



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN PUENTES
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE “LA LANA”,
CALIBRACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO Y PROPUESTA DE
REFORZAMIENTO**

T E S I N A
QUE PARA OPTAR POR LA
ESPECIALIZACIÓN EN PUENTES

PRESENTA EL ALUMNO
MAGAÑA RAMOS DANIEL

TUTOR PRINCIPAL
Ing. Javier Hernández, FES Aragón

COTUTOR
Esp. Alfredo P. Morales Nezahualcóyotl, FES Aragón

Nezahualcóyotl, Estado de México, marzo de 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Título:

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE “LA LANA”, CALIBRACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa el desempeño estructural de un puente férreo de acero tipo armadura que está en operación, el cual debido a la antigüedad del mismo y la evolución de las cargas que transitan sobre él, se requiere analizar con la finalidad de proponer una alternativa de reforzamiento de la estructura que garantice la seguridad de los usuarios. Para el análisis se realiza una serie de modelos matemáticos, considerando las diferentes etapas dentro de la vida de la estructura donde se identifica el origen de algunos de los daños presentes y se proponen alternativas de reparación para resolver la problemática de forma integral. Debido a que la estructura está conformada por secciones cerradas fue necesario realizar la calibración y validación del modelo matemático empleado para la evaluación del reforzamiento, para tener la certeza que la información obtenida sea representativa de la estructura en su condición actual. Para esto se utilizó el registro del periodo de vibración bajo cargas ambientales de la estructura comparándolo con el proporcionado con el modelo matemático, en donde se corrobora que el comportamiento este último es compatible y representativo de la estructura evaluada. Finalmente se elaboró una propuesta de reforzamiento basada en la adición de placas de acero

ABSTRACT

In the present work, the structural performance of an armature-type steel railway bridge that is in operation is evaluated, which due to its age and the evolution of the loads that transit over it, it is necessary to analyze in order to propose a alternative to reinforce the structure that guarantees the safety of users. For the analysis, a series of mathematical models is carried out, considering the different stages within the life of the structure where the origin of some of the damages present is identified and repair alternatives are proposed to solve the problem in an integral way. Because the structure is made up of closed sections, it was necessary to perform the calibration and validation of the mathematical model used for the evaluation of the reinforcement, to be sure that the information obtained is representative of the structure in its current condition. For this, the record of the vibration period under environmental loads of the structure was used, comparing it with that provided with the mathematical model, where it is confirmed that the latter's behavior is compatible and representative of the evaluated structure. Finally, a reinforcement proposal was developed based on the addition of steel plates

DEDICATORIA

A mi padre, Mauricio Magaña Jaime, que aunque ya no este conmigo me inculco el superarme todos los días y quien siempre me brindo todo su cariño y apoyo.

A mi madre, Graciela Ramos Ureña, por darme todo su apoyo y el amor más puro e incondicional.

A mi prometida, Sandra Méndez Cruz, por ser mi compañera de vida, motivarme a seguir adelante y apoyarme en todas mis decisiones.

A mis tíos, tías y abuelos, por brindarme todo su apoyo incondicional y ser la familia más hermosa que pude tener.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estar aquí.

A la Universidad Autónoma de México por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos.

A mis profesores que me aportaron sus experiencias y conocimientos para poder ser un mejor profesionalista.

A mi tutor, Ing. Javier Hernández, por brindarme su tiempo y experiencia y su contribución a este trabajo.

A mi cotutor, Ing. Alfredo P. Morales Nezahualcóyotl por su tiempo, dedicación y disponibilidad en todo momento.

INDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	8
I. INFORMACIÓN GENERAL	12
I.1. Ubicación de la estructura	12
I.2. Antecedentes.....	12
I.3. Descripción de la Estructura	14
I.4. Metodología de los trabajos para definir la situación actual de la estructura	18
II. ESTUDIOS DE INGENIERÍA	26
II.1. Procedimiento de inspección	26
II.2. Determinación de la resistencia de los materiales	35
II.3. Estudio Geofísico.....	42
II.4. Estudio Geotécnico.....	48
II.5. Medición de vibraciones bajo excitación ambiental.....	50
II.6. Conclusiones Generales de los Estudios de Ingeniería	55
III. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	58
III.1. Descripción de los modelos elaborados para la revisión de la capacidad de carga de la superestructura	58
III.2. Cálculo de esfuerzos	65
III.3. Modelos para el análisis estructural del puente	71
III.4. Conclusiones del análisis estructural	83
IV. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	86
IV.1. Factor de reducción de resistencia por daños.....	87
IV.2. Determinación del factor de reducción de resistencia	87
IV.3. Comparativa entre esfuerzos de Servicio vs esfuerzos permisibles	88
IV.4. Conclusiones de la evaluación estructural	94
V. PROYECTO DE REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO	98
V.1. Técnicas para reparación de armaduras de acero	98
V.2. Técnicas para el reforzamiento de armaduras de acero	100
V.3. Propuesta de reforzamiento.....	104
V.4. Propuesta de reparación.....	107
V.5. Análisis técnico-económico.....	111
CONCLUSIONES	119
FUENTES DE CONSULTA.....	124

ANEXOS 126

A.1. Planos originales de proyecto 127

A.2. Planos de levantamiento de campo 129

A.3. Reporte Fotográfico 132

A.4. Reporte de Inspección 148

A.5. Resultados de Extracción de Corazones, y Extracción de Probetas de Acero . 157

A.6. Reporte de estudio de Geofísica..... 166

A.7. Reporte de vibración ambiental 182

A.8. Reporte de elementos mecánicos de STAAD.pro para la condición actual 194

A.9. Proyecto de reparación..... 230

INTRODUCCIÓN

Una infraestructura vial adecuada es fundamental para el desarrollo socio económico de un país, ya que estas permiten la integración e interconexión de los diferentes puntos como pueden ser ciudades, puertos, parques industriales entre otros. Principalmente por esta razón, es muy importante que las vías de comunicación permanezcan en buenas condiciones de transitabilidad, a fin de que el transporte se efectúe en forma eficiente y segura. En varios de los casos, los puentes son el componente que presenta mayor vulnerabilidad en una vía de transporte como puede ser una carretera o una vía férrea, además de que estos representan la más alta inversión unitaria de todos los elementos del sistema de la vialidad. De acuerdo con SCT (2018) los puentes frecuentemente son los elementos que influyen en que la continuidad del servicio de transporte se efectúe en forma permanente y segura, esto favorece en general un apropiado funcionamiento de la Red de transporte del país.

La condición de los puentes que existen en el país tanto carreteros como férreos varía considerablemente. Si se tiene en cuenta que de acuerdo con Díaz (2006) el 70% de la población actual de puentes en México fueron construidos antes de 1970, podemos decir que un porcentaje muy alto de los puentes en México tienen una antigüedad mayor de 50 años. De esta información puede deducirse que existe un deterioro en los elementos estructurales y no estructurales de estos, debido simplemente a las acciones del ambiente y el uso normal de la estructura. Adicionalmente, los constantes cambios en las demandas de diseño sísmico especificadas en reglamentos de diseño de puentes y el incremento de las cargas vehiculares, hace que sea de esperarse que muchos puentes no cumplan con los requisitos mínimos de seguridad especificados en los criterios de diseño vigentes. Algunas de las estructuras presentan un estado crítico con respecto a su estabilidad estructural y capacidad de carga y en esas condiciones, la seguridad del tránsito asume altos niveles de incertidumbre asociados a riesgos crecientes.

El mantenimiento de puentes o estructuras similares es una de las actividades más

importantes que hay que realizar, para llevar a cabo la conservación de una red de comunicación. Su objetivo final, como toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la carretera en el mejor nivel posible.

La falta de mantenimiento adecuado en las estructuras puede dar lugar a problemas de funcionalidad y seguridad que pudieran llegar a ser graves tales como: limitación de cargas, restricciones de paso, riesgo de accidentes, riesgo de interrupciones de la red, etcétera; todo esto aunado a un importante problema económico por el acortamiento de la vida útil de las obras.

Según la importancia del deterioro observado, las acciones para el mantenimiento de un puente se clasifican en tres grupos:

- Mantenimiento rutinario.
- Reparaciones.
- Reforzamientos.

Debido a las condiciones económicas del país, resulta complicado pensar en la sustitución de las estructuras cuando no sea un caso crítico, ya que la inversión que para ello se requiere es muy alta, debido a esto lo más sencillo y práctico es continuar con un programa permanente de mantenimiento, reparación y refuerzo de estas estructuras.

De lo anterior podemos determinar que el área de conservación de puentes en México es de suma importancia y que además se requiere de un amplio conocimiento en la materia, para poder entender las patologías que se presentan en cada una de las estructuras y poder atenderlas de manera adecuada priorizando de forma objetiva aquellos puentes que tengan mayor importancia.

Este trabajo se desarrolló tomando como objeto de estudio el Puente La lana, el cual se encuentra localizado en km 275+42 de la línea "G" en el tramo Tierra Blanca – Medias Aguas en el estado de Veracruz. Respecto a la situación de esta estructura se puede mencionar que presenta una gran incertidumbre en cuanto a la capacidad

de carga que posee la estructura, debida a que esta tiene una antigüedad mayor a 100 años y además está compuesta por secciones cerradas que imposibilitan poder realizar un levantamiento geométrico detallado de la estructura. Esto motivó una investigación acerca de la historia del puente encontrándose los planos originales de la estructura los cuales datan del año 1899 donde se muestran las secciones originales con las que se proyectó y para garantizar que la estructura presente tenga una relación adecuada con su modelo tridimensional fue necesario calibrar dicho modelo utilizando la medición de las vibraciones bajo excitación ambiental, las cuales se determinaron con mediciones en campo.

El objetivo general del presente trabajo es el evaluar el comportamiento estructural de la superestructura del puente ferroviario La Lana, utilizando un modelo tridimensional calibrado con las propiedades dinámicas de la estructura sometida a una excitación ambiental, de donde se deriva uno de los objetivos particulares, el cual es el dar a conocer una manera de incrementar el nivel de confianza de los resultados obtenidos de un modelo de análisis de un puente, mediante la correlación entre las características dinámicas calculadas en un modelo matemático de análisis y las registradas del comportamiento real de la estructura. Por último y basado en los resultados de la evaluación estructural, así como en las normas AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association), se tiene el objetivo particular de proponer un reforzamiento que sea viable, funcional y que satisfaga los requerimientos técnicos, para poder garantizar un nivel de seguridad adecuado en la estructura.

Capítulo I

INFORMACIÓN GENERAL

I. INFORMACIÓN GENERAL

I.1. Ubicación de la estructura

La estructura que se analiza en este trabajo se denomina Puente "Río La Lana" se encuentra localizado en el km 275+420 de la línea "G" en el tramo Tierra Blanca – Medias Aguas en el municipio de San Juan Evangelista en el estado de Veracruz, con coordenadas satelitales $17^{\circ}47' 25.69''$ N, $95^{\circ}10' 45.63''$ O.

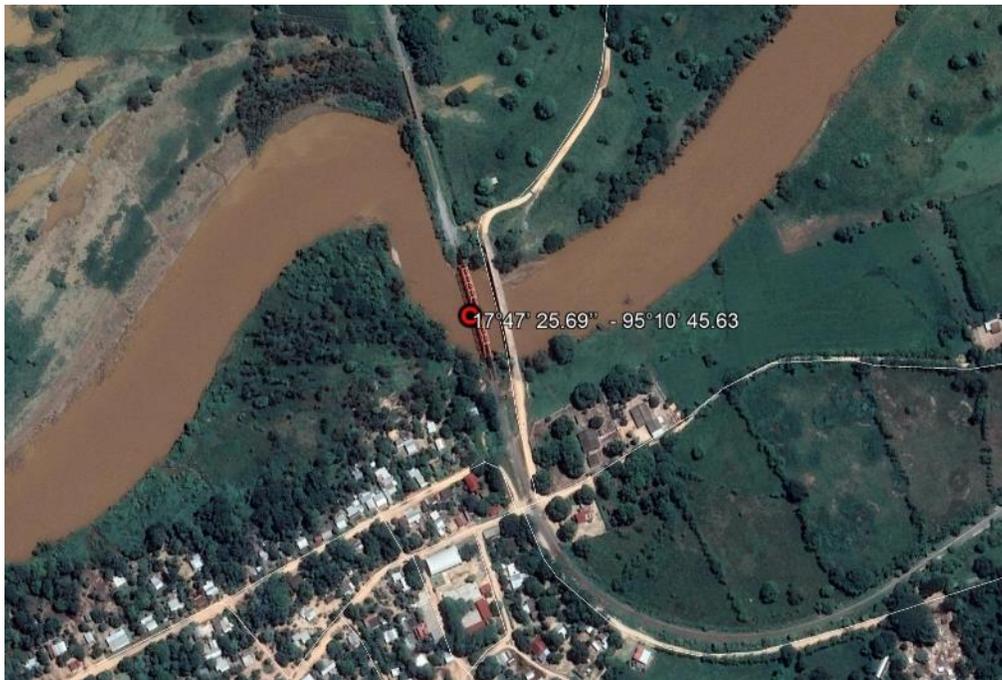


Figura 1. Ubicación del Puente La Lana (Google Earth, 2021)

I.2. Antecedentes

La estructura fue puesta en servicio en el año 1900, esto de acuerdo con los datos que se indican en una placa soldada en uno de los montantes extremos de la estructura, lo que nos muestra que es una obra que tiene una edad considerable, por lo cual es de suponerse que presenta diversos daños debidos a la acción del medio ambiente y al uso normal de la estructura.



Figura 2. Placa de construcción de la estructura

Dada la antigüedad del puente y para realizar un estudio lo mejor detallado del mismo, se realizó una investigación acerca de la historia del puente encontrándose los planos originales de la estructura proporcionados por el Centro de Documentación e Investigación Ferroviarias (CEDIF), los cuales datan del año 1899 y en donde se hace una gran aportación para el conocimiento integral de la estructura. En estos planos se indica el tren de cargas considerada para su diseño (Carga Cooper E-34), se puede conocer el tipo de cimentación con cual se construyó y además las secciones originales con las cuales fue diseñada y construida la estructura las cuales en algunos casos ya no son visibles debido a un reforzamiento previo de la estructura. Toda esta información recopilada y sumada a los levantamientos geométricos realizados durante la inspección detallada de la estructura nos permiten tener información más completa de las características geométricas de la estructura con la finalidad de poder evaluar de mejor forma el comportamiento de la estructura.

