53139	53339
f1o* (mm)		0.0	1.0	1.0
% remanencia		0.0%	14.3%	14.3%

Ilustración 30. Lecturas de deflexión en estado de carga #2. Proceso de descarga.

Se aplicaron los mismos criterios de estabilización de cargas que se aplicaron en la etapa de carga, obteniendo la estabilización en la lectura ***f10*,*** se puede apreciar que la estructura se recupera instantáneamente en el punto P4 y en los puntos P5 y P6 no se recupera del todo pero se mantiene dentro de los rangos aceptables.

n) Criterios de aceptación de la prueba- Criterios de remanencia. estado de carga #2

Los valores remanentes ***fr*** correspondientes a un estado de carga son la diferencia entre los valores estabilizados después de la descarga y los iniciales antes de la carga. En el caso particular de ***El puente quebrada Severinera*** y debido a las características de este, los valores remanentes de un estado de carga se considerarán aceptables siempre que sean inferiores al ***15%*** (***Puentes de hormigón pretensado o mixtos: 15%)***, este valor está referido a los valores máximos de la respuesta medida de la estructura. Una vez finalizado un estado de carga #2, se comprobó que los valores remanentes, para verificar la aceptación, se verificó el cumplimiento de remanencia en valores iguales o inferiores al 15%, así:
Siendo a_{lim}, la remanencia admisible expresada en tanto por ciento (15%) , ***f*** la medida total y ***fr*** la medida remanente. La remanencia ***a*** correspondiente al estado de carga #2 vendrá dada por:

$$a = 100 * (fr / f)$$

Si a <= 15% el valor remanente se considerará admisible.

*Criterio de remanencia para puentes de concreto preesforzado a = 100 * (fr/ f) -estado de carga #2*				
Punto decontrol	P3	P4	P5	P6
f (mm)		6	7	7
fr (mm)		0.0	1.0	1.0
a= 100 * (fr/ f)		0.0%	14.3%	14.3%
a limite		15%	15%	15%
a <= 15% ?		***CUMPLE***	***CUMPLE***	***CUMPLE***
15 % <a < =30%				
a > 30%				
Comentarios y/o observaciones: *Teniendo en cuenta los resultados y observando que la estructura se recupuera totalmente en el punto P3 luego de 10 min de haber completado la descarga y en los puntos P5 y P6 no alcanza a recuperarse del todo, pero teniendo en cuenta que la remanacia maxima obteida es del 14.3% y siendo inferior al 15% limite, se considera que ha cumplido los criterios de remanencia*				

Ilustración 31. Verificación cumplimiento de criterios de remanencia-Estado de carga #2

NOTA: No fue necesario realizar un segundo ciclo de carga para el estado de carga #2.

o) Evaluación de resultados

Se considera que los resultados de la prueba de carga son satisfactorios ya que se cumplen los criterios de aceptación de remanencia y se cumple que la deflexión máxima obtenidas después de la estabilización, no supera en más de un 10% a los valores previstos en el documento ***"MEMORIAS PARA PRUEBA DE CARGA PUENTE QUEBRADA SEVERINERA(1)"***, por lo cual teniendo en cuenta que la deflexión teórica máxima esperada era de ***16.02 mm***, el resultado en campo se considera satisfactorio puesto que esta medida en campo no sobrepasa los ***12.0 mm***.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados anteriormente obtenidos, se concluye que:

- La estructura presenta un comportamiento estructural superior al previsto en el diseño estructural.
- Los resultados obtenidos en la prueba de carga realizada al puente Severinera, cumplen los requisitos de aceptación, por tanto, se considera aceptable.

Atentamente,



_____

I.C. José Zuleta G.
T.P. # 13202-237980 BLV
Especialista en estructuras

VII. ANEXOS

- Certificado de calibración de Estación total TOPCON AT-B4.