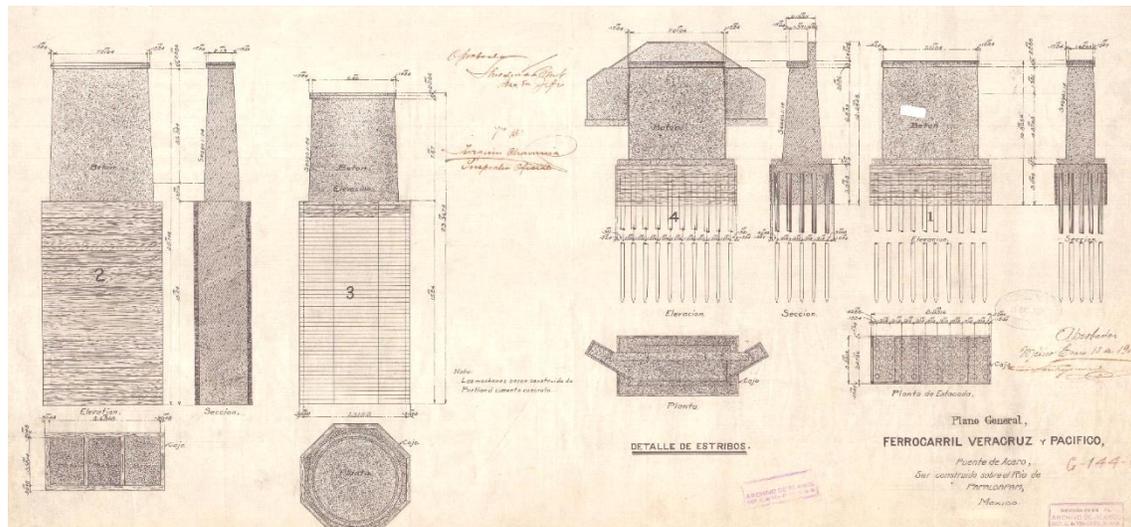


Figura 3. Extracto del Plano General de proyecto del Puente La Lana (Veracruz & Pacific, 1899)

I.3. Descripción de la Estructura

El puente en cuestión está conformado por una superestructura de cuatro claros, en los cuales se identifican dos tipos de sistemas estructurales: dos claros extremos (en tierra) a base de traveses conformados por placas de acero y dos claros centrales (en agua) a base de una armadura metálica de paso a través, todos los claros se encuentran simplemente apoyados y la estructura en su totalidad cuenta con una longitud de 114.02 m. Respecto a su alineamiento la estructura se encuentra en tangente tanto verticalmente como horizontalmente.

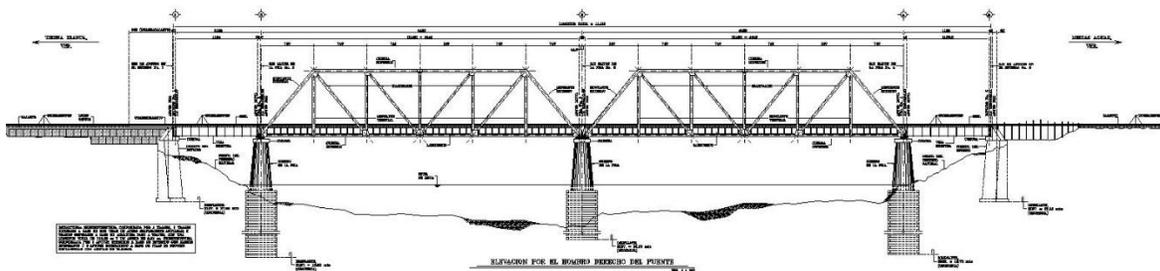


Figura 4. Vista en elevación de la estructura

Los tramos 1-2 y 4-5 están conformados por dos traveses de acero con contraventeos en el sentido horizontal y vertical, las cuales se encuentran simplemente apoyadas sobre placas de acero, tienen una longitud total de 12.00 m cada una y un peralte

de 1.24 m, con un espesor de alma de 13 mm (1/2”), patines de 0.38 m de ancho formados con placas de 44 mm (1 3/4”) de espesor cada trabe. El tablero cuenta con un ancho total del 3.05 m y está conformado por durmientes de madera y dos pares de rieles, los primeros con una separación de 0.94 m que son vestigio de los rieles originales y otro par de rieles con separación de 1.50 m que es donde circula el ferrocarril actualmente.



Figura 5. Estructuración del tramo 1-2 y 4-5

En lo referente al segundo tipo de estructuración presente en el puente, la cual constituye los tramos 2-3 y 3-4, están conformados cada uno de ellos por una armadura tipo paso a través de 44.80 m de longitud, la estructura tiene una altura total de 9.35 m y un gálibo vertical de 7.30 m, su ancho total es de 5.55 m y al igual que en el tramo 1-2 su tablero se conforma por durmientes de madera y dos pares de rieles. La estructura se encuentra simplemente apoyada sobre un dispositivo de apoyo formado de placas metálicas (apoyo fijo) y otro formado por rodillos (apoyo móvil). Las secciones que conforman a los elementos que integran la estructura como son: cuerda inferior, cuerda superior, pieza puente, viga-larguero, montante extremo, montante vertical, diagonales, contraventeos inferior y superior, portal de

entrada y salida, tornapunta superior, así como sus nodos de conexión se encuentran especificados en los planos anexos a este documento.



Figura 6. Estructuración del tramo 2-3 y 3-4

En relación con la subestructura esta se constituye por 5 apoyos, el apoyo No. 1 y el apoyo No. 5 (apoyos extremos), se resolvieron a base estribos con aleros integrados que adicionalmente a soportar parte de la estructura, contienen el terraplén de acceso. Dada la antigüedad de la estructura y basado en las pruebas de escaneo se verificó y concluyó que estos elementos son de concreto ciclópeo. Respecto a la cimentación de estos elementos y de acuerdo con los planos de proyecto del mismo se determinó que se encuentran apoyados sobre zapatas, las cuales probablemente se apoyan a su vez sobre pilotes de madera, aunque esto último no puede ser verificado.

Cabe señalar que en todos los elementos de la subestructura se realizaron pruebas de extracción de corazones, escaneo de acero de refuerzo y estudios de geofísica, todo esto con la finalidad de tener un amplio conocimiento de las condiciones de los

apoyos del puente como son la profundidad de desplante, las características de sus materiales entre otros aspectos.



Figura 7. Estribo No. 1

Referente a los apoyos intermedios (apoyos No. 2, 3 y 4) estos están resueltos a base de pilas de sección rectangular variable con aristas en tajamar y un cabezal, en cuanto a su geometría estos elementos tienen un largo de 7.80 m por 2.30 m de ancho con altura aproximada de 6.50 m, por las mismas razones que en los estribos se infiere las pilas también son de concreto ciclópeo. La cimentación de estos apoyos queda resulta con una cimentación profunda de sección rectangular y maciza la cual se encuentra confinada por una cimbra perdida de madera, todo esto de acuerdo con los planos recopilados del CEDIF, así como de los estudios de geofísica y la inspección subacuática realizada a la estructura.



Figura 8. Pila No. 3

I.4. Metodología de los trabajos para definir la situación actual de la estructura

Para poder analizar de forma integral las diferentes características de la estructura y del entorno donde se ubica, con la finalidad de dar una solución al problema del puente, se presenta una metodología de las principales actividades que nos permitirán tener el conocimiento necesario del puente y su situación actual, la cual se propone con base en los comentarios del Manual de Inspección de Puentes (SCT, 2018) para una inspección detallada y la evaluación de la capacidad de la estructura, así como en los Términos de Referencia y Especificaciones Particulares de la SCT y CAPUFE para servicios que tienen como finalidad el reconocimiento y levantamiento de los problemas, daños, deterioros, deficiencias y anomalías en el funcionamiento de los elementos que componen la estructura, así como de la revisión la capacidad de carga de la estructura y de las condiciones operativas de la estructura en su estado actual, la cual sirve de base para la elaboración y desarrollo de alternativas de solución como reforzamientos y/o reparaciones, un alcance similar al de este trabajo.

En cuanto a las limitaciones de la metodología propuesta se puede inferir que la determinación de la capacidad resistente de un puente en un momento determinado, no deja de ser una aproximación más o menos exacta debido a que la determinación de las propiedades de los materiales que constituyen la estructura, no se pueden suponer tan fácilmente, sobre todo cuando se tiene un cierto grado de deterioro en los elementos, así como el desconocimiento de las características y el estado físico de algunos elementos del puente que puedan encontrarse en sitios inaccesibles. Sin embargo, es imprescindible realizar una evaluación de la capacidad de carga de la estructura para que la toma de decisiones esté lo más fundamentada posible.

Adicionalmente y con la finalidad de incrementar la precisión de los resultados que se pudieran obtener de la evaluación del puente, se considera la implementación de mediciones de las vibraciones de la estructura bajo una condición de carga ambiental, con la finalidad de comparar el comportamiento real de la estructura con el modelo de análisis y verificar la concordancia entre estos. La idea de integrar este tipo de trabajos a la metodología propuesta para la evaluación del puente, nace de la idea de refinar un modelo de análisis de acuerdo en lo descrito por Felber (1993) en donde utiliza las características de vibración ambiental para este fin y así como también, algunos ejemplos de aplicaciones prácticas como en la “Evaluación de capacidad de carga del puente Antonio Dovalí Jaime” (Ortiz, y otros, 2010) , en donde se hizo uso de las características dinámicas de la estructura para reducir el grado de incertidumbre del modelo de análisis y verificar que las suposiciones realizadas, para generar el modelo fueran representativas de la situación actual del puente, lo cual sirvió para evaluar el estado actual de la estructura y emitir un dictamen sobre la misma.

La metodología propuesta se muestra en la Figura 9, donde se agrupan estas actividades necesarias en diferentes etapas, que nos permiten tener una secuencia adecuada para poder recopilar la información, procesarla y obtener un resultado final, estas etapas se describirán en el presente apartado.

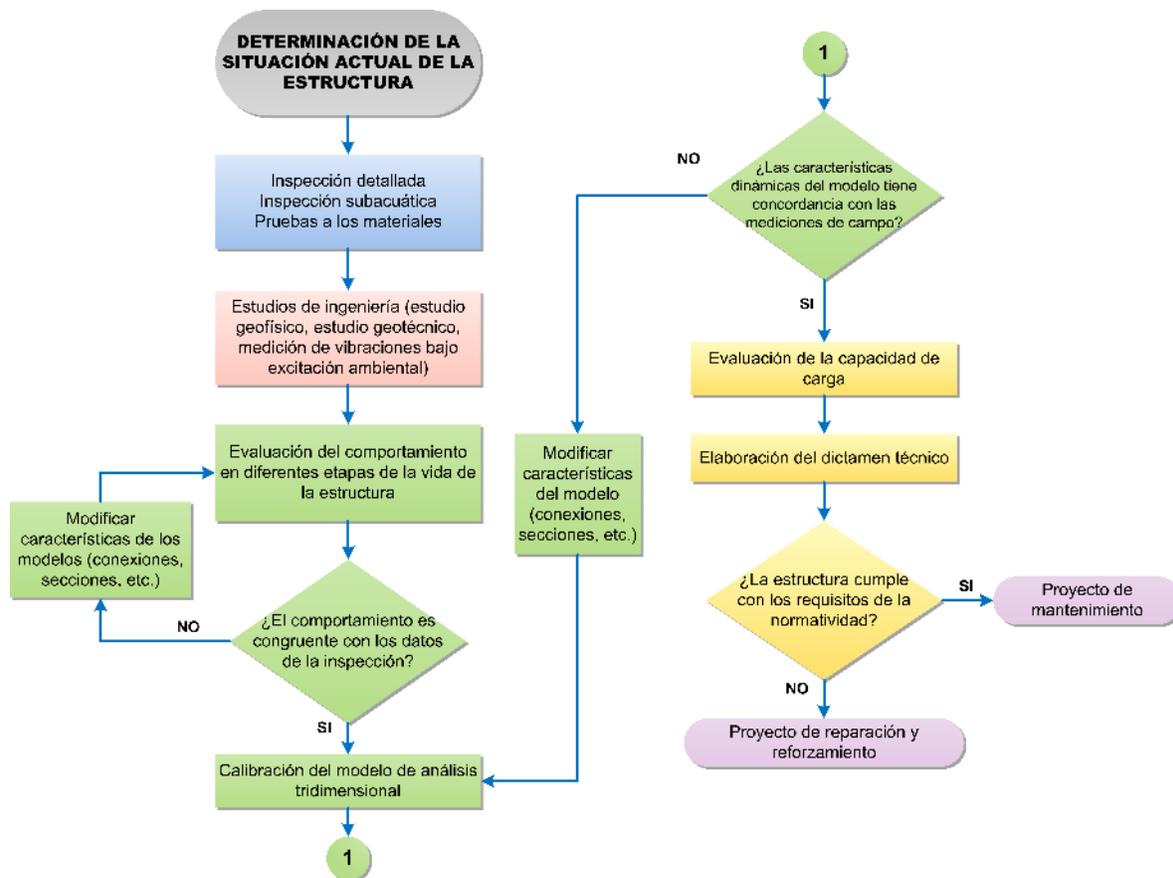


Figura 9. Diagrama de flujo para la determinación de la situación actual de la estructura

Primera etapa:

Esta etapa consiste en realizar diversas visitas al sitio para conocer tanto el estado físico como funcional de la estructura, el entorno que rodea el sitio donde se ubica, el comportamiento de la estructura ante las cargas que transitan en ella, la estructuración de los diversos elementos de la superestructura y subestructura, en general recopilar la información necesaria para tener un panorama de cómo está conformado y funcionando el puente y de igual forma detectar y cuantificar los daños observados. Para esto es necesario realizar actividades como las que se enlistan a continuación:

Inspección Detallada: Esta es la actividad en la que se realiza una o varias visitas a campo con la finalidad de realizar el reconocimiento y levantamiento detallado de todos los problemas, daños, deterioros, deficiencias y anomalías en el

funcionamiento de cualesquiera de los elementos que componen la estructura, así como la determinación de los parámetros geométricos de la estructura del puente que manifiesten daños tales como flechas excesivas y/o desplomes de las caras laterales de la superestructura entre otros.

Esta inspección no solo es de carácter visual si no que requiere de personal especializado y de equipo que permita inspeccionar todas las partes de la estructura como pueden ser pasarelas, drones, cámaras especiales por mencionar algunos. Dentro de este apartado es necesario la elaboración de planos tanto de levantamiento geométrico como de los daños detectados en la estructura.

Inspección subacuática: el objetivo de esta actividad es determinar las condiciones estructurales de la porción sumergida del cuerpo de las pilas del puente, así como su cimentación y la realización de una batimetría de forma local en los alrededores de las pilas, que nos permite conocer si existe algún tipo de socavación en estos elementos. Dicha inspección será realizada por personal calificado en trabajos de inspecciones subacuáticas.

Obtención de muestras y pruebas a los materiales: los muestreos y las pruebas se llevan a cabo de manera directa e indirecta (pruebas destructivas y no destructivas) en lo que respecta a las pruebas directas estas se contempla la obtención de núcleos de concreto para el caso de la subestructura y de obtención de probetas de acero para el caso de la superestructura, dichas muestras posteriormente se ensayarán en un laboratorio que determinara sus características. Por otro lado, las pruebas indirectas que se pueden realizar para este caso es el empleo de escaneos del acero de refuerzo en los elementos de la subestructura con el fin de conocer las características de este. También se pueden realizar pruebas de esclerómetro que nos permiten obtener una información paramétrica de la resistencia del concreto y detectar alguna zona con baja resistencia y para conocer el espesor de los elementos metálicos se considera la realización de mediciones de espesores de placas por medio de dispositivos de radiofrecuencia denominados Positectores.

Segunda etapa:

Los estudios de Ingeniería son los diferentes trabajos, pruebas y procedimientos que requerimos realizar para obtener información de la estructura en lo que respecta a un área específica de la ingeniería. Dentro de estos se tienen:

Estudio geofísico: estos estudios se emplean para poder obtener la certeza que las pilas construidas para soportar el paso de un ferrocarril, se comporte como un solo cuerpo uniforme, sin tener fracturas, cavidades, o cualquier tipo de discontinuidades que pudieran poner en riesgo la integridad de las pilas y por consiguiente de la obra civil que esta soporta. Adicionalmente también nos dan un dato aproximado de la profundidad de desplante de la estructura. Para esto se emplea el método sísmico de reflexión y así por medio de parámetros como lo son la velocidad de viaje de la onda compresional en el concreto, la densidad del concreto, el tiempo de viaje de dicha onda, se puede averiguar las condiciones de las pilas y su longitud.

Estudio geotécnico: Este estudio consiste en determinar la estratigrafía y propiedades físicas y mecánicas del suelo, y para la obtención de la información necesaria que se requiera para: efectuar la revisión de la cimentación actual de la estructura, revisar el efecto de la socavación sobre la cimentación de la estructura, definir el tipo de suelo que se encuentra por debajo de la estructura, establecer si la estructura tiene algún tipo de problema geotécnico así como establecer los niveles de desplante ya sea para una recimentación o bien el diseño de una estructura nueva de ser el caso.

Medición de vibraciones bajo excitación ambiental: Estas mediciones consisten en determinar por medio de acelerómetros, los principales resultados las propiedades dinámicas de una estructura como son formas modales, frecuencias de vibración y coeficientes de amortiguamiento, generalmente de los primeros modos de vibración del puente.

Estos resultados de las pruebas de carga se emplean para validar y calibrar un modelo de elementos finitos tridimensional del puente, que posteriormente servirá para evaluar el estado actual de la estructura y emitir un dictamen sobre la misma.

Tercera Etapa:

En base a los datos obtenidos en geometría de proyecto: la inspección detallada del puente; la geometría general y las dimensiones de los elementos estructurales; las pruebas a los materiales y la recopilación de información de los planos originales, se elaboran una serie de modelos matemáticos mediante un programa de análisis estructural reconocido que permita simular diversas condiciones hipotéticas de carga sobre la estructura para observar su respuesta ante estas. Estas condiciones de carga, así como la geometría modelada reflejarán diferentes etapas en la vida de la estructura, que van desde su construcción considerando un comportamiento bajo cargas de proyecto original, seguido de su comportamiento ante la evolución de las cargas, justificando el reforzamiento actual de la estructura y finalizando con un modelo que simule el comportamiento actual de la estructura bajo las cargas que actualmente indica la normatividad vigente, lo anterior es indispensable para determinar las propuestas o proyectos de reparación que correspondan.

Calibración del modelo de análisis tridimensional: antes de iniciar con la evaluación de la capacidad de carga es necesario poder calibrar y validar el modelo que se utilizará para obtener los elementos mecánicos y definir el comportamiento de la estructura, para esto se utilizará la información obtenida en la medición de vibraciones bajo excitación ambiental y se comparará con la proporcionada en el modelo entre más concordancia tengan los valores que describen las características dinámicas de la estructura se supondrá que este representa de mejor forma el comportamiento estructural real del puente.

Análisis estructural: posterior a la calibración del modelo matemático, se usarán los datos proporcionados por el mismo cuando es sometido a la acción de las cargas vigentes para poder determinar los esfuerzos y elementos mecánicos actuantes en la estructura con la finalidad de identificar aquellos elementos que presentan

mayores esfuerzos para que sumado con los resultados de la siguiente etapa, poder definir si el comportamiento de la estructura es satisfactorio o no.

Cuarta Etapa:

Evaluación de la capacidad de carga y elaboración del dictamen técnico: este apartado consiste en determinar la resistencia que posee cada uno de los elementos que integran el puente, esto de acuerdo con los criterios indicados en la normatividad, tomando en consideración los efectos de los daños por las condiciones actuales, todo esto para poder sustentar técnicamente si la estructura se comporta de forma adecuada

En esta etapa es importante la elaboración de un dictamen técnico para poder concluir los resultados de los análisis complementados con las situaciones observadas en la inspección detallada y los resultados de las pruebas de laboratorio, con la finalidad de conocer si la estructura funciona adecuadamente y de no ser el caso, determinar una alternativa para solucionar el problema.

Quinta Etapa:

Proyecto de reforzamiento de la estructura: mediante la información concluida en el dictamen técnico, se propone una solución a la problemática encontrada, misma que debe estar sustentada desde el punto de vista Técnico y Económico. La finalidad de este proyecto de reforzamiento es la de prolongar la vida útil de esta y garantizar la seguridad a los usuarios de esta.

Capítulo II

ESTUDIOS DE INGENIERÍA

II. ESTUDIOS DE INGENIERÍA

II.1. Procedimiento de inspección

Inspección procede del latín inspectio y hace referencia a la acción y efecto de inspeccionar examinar, investigar o revisar. Se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.

De acuerdo con SCT (2018), la inspección de puentes queda definida como el conjunto de acciones técnicas, realizadas de acuerdo con un plan previo, que proporcionan los datos necesarios para conocer el estado físico de la estructura de un puente.

Este conjunto de acciones de gabinete y campo incluyen, desde recopilación de información (si es que esto es posible: historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos post construcción (As Built), inspecciones previas, etc.), hasta la toma de datos en campo.

Referente a la inspección del puente La Lana, en primera instancia se realizó la inspección detallada de la estructura con la ayuda de equipo de aproximación, escaleras, cuerdas y el apoyo de alpinistas profesionales, lo que permitió inspeccionar todas las partes importantes de la estructura registrando los daños encontrados. Así mismo se tomaron las fotografías panorámicas y de detalle que permiten conocer y registrar el estado actual de la estructura y las fallas o deterioros que presenta la misma. Adicionalmente se realizó un levantamiento geométrico que nos permite determinar la forma y dimensiones de los elementos que conforman la estructura, lo cual es necesario para una posterior revisión estructural.

Referente a la superestructura se revisaron todos los tramos y todas las partes que la conforman como vigas, dispositivos de apoyos, elementos de acero contraventeo horizontal y vertical, tramo 1-2 y 4-5 para los tramos 2-3 y 3-4 la cuerda inferior, cuerda superior, pieza puente, viga-larguero, montante extremo, montante vertical,

diagonal, contraventeos inferior y superior, portal de entrada y salida, tornapunta superior, así como sus nodos de conexión.



Figura 10. Inspección y levantamiento geométrico

Durante las visitas a campo se detectó una situación importante referente a la geometría de la superestructura, ya que esta se encontraba con secciones cerradas, que se formaron en una etapa de reforzamiento anterior, lo cual imposibilitaba obtener la geometría exacta de las secciones que conforman a las armaduras de los tramos 2-3 y 3-4, esto motivó una investigación para poder recopilar datos de la historia del puente obteniéndose los planos de proyecto original del mismo en el CEDIF, los cuales se muestran en el Anexo A-1.

En lo que respecta a la subestructura, cimentación visible y el cauce, se detectaron todos los daños y defectos existentes en cada una de las partes que componen estos elementos de la estructura teniendo especial cuidado en los accesos y su geometría. Como complemento a la inspección de la subestructura y cimentación se hizo una inspección subacuática la cual se realiza en forma visual por Buzos Técnicos, con apoyo de fuentes de iluminación, para descubrir cambios estructurales, daños obvios o cualquier anomalía que afecte a la estructura (en este caso no se requirió de limpieza previa), también se realizó la medición de las diferentes profundidades del lecho del río en la zona de pilas, con el uso de

ecosonda para determinar la presencia de socavación en cada uno de los apoyos intermedios y se realizó el registro de la inspección realizada y las profundidades obtenidas.



Figura 11. Inspección subacuática

Por último, con la información encontrada en los planos originales de proyecto, el levantamiento geométrico en campo y la inspección subacuática, fue posible determinar con mayor exactitud la estructuración del puente y la condición actual de la estructura en forma integral, pudiéndose elaborar los planos del levantamiento geométrico de la estructura que se muestran en el Anexo A-2.

II.1.1. Principales daños en la estructura

De acuerdo con lo observado en la inspección detallada de la estructura, se pudieron determinar que existen diferentes zonas que presentan deterioros en los elementos que conforman el puente y debido a que merman la capacidad de carga de la estructura, es necesario mitigarlos para evitar que se siga acrecentando el problema existente y comprometer la seguridad de la estructura a futuro. Los principales deterioros que se pueden observar en la estructura son: oxidación con

o sin pérdida de sección, fracturas en elementos y fallas por fatiga. La información referente a la condición actual del puente se puede consultar en el reporte fotográfico con el cual presenta un mayor número de detalles la cual se ubica en el Anexo A-3 y el Reporte de Inspección que permite determinar las condiciones reales de la estructura y una conclusión de su estado actual manejado en el Anexo A-4. A continuación, se describirá un breve resumen de la condición de los elementos que conforman a la estructura y sus daños principales.

Cuerda superior (Sección 1)

En lo que respecta a los elementos que conforman la cuerda superior, se aprecian en buen estado, estos no presentan oxidación y se puede observar un recubrimiento anticorrosivo en buen estado.



Figura 12. (a) Cuerda superior y (b) conexión cuerda superior y portal de salida

De igual forma las conexiones que unen a los elementos que conforman la cuerda superior, se aprecian en buen estado y con un recubrimiento anticorrosivo en buen estado.

Portal de entrada y salida (Sección 1)

Para el caso del portal de entrada y salida o montantes extremos, se pueden apreciar secciones en buen estado, únicamente en las zonas de conexión con la cuerda inferior se aprecia oxidación con pérdida de sección la cual podemos

considerar de ligera a moderada como se puede observar en la Figura 13(a) y (b). También podemos apreciar una protección anticorrosiva en buen estado.



Figura 13. (a) Vista General del Montante extremo y (b) Conexión con cuerda inferior del montante extremo

Cuerda Inferior (Sección 2, 3 y 4)

La cuerda inferior en lo general se encuentra en buen estado, ya que las secciones presentan niveles de corrosión muy ligeros y la protección anticorrosiva es adecuada, únicamente el caso de la conexión con el apoyo presenta un nivel de corrosión importante, ya que existe una pérdida de sección en la placa inferior de la cuerda inferior como se puede apreciar en la Figura 14(b).



Figura 14. (a) Vista general de la cuerda inferior y (b) detalle de cuerda inferior en la conexión con el apoyo.

Montenes (Sección 5, 6 y 7)

En lo referente a los elementos que integran a los montenes se puede apreciar que existe corrosión con una ligera pérdida de sección en estos elementos, principalmente en las placas que fueron colocadas posteriormente en el elemento, en lo que respecta a las conexiones, se aprecian en buen estado no se observan problemas de corrosión, tampoco se observan deformaciones ni desplomes, la protección anticorrosiva en estos elementos es adecuada.



Figura 15. (a) Ligera corrosión en montenes y (b) conexión de montenes con cuerda inferior.

Diagonales (Sección 8)

Las diagonales no presentan problemas de corrosión importantes únicamente se aprecian ligeros daños producidos por esta en las placas de refuerzo los cuales ya están recubiertos por protección anticorrosiva la cual se encuentra en buen estado.



Figura 16. (a) Diagonal vista general y (b) ligera corrosión en placas de refuerzo en diagonales

Tornapuntas (Sección 9 y 10)

Hablando de las tornapuntas extremas, estos elementos se encuentran en buen estado debido a que no se aprecia una pérdida de sección importante por la oxidación y el recubrimiento anticorrosivo se encuentra en buen estado. En cambio, las tornapuntas intermedias presentan deterioros que podríamos calificar como moderados, ya que se observa una pérdida de sección más importante debida a la corrosión y sumado a esto la protección anticorrosiva se encuentra en regular estado.



Figura 17. (a) Tornapunta extremo y (b) tornapunta intermedio)

Contraventeo Superior (Sección 11)

Los contraventeos superiores presentan deficiencias similares a las tornapuntas intermedias, se presenta corrosión con pérdida de sección con una calificación moderada y el recubrimiento anticorrosivo se encuentra en regular estado.



Figura 18. (a) vista general del contraventeo superior y (b) detalle de la sección del contraventeo superior

Contraventeo Inferior (Sección 12)

Los elementos que conforman al contraventeo inferior, en lo general se encuentran en regular estado en lo que a su sección respecta, ya que no se aprecia corrosión importante en estos y su protección anticorrosiva se encuentra en buen estado, pero varios de estos elementos presentan problemas de falla por fatiga en algunas de las conexiones con las piezas puente.



Figura 19. (a) Vista general del contraventeo inferior y (b) detalle de conexión de contraventeo con pieza puente

Pieza puente

Las piezas puente que conforman la armadura de los tramos 2-3 y 3-4 del puente la Lana, presenta diversas deficiencias entre las cuales tenemos oxidación y pérdida de sección sumado a la falta de protección anticorrosiva en los patines superiores de estos elementos, perdida de sección importante en los patines inferiores en las piezas puente extremas y una fractura en el patín inferior de la pieza puente sobre la pila No. 4, aunque cabe mencionar que en general la protección anticorrosiva se encuentra en regular estado.



Figura 20. (a) Vista general de las piezas puente y (b) patín superior de piezas puente



Figura 21. (a) pérdida de sección en patín inferior de piezas puente extremas y (b) fractura en pieza puente sobre la pila No. 4

Larguero

Los largueros de la estructura no presentan un daño relevante, aunque si se aprecian algunos problemas de corrosión en las conexiones con las piezas puente. En general la protección anticorrosiva en estos elementos es adecuada y no se observan pérdidas de sección importantes en los mismos.



Figura 22. (a) Vista general de los largueros y (b) Detalle de conexión de larguero con pieza puente

II.2. Determinación de la resistencia de los materiales

Para conocer las características de los materiales que componen a los elementos de una estructura existen diversas pruebas, que se pueden llevar a cabo de manera directa e indirecta (pruebas destructivas y no destructivas), las cuales de acuerdo con el alcance y las características particulares de cada puente podemos elegir aquellas que nos proporcionen la información necesaria para evaluar la estructura.

Algunas de las pruebas que se emplean con mayor frecuencia en las estructuras de acero y concreto son las siguientes: Medición de grietas con dispositivos manuales como el Vernier, medición de espesores de placa con equipos de radiofrecuencia (Positector), prueba con esclerómetro, uso de ultrasonido, extracción de núcleos, prueba de rayos x, pruebas de carbonatación, pruebas de permeabilidad, extracción de probetas de acero, pruebas de corrosión, etc.

De las pruebas mencionadas algunas de las que mejor se apegan a las necesidades de este proyecto, puesto que nos proporcionan la información requerida para una

evaluación integral son: la extracción de corazones y las pruebas de escaneo de acero de refuerzo para los elementos de la subestructura complementándose con estudios de geofísica y las extracciones de probetas de acero para poder determinar las propiedades químicas y mecánicas del acero que caracterizan a los elementos que conforman a la superestructura junto con la medición de espesores de las placas de acero mediante el uso del Positector.

II.2.1. Extracción de núcleos de concreto

De acuerdo con la norma PROY-NMX-C-169-ONNCCE-2008 "Extracción y preparación de especímenes cilíndricos o prismáticos de concreto hidráulico endurecido", esta prueba consiste en realizar perforaciones controladas en los elementos para extraer muestras que posteriormente se llevarán a laboratorio para ser sometidas a pruebas de compresión simple y llevarlas a la falla para la determinar su resistencia.

Para el caso de este proyecto se realizaron un total de 5 muestras una por cada elemento de la subestructura con la finalidad de obtener las características y resistencia del concreto, cabe señalar que se debe y se sanearon los daños causados por estas pruebas.

Este procedimiento consistió básicamente en realizar perforaciones con un taladro con broca cilíndrica de pared delgada con corona de diamante, utilizando como medio de enfriamiento agua, para que el calor generado no afecte el área de perforación ni al mismo taladro ya que de lo contrario las muestras no podrían cumplir con las características adecuadas como se indica en la normatividad. Para poder llevar a cabo cada perforación se empleó equipo adicional en este caso lanchas para poder acceder y una bomba de agua para poder proporcionarle un medio de enfriamiento al equipo.



Figura 23. Extracción de núcleos de concreto en pila No. 3

Para que los resultados de las muestras que se obtienen tengan un nivel de confiabilidad suficiente, se recomienda que el diámetro de los corazones que se obtienen sea cuando menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.



Figura 24. Núcleo de concreto extraído

Adicionalmente de acuerdo a (ONCCE, 2008), se requiere que las bases de los corazones que se prueben a la compresión deben ser planas y prácticamente lisas, perpendiculares al eje longitudinal, con una tolerancia de 5° , y con el mismo diámetro que el cuerpo del espécimen, con tolerancia de 2.5 mm. Cada extremo del espécimen debe recortarse con disco de diamante por lo menos 1 cm para evitar zonas alteradas. La longitud del espécimen, cuando ya tenga preparadas las bases, debe estar tan cercana como sea posible a 2 veces el diámetro. No debe probarse un corazón que tenga una altura menor del 95% de su diámetro antes de cabecear sus bases o que tenga menos del 100% de su diámetro, después del cabeceo.

Es conveniente cumplir una relación de altura y diámetro de 2 a 1 en las probetas, pero cuando no es posible, se requiere realizar ajustes mediante un factor de resistencia y de esta forma tener un dato más preciso.

Para terminar la prueba de compresión simple se enviaron las muestras a un laboratorio certificado en donde se colocó la muestra sobre una prensa, alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga y aplicando una carga uniforme, cuidando que las superficies de las placas superior e inferior (de la prensa mecánica) y las cabezas del espécimen de prueba estuvieran limpias.



Figura 25. Muestra después de ser sometida a la prueba de compresión simple

Por último, se presenta un resumen de los resultados:

Tabla 1. Resumen de resistencia de núcleos de concreto

No. DE MUESTRA	LOCALIZACIÓN	DIÁMETRO ESPECIMEN PROM (cm)	LONGITUD PROMEDIO		CONDIC. DE CURADO	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
			ANTES CABECEAO (cm)	DESPUES CABECEAO (cm)			(Mpa)	(Kg/cm2)
5	ESTRIBO No 1	4.60	8.48	8.79	SECO	0.996	36.1	368
3	PILA No 2	4.60	8.50	8.77	SECO	0.996	30.7	313
4	PILA No 3	4.59	8.49	8.90	SECO	0.997	24.9	254
2	PILA No 4	4.60	8.25	8.68	SECO	0.995	23.9	243
1	ESTRIBO No 5	4.60	8.64	8.79	SECO	0.996	42.3	432

II.2.2. Detección de acero de refuerzo

Para verificar si los elementos de concreto de la estructura cuentan con acero de refuerzo, así como determinar el diámetro aproximado y distribución de las varillas de estos elementos, se realizó una prueba de detección de acero mediante un sistema Ferroskan. Este escaneo consiste en hacer pasar un equipo de detección de acero de refuerzo en los elementos de concreto, con un determinado patrón de movimientos, definido por una retícula, la cual se coloca en el elemento a escanear, permitiendo observar en una pantalla la disposición del acero y el área aproximada del mismo.

En el presente caso se realizaron estas pruebas de detección de acero de refuerzo, en todos los elementos de la subestructura, obteniéndose como resultado, lo que se suponía desde el inicio que, debido al año de construcción del puente, la subestructura es de concreto ciclópeo y no contiene acero de refuerzo.

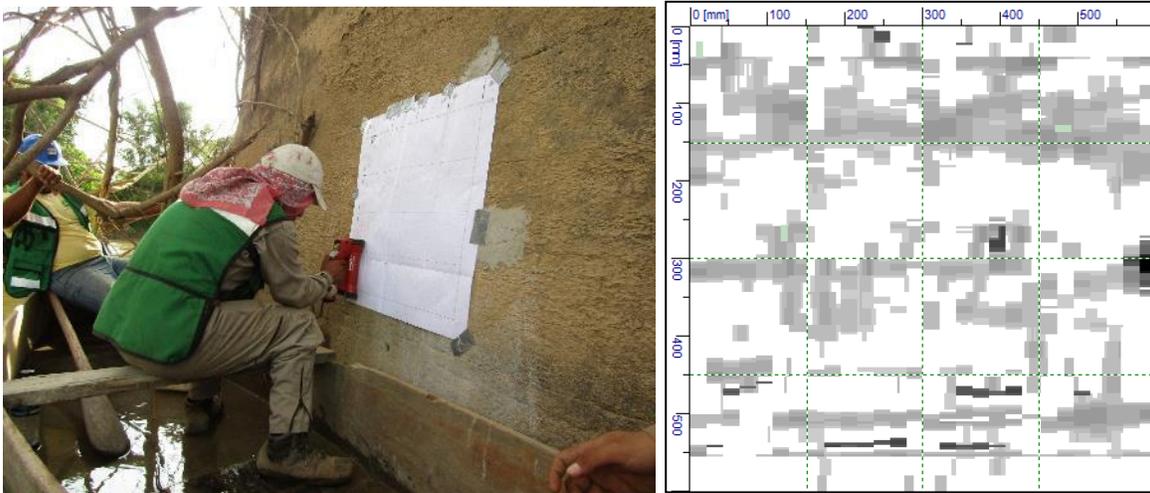


Figura 26. Detección de acero de refuerzo.

II.2.3. Extracción de probetas de acero

Para determinar las propiedades físicas y químicas del acero estructural del cual están conformados los elementos de la superestructura se realizaron dos pruebas: una de tensión para medir la resistencia a la elongación del acero y una química para determinar la composición que forma la aleación del acero y verificar si se encuentra dentro de los límites de un determinado tipo de acero. Estas pruebas se realizaron a dos probetas obtenidas directamente del material que compone la superestructura del puente, mediante la extracción de las muestras por medio de oxicorte.



Figura 27. Extracción de muestras para probetas de acero.

En el caso de este puente se extrajeron un total de dos probetas, una de la pieza puente del tramo 3-4 y otra de una de las vigas del tramo 4-5. Se tuvo cuidado en obtener estas probetas de elementos compuestos por el acero original con el que se fabricó la estructura y buscando las zonas donde se afecte lo menor posible el funcionamiento estructural del puente, aunque de igual forma se resarcíó el daño ocasionado a la estructura soldando placas en las zonas donde se extrajeron las probetas y aplicándoles recubrimiento anticorrosivo.



Figura 28. Probeta formada de la muestra extraída

Una vez obtenidas las probetas se llevaron a laboratorio para poder realizar las pruebas de tensión de acuerdo con la norma NMX-B-310-1981 y análisis químico de acuerdo a la norma ASTM E352-93 (2006). Basado en los resultados de las pruebas se realizó un informe el cual se puede consultar en el Anexo A-5. Resumiendo, los resultados de las pruebas realizadas al acero podemos concluir lo siguiente:

Con base al ensayo de tensión realizado, las muestras cumplen con las propiedades mecánicas establecidas en la Norma ASTM A-36 que es una de las especificaciones para Acero al Carbono Estructural. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Con base al análisis químico realizado, las muestras cumplen con los límites de composición la norma ASTM A-36, para un acero al Carbono estructural. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2. Resumen de resultados de prueba de tensión

Probeta	Elongación			Esfuerzo Máximo (UTS)			Límite Elástico (YS)			
	E (%)	cumple	MPa	cumple	ksi	cumple	MPa	cumple	ksi	cumple
Prueba No. 1	29.74	√	470.88	√	68.30	√	309.24	√	44.85	√
Prueba No. 2	37.33	√	414.30	√	60.09	√	274.28	√	39.78	√
ASTM A 36 en 2" (50mm)	23% Mínimo		400-550		58-80		250 Mínimo		36 Mínimo	

Tabla 3. Resumen de resultados de análisis químico

Concentración en % en peso	Carbono	cumple	Manganeso	cumple	Silicio	cumple	Fosforo	cumple	Azufre	cumple
Prueba No. 1	0.23	√	0.35	√	0.024	√	0.024	√	0.034	√
Prueba No. 2	0.17	√	0.42	√	0.032	√	0.029	√	0.041	√
Incertidumbre expandida $K=2 \pm$	0.02		0.02		0.002		0.002		0.002	
ASTM A 36	0.25 Máximo		No es un requerimiento		0.40 Máximo		0.40 Máximo		0.050 Máximo	

Basado en los resultados de laboratorio de las probetas de acero se puede concluir es correcto asumir acero tipo ASTM A-36 para los posteriores análisis.

II.3. Estudio Geofísico

Este estudio se realizó para poder obtener información referente al comportamiento de las pilas y determinar si estas se comportan como un sólo cuerpo uniforme, si tienen fracturas, cavidades, o cualquier tipo de discontinuidades que pudieran poner en riesgo la integridad de las pilas y por consiguiente de la obra civil que esta soporta. Adicionalmente también nos aportan datos aproximados de la profundidad de desplante de la estructura. Para esto se emplea el método sísmico de reflexión, el cual por medio de parámetros como lo son la velocidad de viaje de la onda compresional en el concreto, la densidad del concreto y el tiempo de viaje de dicha onda, se puede conocer las condiciones de las pilas y su longitud.

Este estudio Geofísico, en su modalidad de pruebas de continuidad a pilas, se realizó como ya se mencionó, por medio del método sísmico de reflexión, el cual de forma general consiste en analizar el viaje de las ondas compresionales en un medio encajonante que, en este caso es el concreto. Para llevar a cabo este estudio se siguió la metodología que se menciona a continuación. Primero se aseguró que la cima de la pila a estudiar estuviera libre de partículas de tierra o grava, que pudieran obstaculizar el adecuado contacto de los geófonos al concreto. Debido a esto se realizó una limpieza fina.

Posterior a la limpieza, se acomodaron los geófonos en la cima de la pila. Para realizar este paso, se empleó plastilina para fijar los geófonos al concreto, ya que se ha demostrado que es un material maleable, tiene adherencia, y es fácil de utilizar.

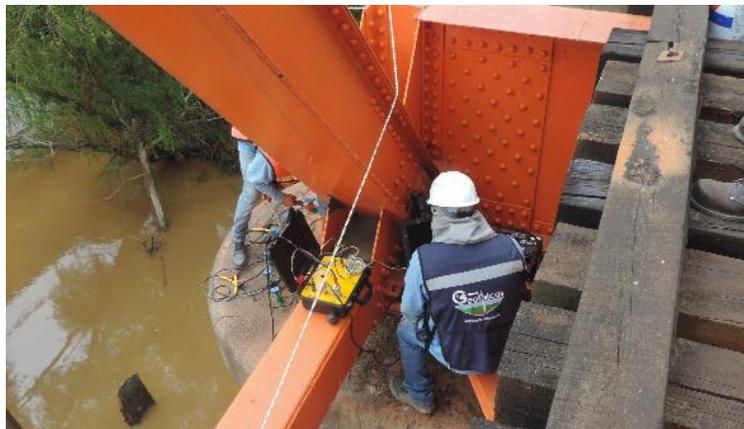


Figura 29. Realización de Prueba de reflexión sísmica

Se distribuyen los geófonos en la superficie de la cima, de una forma equidistante, ya que la información de cada geófono es puntual y lineal; es decir la atribución de la información sólo abarca la pequeña área debajo de sí mismo. Por lo tanto, se distribuye de tal forma que sea lo más representativo del cuerpo interno de la pila. Además, la distribución se debe hacer, alejándose de los elementos que interfieren en las lecturas, como lo son las varillas de acero (en este caso no aplica ya que es concreto ciclópeo) y algún otro elemento de acero, ya que al tener una mayor frecuencia en su vibración que el concreto se pueden alterar los resultados, por este

motivo se distribuyeron fuera del centro de la pila donde hay una concentración de anclajes y una placa de acero provenientes de la superestructura.

Para el desarrollo de la prueba, se generan perturbaciones sísmicas en la cabeza de la pila a través de impactos mecánicos con una pequeña varilla de acero y un marro de 3 lbs, los cuales están sincronizados electrónicamente, con el inicio de grabación en el sismógrafo ($T=0$). Por medio del menú de adquisición, se establecen los parámetros de muestreo, longitud de grabación, ganancia, número de golpes para el apilamiento de datos, la sensibilidad del detonador.

Una vez obtenido el sismograma correspondiente se analizan los eventos coherentes que correspondan con el reflejo primario y se determina el tiempo de arribos.

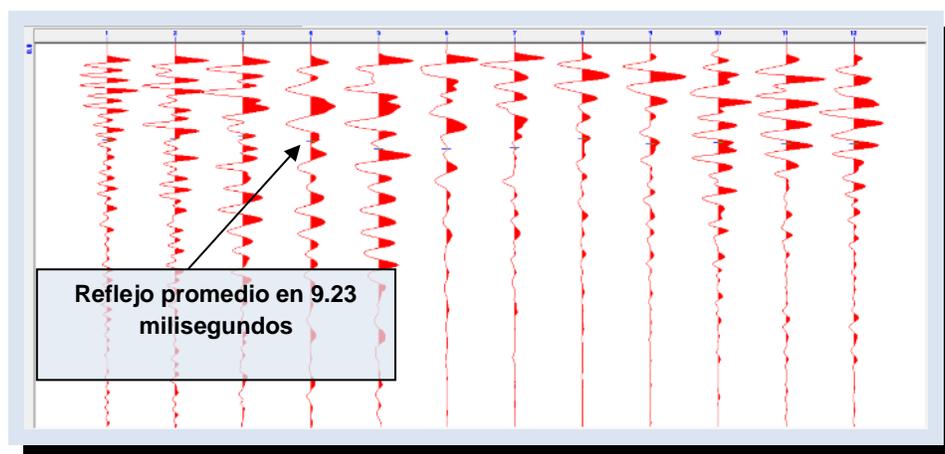


Figura 30. Sismograma de la prueba para la pila No. 2, que consta de doce líneas o trazas que corresponde al mismo número de geófonos.

Posteriormente se realizó un segundo análisis de los datos sísmicos, por medio del programa Seisimager. Primero se abre el archivo con los datos del sitio de interés, el cual se graba en formato “. seg”. Posteriormente se analiza con las herramientas del programa. Se lee el sismograma con los datos sin procesar, para determinar si es necesario aplicar filtros matemáticos como lo son filtro Pasa bajas, el cual permite el paso de señales de onda con bajas frecuencias y elimina frecuencias altas. Otro filtro es el Pasa altas, que permite el paso de señales de alta frecuencia y elimina

señales de baja frecuencia. Otro filtro es el filtro Notch, el cual permite el paso de un solo rango de frecuencias y eliminan las frecuencias que están fuera de este rango.

Posteriormente, se procesa el sismograma para por medio de una herramienta de reflexión sísmica llamada migración, la cual consiste en reubicar elementos de los datos para adecuar sus posiciones, a las posiciones de los reflectores asociados o puntos difractantes. Para esto se emplea la herramienta Processing del menú, y luego Migration Kirchhoff (homogeneous), con esta herramienta conseguimos la imagen del espectro del sismograma.

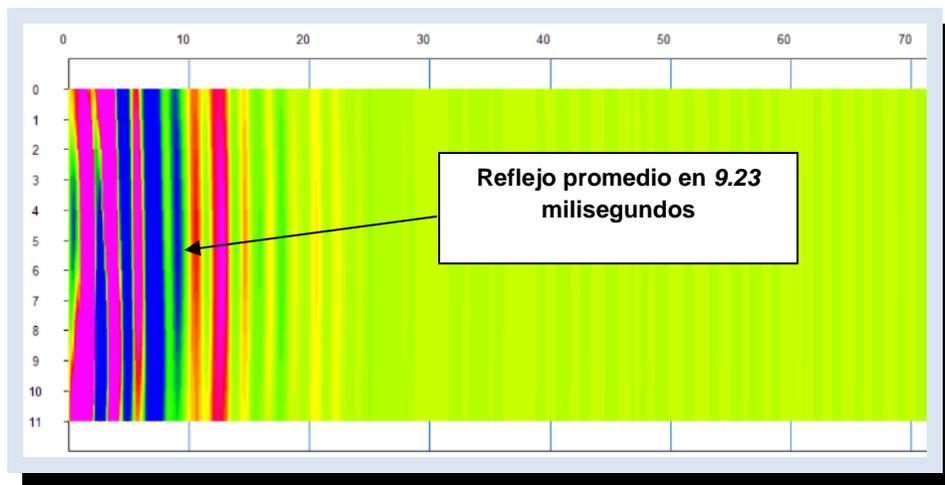


Figura 31. Espectro del sismograma para la pila No. 2, muestra una gama de colores azul y rojo nos indican las amplitudes y frecuencias características en un tren de onda y los colores verde y amarillo claro, nos indican valores de amplitud y frecuencia bajos que ya no corresponde

Se practicaron tres pruebas de continuidad. De las cuales se obtuvo, igual número de sismogramas, de cada uno de los sitios, donde se practicaron las pruebas geofísicas, posteriormente se determinó la mayor reflexión en la base de la ventana sísmica analizada con los criterios de diferenciar las frecuencias características del medio donde viajan las ondas sísmicas. Al determinar los tiempos de viaje doble de las ondas sísmicas longitudinales (P) reflejadas, y conociendo algunos parámetros fijos como la resistencia a la compresión del concreto de las pilas o la profundidad real que tienen cada pila, es posible realizar un análisis de las longitudes.

Para obtener una mejor precisión en los datos que proporciona la prueba de reflexión sísmica se realizó una prueba de velocidad a los corazones de concreto extraídos, con la finalidad de obtener la velocidad real en el concreto del sitio y no estimarlo como se da en muchos casos. Se obtuvo la velocidad de transmisión de la onda sísmica, por medio del Ultrasonic Pulse Velocity Meter.



Figura 32. Prueba de velocidad al corazón de concreto obtenido

De las pruebas obtenidas para cada uno de los apoyos después de haber realizado las pruebas de reflexión sísmica en campo y después de haber medido la velocidad en los corazones de concreto de cada una de las muestras de los apoyos se puede resumir la información encontrada en la Tabla 4.

Basado en los resultados obtenidos y con los planos originales de proyecto se pudieron determinar las longitudes aproximadas de desplante de cada apoyo de la estructura. Adicionalmente no se detectó ninguna discontinuidad en los elementos de la subestructura. El informe del estudio geofísico se puede consultar en el Anexo A-6.

Tabla 4. Resumen de resultados de pruebas geofísicas

ESTRUCTURA	POSICIÓN	TIEMPOS (Mili Seg)	VELOCIDAD (Metros/Seg)	LONGITUD (Metros)
APOYO 1	A. arriba	3.90	5000	9.75
	Centro	3.084 3.900	5,000 4,587	9.60 8.94
APOYO 2	A. abajo	9.23	5000	23.08
	Centro	9.05	5000	22.63
	A. Arriba	9.18	5000	22.95
APOYO 3	A. abajo	8.97	4587	20.57
	Centro	8.93	4587	20.48
APOYO 4	A. abajo	9.70	4672	22.31
	Centro	9.81	4672	22.56
	A. Arriba	9.85	4672	22.66
APOYO 5	A. abajo	3.94	4895	9.64
	Centro	3.90	4895	9.55
	A. Arriba	3.93 3.94	4895 4587	9.62 9.04

II.4. Estudio Geotécnico

Para poder obtener información referente a la estratigrafía del suelo y las propiedades mecánicas del mismo, es necesario realizar un estudio geotécnico el cual nos proporcionará esta información.

Para efectuar el estudio geotécnico de este proyecto, se llevó a cabo la exploración del subsuelo en el sitio, misma que se realizó con base en los Términos de Referencia de la SCT.

Los sondeos se realizaron con máquina rotatoria utilizando para su avance la prueba de penetración estándar auxiliándose con broca tricónica para avanzar en suelos resistentes, obteniendo muestras alteradas representativas de los estratos del subsuelo y al mismo tiempo se determina su consistencia o compacidad.



Figura 33. Sondeo SPT-2

La profundidad de los sondeos se definió, de acuerdo con las características estratigráficas del sitio, considerando los siguientes criterios indicados en los Términos de Referencia para suspender los sondeos:

- a) Cuando se penetran 6.00 m. en arenas y arcillas con número de golpes mayor a 50 en la prueba de penetración estándar.
- b) Cuando se detecta una masa rocosa y se verifica un espesor mínimo de 4.00 m.

A continuación, se muestra el Croquis de Localización en Planta de los sondeos ubicados en el Km 275 + 361 (SE-1) y Km 275 + 405 (SE-2), llevados a una profundidad de 18.03 m. para el SE – 1 y de 15.04 m. para el SE – 2:

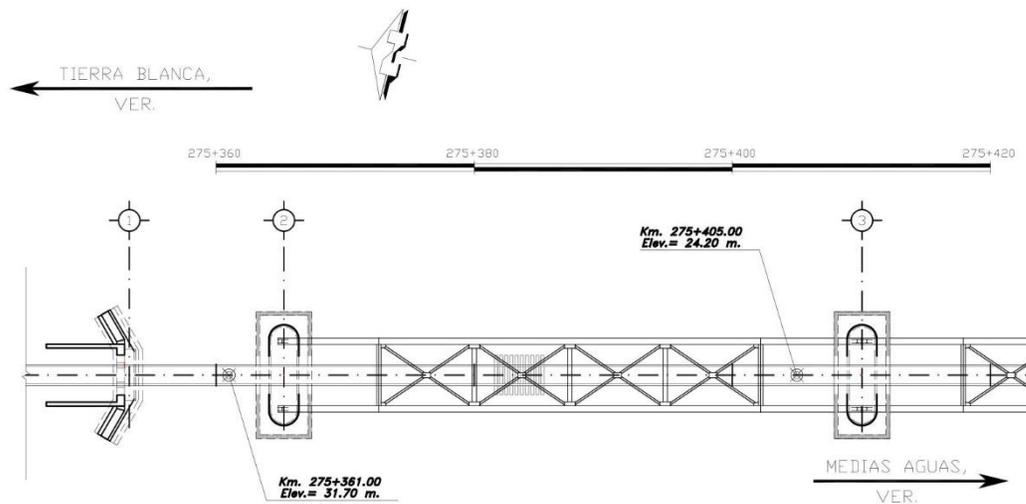


Figura 34. croquis de localización de sondeos

De acuerdo con la información obtenida de los sondeos, se identificó la siguiente estratigrafía para este puente:

En el sondeo No. 1 (SE-1):

- De 0.00 m. a 1.70 m. Arena (47 %) limosa (14 %) café claro y café oscuro con gravas (37 %), de compacidad entre baja y muy alta.
- De 1.70 m. a 2.40 m. Boleos con arena limosa café.
- De 2.40 m. a 6.00 m. Arena limosa (15 %) gris verdosa, de compacidad entre baja y alta.
- De 6.00 m. a 7.20 m. Arcilla gris oscuro, de consistencia entre muy firme y dura.

De 7.20 m. a 8.40 m. Arcilla orgánica gris oscuro, de alta compresibilidad, de consistencia dura.

De 8.40 m. a 12.20 m. Arena limosa (17 %) gris oscuro y café claro, de muy alta compacidad.

De 12.20 m. a 18.03 m. Arena fina limosa, café y gris verdosa, muy compacta (Lutita).

Fin del sondeo 18.03 m.

En el sondeo No. 2 (SE-2):

De 0.00 m. a 1.20 m. Arcilla arenosa café claro, de baja compresibilidad, de consistencia entre muy firme y dura.

De 1.20 m. a 10.20 m. Arena limosa (entre 16 y 21 %) café claro, de muy alta compacidad.

De 10.20 m. a 15.04 m. Arena fina limosa, gris verdosa, muy compacta (Lutita).

Fin del sondeo 15.04 m.

II.5. Medición de vibraciones bajo excitación ambiental

De acuerdo con Ortiz, y otros (2010), los primeros usos de las pruebas dinámicas como un medio para evaluar el comportamiento de estructuras tienen su origen al final de la segunda guerra mundial en la industria aeronáutica. El objetivo primordial era evaluar el fenómeno de fallas ante cargas repetidas. El empleo de estas técnicas en construcciones es mucho más reciente.

Existen varias razones que justifican las pruebas en puentes: para enriquecer el conocimiento del comportamiento dinámico; para verificar las opciones de modelado; para evaluar la integridad estructural, o para evaluar la condición estructural. Las nuevas capacidades computacionales de hoy en día han permitido el desarrollo de algoritmos poderosos para la determinación de las características dinámicas de estructuras sometidas a vibraciones. Esta información puede ayudar a reducir la incertidumbre asociada con estimación de los esfuerzos estructurales,

y así permitir un mejor una mejor evaluación estructural. Uno de los objetivos principales de los estudios dinámicos es la determinación (o identificación) de las características modales de la estructura.

Para el caso del puente La Lana, se decidió llevar a cabo una campaña de pruebas de vibración ambiental, en donde se midió la respuesta dinámica de la estructura bajo sollicitaciones ambientales como son el paso del ferrocarril y oscilaciones ocasionadas por el viento. Este tipo de prueba es particularmente útil pues la energía de la fuente de excitación está repartida en un amplio espectro de frecuencias y por consecuencia varios modos de vibración son sensibles de ser “activados”. Estas pruebas son particularmente importantes pues permiten evaluar el comportamiento estructural en condiciones de operación.

Respecto a esta estructura se realizó tanto un estudio de vibración ambiental, como vibración producida por el paso del ferrocarril, con el objetivo de obtener las frecuencias naturales de vibración, por medio de análisis de los registros de aceleración obtenidos del puente. Las propiedades dinámicas de la estructura permitirán calibrar las condiciones reales del puente con el modelo matemático utilizado para su evaluación.

Las mediciones durante la campaña de pruebas dinámicas fueron hechas usando un sistema de adquisición de datos de la marca Spectral Dynamics, modelo Siglab 20-42. Este consta con una capacidad de 4 canales con 20 bits de conversión analógica – digital y un filtro antialias. Además de 3 acelerómetros de la marca PCB modelo 393B31, y uno de la misma marca modelo 393B12 que tienen una sensibilidad de 10 V/g, adicionalmente se utilizó un acondicionador de señales 482A22.

Se instalaron los 4 sensores en los dos claros del puente La Lana. Tres sensores se ubicaron en el centro del claro, mientras que el cuarto se ubicó sobre el apoyo. La dirección del sensor sobre el apoyo fue transversal (Figura 35).

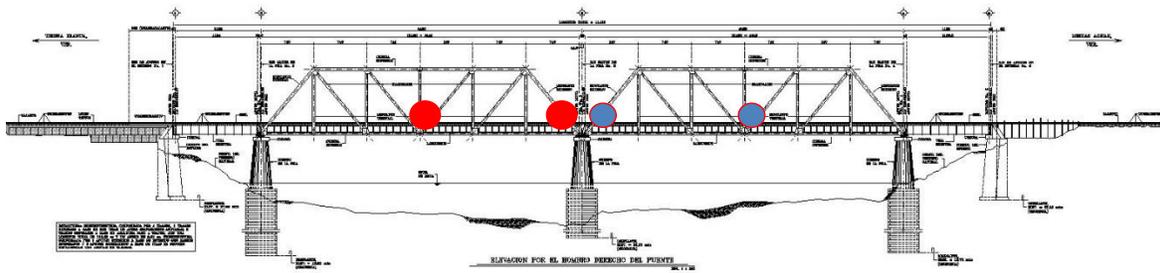


Figura 35. Puntos de medición sobre el puente La Lana para los tramos 2-3 y 3-4

La distribución de los sensores en planta para el claro 2-3 y 3-4 del puente La Lana fueron los que se muestran en la Figura 36. Se instalaron 4 acelerómetros conectados en los 4 canales:

- 1) Canal 1 Transversal Centro,
- 2) Canal 2 Vertical Extremo,
- 3) Canal 3 Vertical Centro
- 4) Canal 4 Transversal Apoyo

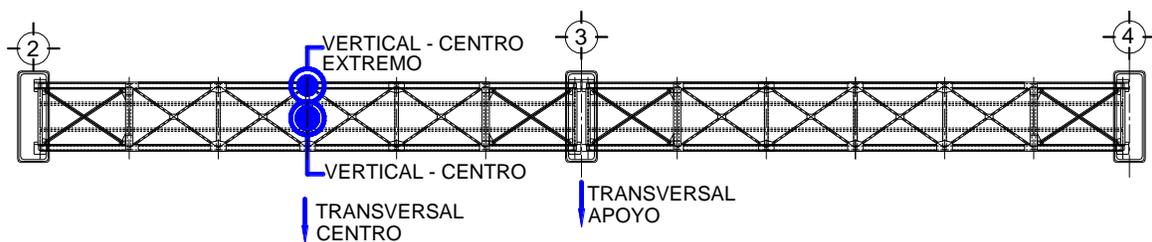


Figura 36. Posición de sensores en planta sobre el puente La Lana

Se realizaron 3 pruebas de 5 minutos cada una en vibración ambiental. Esta vibración se refiere a la originada por el viento, paso de personas, corriente de agua del río y posible micro-tremores que se originan en la zona. La ventaja de este tipo de vibración es que está disponible en todo momento; sin embargo, el problema que conlleva es que no se tiene control sobre el contenido de frecuencias de la señal. Adicional a la vibración ambiental, se realizaron pruebas dinámicas con el paso del tren. Esta carga móvil originó que la estructura tuviera una vibración que en principio excitaba las principales frecuencias naturales de la estructura. La duración de las

pruebas fue variable, ya que la longitud del tren no fue constante. En la Figura 37 se presentan los registros típicos de aceleración en vibración ambiental en un canal. Todos los registros de aceleración obtenidos y el informe de vibración ambiental para el puente se presentan en el Anexo A-7.

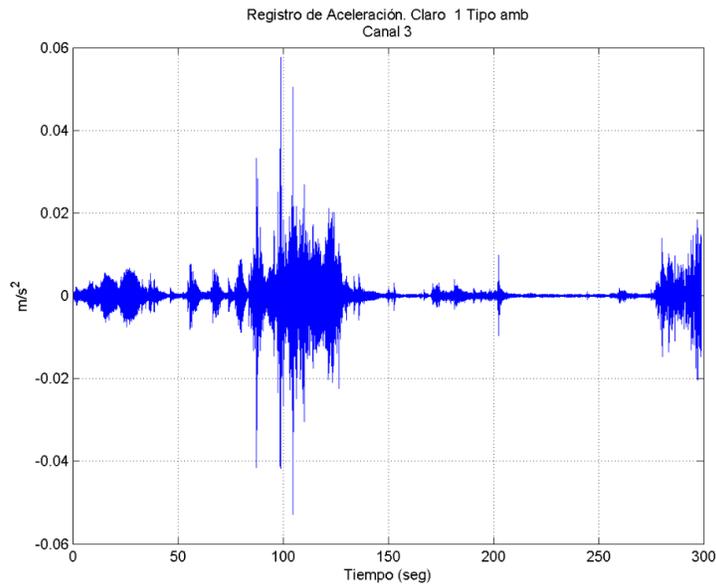


Figura 37. Aceleración típica del canal 3: Sensor Vertical Centro

Una vez realizados la toma de registros, se llevó a cabo su análisis. El post-procesamiento a los que fueron sometidos fue la corrección por línea base y aplicación un filtro pasa banda. El objetivo de este último fue el de eliminar las frecuencias bajas y las altas que no son propias del sistema. Por último, se transformó la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia al obtenerse los espectros de potencia.

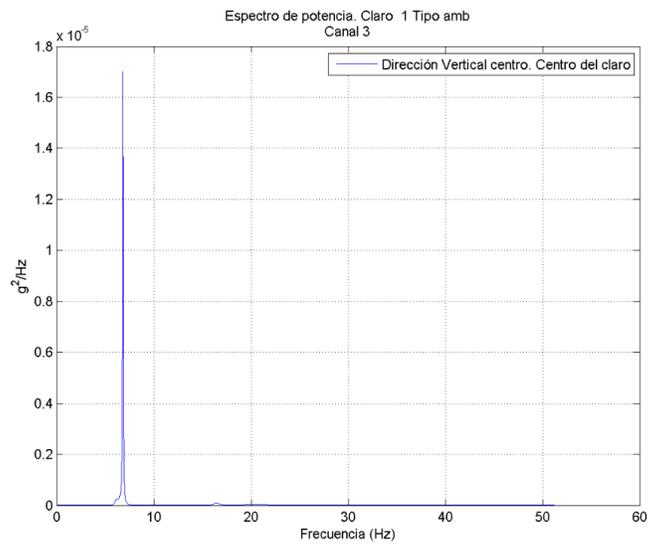


Figura 38. Espectro de potencia del claro 3 del puente La Lana. Canal 3 Vertical Centro

Después de analizar todos los espectros de potencia se determinaron las frecuencias principales de cada uno de los claros medidos. Los resultados de dichos análisis se presentan en las tablas 4 y 5.

Tabla 5. Períodos de vibración para el claro 2-3

Modo	Periodo (seg)	
	1º	2º
Vertical	0.145	
Torsión Vertical	0.099	0.059
Transversal	0.192	0.087
Transversal Apoyo	0.038	0.027

Tabla 6. Períodos de vibración para el claro 3-4

Modo	Periodo (seg)	
	1º	2º
Vertical	0.149	
Torsión Vertical	0.100	0.059
Transversal	0.180	0.094
Transversal Apoyo	0.195	0.072

II.6. Conclusiones Generales de los Estudios de Ingeniería

Basado en los resultados de la inspección detallada a la estructura, así como a los resultados de los estudios efectuados, se puede concluir que la estructura tiene una calificación del estado global de grado "B", basado en el "Manual de inspección de puentes 2018", el cual corresponde a una calificación de 2 de acuerdo al reporte de inspección realizado, el cual se apega a lo propuesto por el Sistema de Administración de Puentes (SIAP). Esta calificación general del puente se encuentra determinada por estado de la superestructura y los dispositivos de apoyo, que se encuentran en regular estado, puesto que existen elementos en los cuales se observan deterioros tales como oxidación con o sin pérdida de sección, fracturas en elementos y fallas por fatiga pero estos no ponen en riesgo la seguridad de la estructura a corto plazo, aunque de igual forma se debe de realizar trabajos de mantenimiento para evitar se acrecienten dichos deterioros. Respecto a los demás elementos como son las pilas, apoyos y cimentación se determinaron con una calificación de 3 que corresponde a un estado aceptable, ya que no se aprecian desplomes ni agrietamientos o desconches importantes y respecto a la socavación en la estructura también se considera como aceptable, debido a que es una cimentación profunda con una pequeña parte del elemento expuesta. Cabe resaltar que se debe considerar la respectiva reducción por daños para la resistencia del material a la hora de evaluar la capacidad de carga del puente.

Adicionalmente de la inspección detallada a la estructura, al hacer una comparación con los planos de proyecto original de la misma se pudo identificar que la estructura sufrió diversas modificaciones entre las cuales se pueden mencionar: el reforzamiento de varios de los elementos donde a las secciones se les adicionaron placas para lograr aumentar la capacidad de carga de estas; el retiro de elementos que formaban parte de las tornapuntas y los portales de entrada y salida, para aumentar el gálibo vertical de la armadura; también se puede destacar, que se sustituyeron algunos elementos como es el caso de los contraventeos lo cual probablemente se debió a que estos elementos ya habían fallado; por último y no menos importante se observó que se cambió la forma en que trabaja la conexión

debido a que se realizaron soldaduras en algunos elementos lo que modifica la forma de trabajar de la estructura. Para verificar algunas de las hipótesis mencionadas anteriormente, en el capítulo 3 se realizará una evaluación de las diferentes etapas de la historia de la estructura para poder inferir los diferentes comportamientos que ha tenido a lo largo del tiempo.

En cuanto a los elementos que forman a la subestructura, que son las pilas rectangulares con aristas en tajamar, se observaron en buenas condiciones, adicionalmente de las pruebas geofísicas en los apoyos no se aprecia que exista ninguna discontinuidad en el elemento por lo que se descartan problemas en la cimentación. De la inspección subacuática tampoco se detectaron problemas de socavación o alguna anomalía que pudiera indicar problemas en los apoyos.

En lo referente a la superficie de rodamiento que en este caso se considera a los durmientes y rieles que dan soporte a las locomotoras y vagones que transitan sobre la estructura, se encontraron en buenas condiciones y no presentan problemas que afecten el funcionamiento de esta.

De las pruebas a los materiales, en primera instancia se encontró que el acero estructural del cual está fabricada la armadura, cumple con las características tanto químicas como mecánicas de un acero ASTM A 36 por lo que se tomará un esfuerzo de fluencia de 2530 kg/cm^2 y un módulo de elasticidad de $2,039,000 \text{ kg/cm}^2$, debido a que son los valores indicados en la normatividad para este material. Referente al concreto del cual están constituidos los apoyos del puente se puede concluir que en todos los apoyos salvo uno la resistencia a la compresión del concreto es superior a los 250 kg/cm^2

Capítulo III

CALIBRACIÓN DEL MODELO DE ANÁLISIS

III. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para poder evaluar cualquier tipo de estructura es necesario determinar los efectos de las cargas a las que esta se verá sometida, en cada miembro que constituye a la misma. Para determina el efecto de estas cargas y de acuerdo con Cuevas (2002) se deben de calcular las acciones internas producidas, o sea, las fuerzas axiales, las fuerzas cortantes, los momentos flexionantes y los momentos torsionantes en cada miembro, así como las deformaciones de cada elemento y de la estructura completa.

Para analizar apropiadamente una estructura, deben hacerse ciertas idealizaciones sobre cómo se encuentran soportadas, las conexiones entre sus elementos y la forma en que trabajan los mismos, esto para poder aplicar las teorías de la mecánica estructural de forma práctica. En la actualidad los programas de cómputo juegan un papel fundamental a la hora de analizar estructuras complejas, ya que nos permiten realizar una infinidad de cálculos en cuestión de minutos, aunque de igual forma se deben realizar ciertas idealizaciones de las estructuras analizadas, se busca que el comportamiento de esta refleje en la mayor medida de lo posible los efectos reales que las cargas tendrán en los elementos constitutivos de la estructura.

III.1. Descripción de los modelos elaborados para la revisión de la capacidad de carga de la superestructura

La elaboración de los modelos que se utilizaron para determinar los efectos de las cargas en la superestructura del puente consistió en la idealización de la armadura como elementos tipo barra considerando las propiedades geométricas y mecánicas de las secciones transversales que conforman todos los elementos presentes en la estructura y conforme a los resultados de la inspección detallada y la información en el proyecto original. Respecto a las cargas aplicadas estas son las que se encuentran dispuestas en la normatividad, las cuales se describirán en apartados posteriores.

III.1.1. Metodología de análisis de la superestructura

Para el estudio del comportamiento de la estructura bajo las diferentes cargas que la solicitan, se elaboraron 5 variantes del modelo matemático, la primera es una condición original donde se toman las secciones presentes en los planos originales de la estructura y usando la carga viva original, este modelo pretende verificar si desde un origen el puente se comportaba de forma adecuada, posteriormente y como se sabe la estructura se encuentra actualmente reforzada, por lo que se generó un segundo modelo considerando una carga posterior a la de diseño que es la carga Cooper E-60, con esta carga se analizó la estructura y se determinaron que elementos pudieron presentar fallas y se trató de verificar si el reforzamiento presente es congruente con el comportamiento estructural del puente con una estructuración original y una carga mayor a la de diseño.

Posteriormente se elaboró un modelo de una etapa subsecuente, el cual contempla la estructuración actual, pero sin la aplicación de la carga viva, este se usa para verificar el comportamiento dinámico de la estructura comparando los valores obtenidos en la medición de la vibración ambiental con los obtenidos en el análisis. Teniendo este modelo y después de haber comparado su comportamiento, se procedió a someterlo a una carga viva Cooper E-60, pretendiendo verificar si el reforzamiento existente es adecuado para la carga que se supone se usó. En este punto cabe destacar que la estructura también sufrió una modificación referente al gálibo de la misma, donde se puede inferir que se eliminaron partes de las tornapuntas y del portal de entrada y salida para poder incrementar la altura libre vertical de la estructura y hacerla funcional para cargas de mayores dimensiones.

Una vez verificada esta parte se realizó el último modelo con el cual se solicitó a la estructura con una carga viva Cooper E-80 la cual es la indicada en la normatividad vigente y con la cual se pretende determinar cuáles son los elementos que se encuentran más esforzados con la finalidad de posteriormente evaluar su resistencia y definir si su comportamiento es satisfactorio con base en lo que disponen las normas aplicables.

III.1.2. Condiciones de Carga

Las condiciones de carga que se evaluarán para esta estructura por ser aquellas que rigen el comportamiento de la misma son las siguientes:

- Peso propio
- Carga Muerta de servicio
- Carga viva + impacto

Se usarán las combinaciones de carga para revisión de esfuerzos de acuerdo a AREMA 2.2.4 de las cuales se tomarán en cuenta las mencionadas para el Grupo I ya que se determinan como las combinaciones más desfavorables.

III.1.3. Peso propio

Para considerar la carga proporcionada por el peso propio de la estructura se asignó el comando de peso propio al programa, utilizando el valor de la densidad del acero.

III.1.4. Carga muerta de servicio

Como carga muerta de servicio se consideró el peso de los durmientes, el peso de los rieles, los accesorios de fijación del riel con el durmiente y los guardarieles. Dado que se realiza una evaluación de las distintas etapas de la vida de la estructura se tienen diferentes condiciones de carga para la carga muerta.

Carga muerta de servicio para la condición original

Esta condición de carga muerta de servicio se da conforme a los elementos indicados en los planos de proyecto y para este se tiene:

a) Rieles de vías, incluyendo guardarieles y sujetadores:

$$w_{riel} = 0.300 \text{ ton/m} \times 1 \text{ vías} = \mathbf{0.300 \text{ ton/m}}$$

b) Durmientes:

$$w_{durm} = 0.960 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 3.050 \text{ m} \times 0.229 \text{ m} \times 0.178 \text{ m} \times 2.5 \frac{\text{durm}}{\text{m}} = \mathbf{0.298 \text{ ton/m}}$$

c) Guardabalasto:

$$w_{gbal} = 0.960 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.200 \text{ m} \times 0.180 \text{ m} \times 2 \text{ pzas} = 0.069 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

d) Carga total:

$$w_{total} = 0.300 \frac{\text{ton}}{\text{m}} + 0.230 \frac{\text{ton}}{\text{m}} + 0.069 \frac{\text{ton}}{\text{m}} = \mathbf{0.667 \text{ ton/m}}$$

Carga muerta de servicio para la condición actual

La segunda condición de carga muerta de servicio, se basa en lo identificado en la inspección detallada a la estructura y las cargas que representan los elementos que constituyen este grupo de cargas, se enuncian a continuación:

a) Rieles de vías, incluyendo guardarieles y sujetadores:

$$w_{riel} = 0.300 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \times 2 \text{ vías} = \mathbf{0.600 \text{ ton/m}}$$

b) Durmientes:

$$w_{durm} = 0.960 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 3.050 \text{ m} \times 0.250 \text{ m} \times 0.250 \text{ m} \times 2.5 \frac{\text{durm}}{\text{m}} = \mathbf{0.460 \text{ ton/m}}$$

c) Carga total:

$$w_{total} = 0.600 \frac{\text{ton}}{\text{m}} + 0.460 \frac{\text{ton}}{\text{m}} = \mathbf{1.060 \text{ ton/m}}$$

Los pesos de las cargas para ambos casos anteriores se aplicaron como una carga uniformemente distribuida y se consideró actuando sobre los largueros, por lo que se colocará la mitad de las cargas calculadas para cada uno de los largueros.

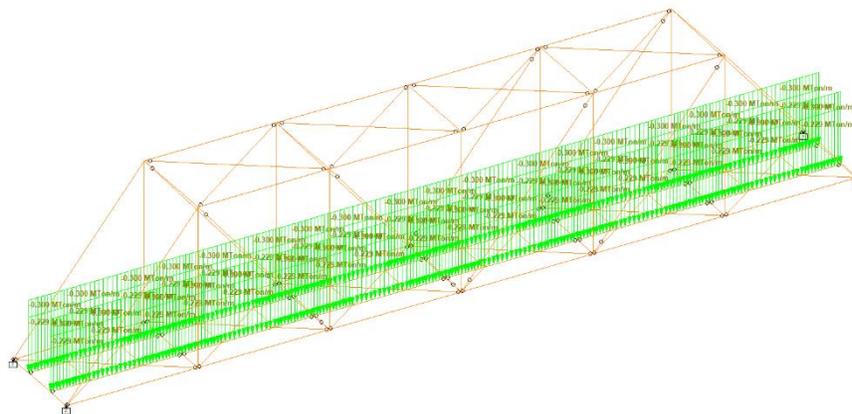


Figura 39. Carga muerta de servicio sobre la estructura

III.1.5. Carga viva

Al igual que para las cargas muertas y debido a que se requiere analizar las diferentes historias de carga de la estructura se usaran 3 diferentes trenes de cargas para simular la carga viva. Los efectos de la carga viva se determinan empleando el proyecto Cooper, el cual consiste en dos locomotoras típicas de ferrocarril que tiran de una hilera de carros. En primera instancia se consideró la indicada en los planos recopilados del proyecto original de la estructura la cual se supuso que es equivalente a una carga Cooper E34, la cual tiene el siguiente tren de cargas:

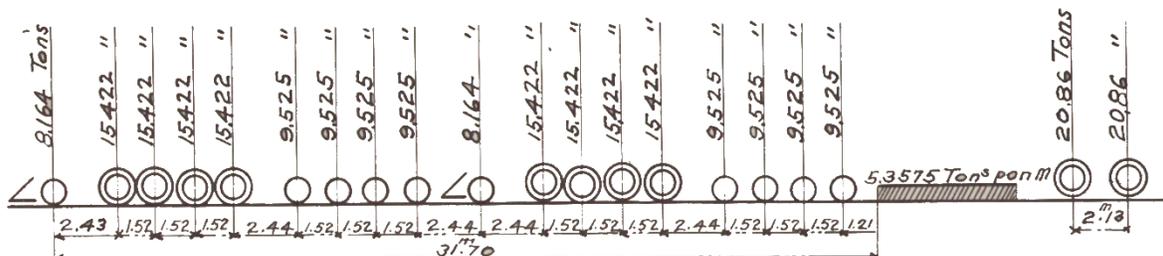


Figura 40. Diagrama de carga viva (extracto del plano original)

Como segunda carga de análisis se consideró la denominada carga Cooper E60 la cual, se considera que fue la carga con el cual se realizó un primer reforzamiento de la estructura, la cual presenta un tren de cargas similar al primer caso, pero variando el peso de los ejes, la cual tendrá la configuración mostrada en la Figura 41.

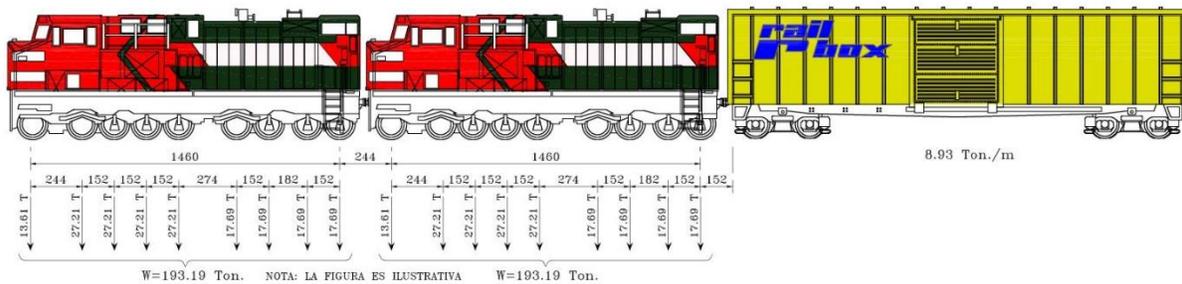


Figura 41. Carga Cooper E-60

Por último, se consideraron los efectos de la carga viva para la condición actual empleando el proyecto Cooper E-80, ya que es la carga que rige actualmente el diseño de estructuras donde transita el ferrocarril, esto de acuerdo al manual AREMA sección 15.1.3.3, la cual presenta la configuración de cargas mostradas en la Figura 42.

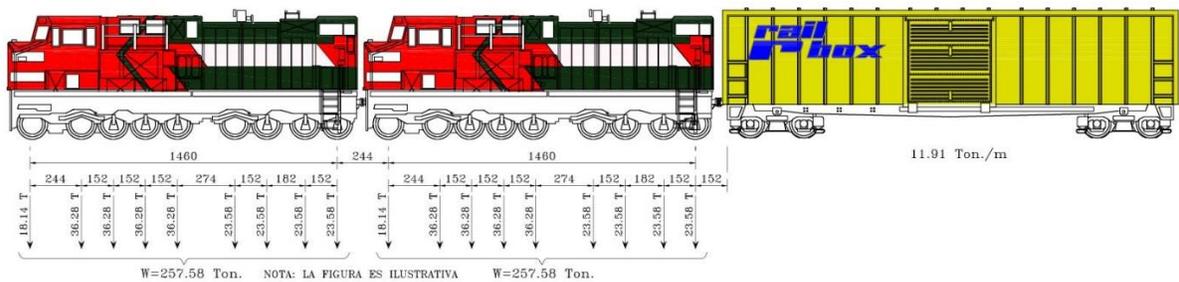


Figura 42. Carga Cooper E-80

Se aplicaron las cargas Cooper en diferentes posiciones de la superestructura (intervalos de 1 m) con el fin de determinar la posición que le proporciona la condición más desfavorable a cada elemento que conforma la armadura. Esto se realizó en los modelos generados con la finalidad de verificar el comportamiento estructural y obtener mayor conocimiento sobre la historia del puente.

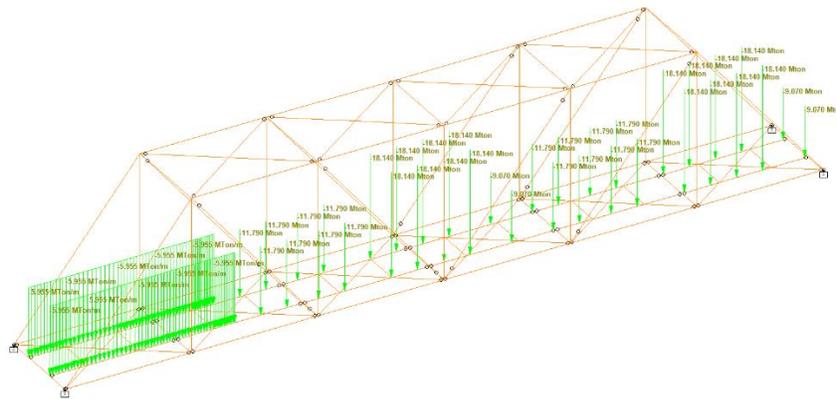


Figura 43. Carga viva sobre el puente (posición del primer eje a 44 m de la pila No. 2)

III.1.6. Impacto producido por la carga viva

Para el caso de los modelos empleados para la revisión estructural del puente se tomó en consideración el factor de impacto, el cual que se aplicó de acuerdo a lo determinado por el manual AREMA en la sección 15.1.3.5 para locomotoras de tipo diésel, el cual se obtuvo de la siguiente manera:

Para claros menores de 80 ft (24.38 m):

$$I = RE + 40 - \frac{3 \times L^2}{1600}$$

Para claros mayores de 80 ft (24.38 m):

$$I = RE + 16 + \frac{600}{L - 30}$$

Para el caso del puente "La Lana" que tiene un claro de 44.40 m (145 ft) en los tramos 2-3 y 3-4 tenemos:

Para claros mayores de 80 ft (24.38 m):

$$I = 20 + 16 + \frac{600}{145 - 30} = 41.22 \%$$

III.2. Cálculo de esfuerzos

Los esfuerzos permisibles fueron determinados de acuerdo con el manual AREMA y en particular al capítulo 15 correspondiente a estructuras de acero y el apartado 7 de puentes existentes, dentro del cual se determinaron los esfuerzos para el criterio de Normal Rating, en donde los esfuerzos permisibles se obtuvieron con base a la sección 1.4 (Basic Allowable Stresses).

Cabe mencionar que también se realizó el cálculo de los esfuerzos permisibles con respecto al Maximun Rating del punto 7.3 (rating) del manual AREMA, los cuales no rigen para la revisión debido a que son menos conservadores que para el Normal Rating, sus cálculos se anexan en este documento.

III.2.1. Pieza puente y largueros

Los esfuerzos permisibles para las piezas puente y los largueros serán determinados de acuerdo al manual AREMA en la sección 1.4.1 (Basic Allowable Stresses) del capítulo 15 correspondiente a estructuras de acero, donde se maneja lo siguiente:

Para tensión en la fibra extrema debido a la flexión el esfuerzo permisible es:

$$0.55f_y = 0.55 \left(2530 \text{ kg/cm}^2 \right) = 1391.50 \text{ kg/cm}^2$$

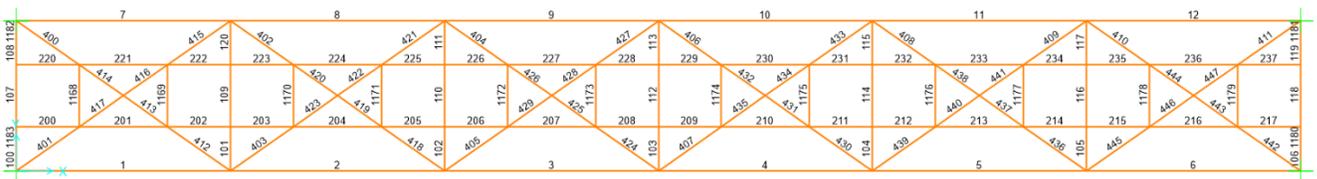


Figura 44. Número de los elementos que conforman las piezas puente

III.2.2. Montantes extremos

Para el caso de los esfuerzos permisibles para los montantes extremos de igual forma que para los elementos anteriores se determinarán sus esfuerzos permisibles

de acuerdo al manual AREMA cabe mencionar que dentro del cálculo, influye la condición de apoyo del elemento para determinar la longitud efectiva, puesto que este es un elemento sujeto a compresión, por lo que de acuerdo a los datos indicados en la normatividad se tienen los siguientes casos:

Para elementos sujetos a compresión el esfuerzo permisible es:

	Condición	Esfuerzo permisible
1. Cuando:	$\frac{kl}{r} \leq \frac{3388}{\sqrt{36000}} = 17.85$	$0.55fy$
2. Cuando:	$17.85 < \frac{kl}{r} < 142.88$	$0.60fy - \left(\frac{fy}{1662}\right)^{3/2} \frac{kl}{r}$
3. Cuando:	$\frac{kl}{r} \geq \frac{27111}{\sqrt{36000}} = 142.88$	$\frac{147,000,000}{(kl/r)^2}$

Para el montante con apoyo móvil tenemos:

Datos	Relación de esbeltez	Condición	Esfuerzo Permisible
K=0.7			
L=457.98 in (11.63 m)			
R=6.24 in (15.85 cm)	$\frac{kl}{r} = \frac{0.7 \times 457.98}{6.24} = 51.375$	$17.85 < 51.38 < 142.88$	$0.60(36000) - \left(\frac{36000}{1662}\right)^{3/2} (51.38) = 16420.8 \text{ psi} = 1154.5 \text{ kg/cm}^2$

Para el montante con apoyo fijo tenemos:

Datos	Relación de esbeltez	Condición	Esfuerzo Permisible
K=0.875			
L=457.98 in (11.63 m)			
R=6.24 in (15.85 cm)	$\frac{kl}{r} = \frac{0.875 \times 457.98}{6.24} = 64.22$	$17.85 < 64.22 < 142.88$	$0.60(36000) - \left(\frac{36000}{1662}\right)^{3/2} (64.22) = 15125.9 \text{ psi} = 1053 \text{ kg/cm}^2$

Como se abordará en la descripción de los modelos empleados para el análisis estructural, dentro de las modificaciones realizadas a la estructura se realizaron soldaduras en algunas de las conexiones que unen los elementos de la armadura, esto genera que la armadura no trabaje únicamente a tensión y compresión como usualmente se supone su comportamiento, de aquí se deduce que adicional a la tensión o compresión que elemento se ve solicitado, también existen momentos flexionantes, por lo que se tiene un caso de esfuerzos combinados. Partiendo de lo anterior y de acuerdo al punto 1.3.14 del capítulo 15 del manual AREMA, se debe cumplir una relación entre los esfuerzos para poder considerarse adecuada la resistencia del elemento.

Para el caso del montante donde se encuentra el apoyo móvil tenemos:

	Condición	Esfuerzo permisible
1. Cuando:	$\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$	$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b1}}{F_{b1}} + \frac{f_{b2}}{F_{b2}} \leq 1.0$
2. Cuando:	$\frac{f_a}{F_a} > 0.15$	$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b1}}{F_{b1} \left[1 - \frac{f_a}{288 \times 10^6} \left(\frac{k_1 L_1}{r_1} \right)^2 \right]} + \frac{f_{b2}}{F_{b2} \left[1 - \frac{f_a}{288 \times 10^6} \left(\frac{k_2 L_2}{r_2} \right)^2 \right]} \leq 1.0$

Datos	Relación de esbeltez	Esfuerzo Permissible
$K_1 L_1 / r_1 = 51.38$		
$K_2 L_2 / r_2 = 50.57$		
$f_a = 15,530$		$\frac{15,530}{19,800}$
$F_a = 19,800$		$19,800$
$f_{b1} = 58.45$	$\frac{15,530}{19,800} = 0.78 > 0.15$	$+$ $\frac{58.45}{19,800 \left[1 - \frac{15,530}{288 \times 10^6} (51.38)^2 \right]}$
$F_{b1} = 19,800$		$+$ $\frac{896.35}{19,800 \left[1 - \frac{15,530}{288 \times 10^6} (50.57)^2 \right]}$
$f_{b2} = 896.35$		$= 0.833$
$F_{b2} = 19,800$		
	0.833 < 1.0 → CORRECTO	

De igual forma que para el caso de los apoyos móviles los montantes extremos que se ubican en el portal de entrada deben de cumplir esta relación, pero cambiando su condición de apoyo ya que en esta parte podemos encontrar un apoyo fijo como condición de frontera.

	Condición	Esfuerzo permisible
1. Cuando:	$\frac{fa}{Fa} \leq 0.15$	$\frac{fa}{Fa} + \frac{fb1}{Fb1} + \frac{fb2}{Fb2} \leq 1.0$
2. Cuando:	$\frac{fa}{Fa} > 0.15$	$\frac{fa}{Fa} + \frac{fb1}{Fb1 \left[1 - \frac{fa}{288 \times 10^6} \left(\frac{k_1 L_1}{r_1} \right)^2 \right]} + \frac{fb2}{Fb2 \left[1 - \frac{fa}{288 \times 10^6} \left(\frac{k_2 L_2}{r_2} \right)^2 \right]} \leq 1.0$

Datos	Relación de esbeltez	Esfuerzo Permisible
$K_1 L_1 / r_1 = 51.38$		
$K_2 L_2 / r_2 = 50.57$		
$fa = 16,603$		
$Fa = 19,800$	$\frac{16,603}{19,800} = 0.83$	$\frac{16,603}{19,800} + \frac{78.78}{19,800 \left[1 - \frac{16,603}{288 \times 10^6} (51.38)^2 \right]}$
$fb1 = 78.78$	> 0.15	$+ \frac{974.48}{19,800 \left[1 - \frac{16,603}{288 \times 10^6} (50.57)^2 \right]} = 0.892$
$Fb1 = 19,800$		
$fb2 = 974.48$		
$Fb2 = 19,800$		

$0.892 < 1.0 \rightarrow \text{CORRECTO}$

III.2.3. Cuerda superior

Los esfuerzos permisibles para la cuerda superior serán determinados, considerando que son elementos que trabajan a compresión, por lo cual se debe determinar sus condiciones de frontera para determinar la longitud efectiva del elemento y poder determinar la resistencia del elemento de acuerdo con lo especificado en el manual AREMA, para este caso tenemos:

Datos	Relación de esbeltez	Condición	Esfuerzo Permissible
K=1.0			
L=290.16 in (7.37 m)	$\frac{kl}{r} = \frac{1.0 \times 290.16}{6.24} = 46.50$	$17.85 < 46.50$ < 142.88	$0.60(36000) - \left(\frac{36000}{1662}\right)^{3/2} (46.50)$
R=6.24 in (15.85 cm)			$16912.3 \text{ psi} = 1189.05 \text{ kg/cm}^2$

Al igual que para el caso de los montantes se debe cumplir lo estipulado en el punto 1.3.14 del capítulo 15 del manual AREMA. Para el caso de la cuerda superior tenemos:

	Condición	Esfuerzo permisible
1. Cuando:	$\frac{fa}{Fa} \leq 0.15$	$\frac{fa}{Fa} + \frac{fb1}{Fb1} + \frac{fb2}{Fb2} \leq 1.0$
2. Cuando:	$\frac{fa}{Fa} > 0.15$	$\frac{fa}{Fa} + \frac{fb1}{Fb1 \left[1 - \frac{fa}{288 \times 10^6} \left(\frac{k_1 l_1}{r_1}\right)^2\right]} + \frac{fb2}{Fb2 \left[1 - \frac{fa}{288 \times 10^6} \left(\frac{k_2 l_2}{r_2}\right)^2\right]} \leq 1.0$
Datos	Relación de esbeltez	Esfuerzo Permissible
$K_1 L_1 / r_1 = 51.38$		
$K_2 L_2 / r_2 = 50.57$		
fa= 16,650		
Fa= 19,800	$\frac{16,650}{19,800} = 0.84$	$\frac{16,650}{19,800} + \frac{7.65}{19,800 \left[1 - \frac{16,650}{288 \times 10^6} (51.38)^2\right]}$
fb1=7.65	> 0.15	$+ \frac{1019}{19,800 \left[1 - \frac{16,650}{288 \times 10^6} (50.57)^2\right]} = 0.90$
Fb1=19,800		
fb2=1019		
Fb2=19,800		
0.90 < 1.0 → CORRECTO		

III.2.4. Montenes

Los esfuerzos permisibles para los montenes serán determinados, considerando que son elementos que trabajan a compresión, por lo cual se debe determinar sus condiciones de frontera para determinar la longitud efectiva del elemento y poder determinar la resistencia del elemento de acuerdo con lo especificado en el manual AREMA.

Para este caso tenemos:

Datos	Relación de esbeltez	Condición	Esfuerzo Permissible
K=1.0			
L=354.33 in (9.0 m)	$\frac{kl}{r} = \frac{1.0 \times 354.33}{4.74} = 74.75$	$17.85 < 74.45$ < 142.88	$0.60(36000) - \left(\frac{36000}{1662}\right)^{3/2} (74.75)$ =
R=4.74 in (12.05 cm)			$14064.39 \text{ psi} = 988.82 \text{ kg/cm}^2$

III.2.5. Contraventeo superior

Los esfuerzos permisibles para los contraventeos superiores serán determinados, considerando que son elementos que trabajan a compresión, por lo cual se realizará el cálculo siguiendo la misma metodología que hemos estado aplicando.

Para este caso tenemos:

Datos	Relación de esbeltez	Condición	Esfuerzo Permissible
K=1.0			
L=177.17 in (4.50 m)	$\frac{kl}{r} = \frac{1.0 \times 177.17}{2.26} = 78.39$	$17.85 < 78.39$ < 142.88	$0.60(36000) - \left(\frac{36000}{1662}\right)^{3/2} (78.39)$ =
R=2.26 in (5.73 cm)			$13697.44 \text{ psi} = 963.03 \text{ kg/cm}^2$

III.2.6. Cuerda inferior, diagonales, tornapuntas, montantes y contraventeo inferior

Los esfuerzos permisibles para los demás elementos que integran al puente La Lana serán calculados como elementos sometidos a una carga axial de tensión y su resistencia se puede calcular de acuerdo al punto 1.4.1 del manual AREMA como se muestra a continuación:

$$0.55fy = 0.55 \left(2530 \frac{kg}{cm^2} \right) = 1391.50 \frac{kg}{cm^2}$$

III.3. Modelos para el análisis estructural del puente

Se utilizó el software STAAD.pro para realizar los modelos de análisis estructural del puente con la finalidad de obtener los esfuerzos por condiciones de servicio más desfavorables que se presentan en la estructura.

III.3.1. Modelo tramos 2-3 y 3-4 (Estructura Original y Carga Original)

El primer modelo generado se realizó utilizando la recopilación histórica de la información referente al puente, se determinó cada una de las secciones de la estructura y se elaboró el modelo matemático con dicha información. Se dedujeron las siguientes secciones:

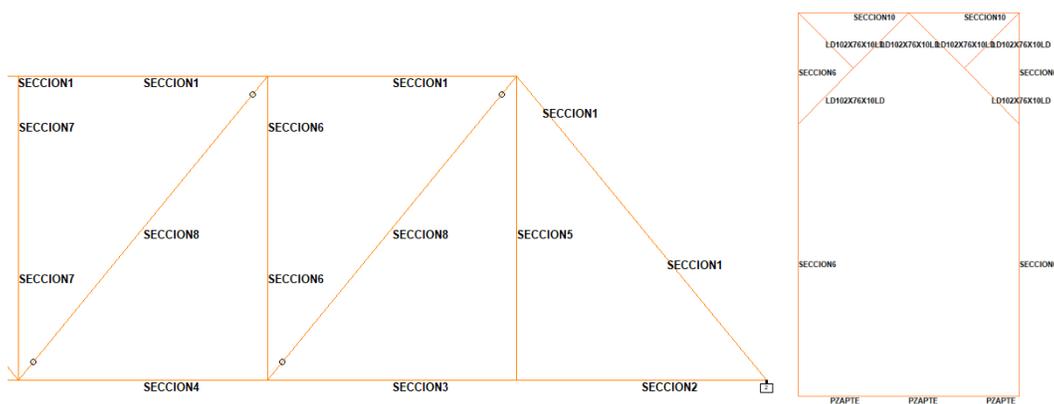


Figura 45. Vista lateral y transversal del modelo de la armadura con secciones (media armadura)

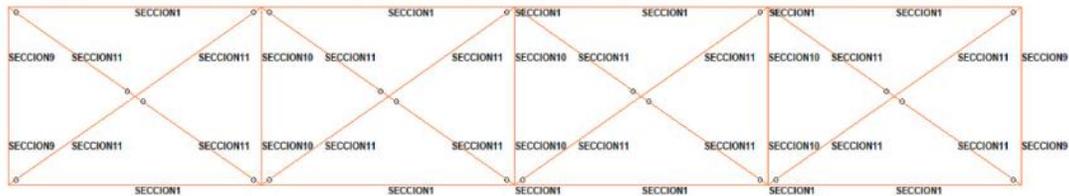


Figura 46 Vista en planta de la cuerda superior del modelo de la armadura con secciones

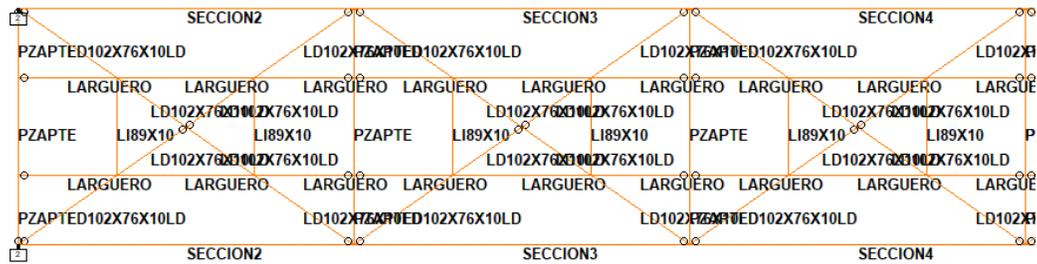


Figura 47 Vista en planta de la cuerda inferior del modelo de la armadura con secciones (media armadura)

Tabla 7. Secciones de los elementos que integran a las armaduras del puente

Nombre	Elemento	Sección modelo
Sección 1	Cuerda Superior y portal de entrada y salida	
Sección 2	Cuerda Inferior 1	
Sección 3	Cuerda Inferior 2	

Tabla 7. Secciones de los elementos que integran a las armaduras del puente (continuación)

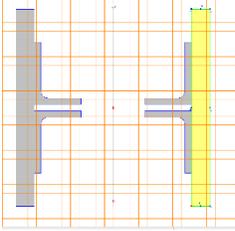
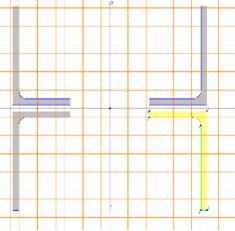
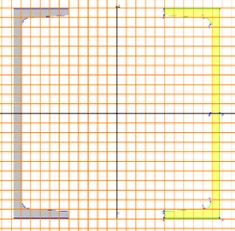
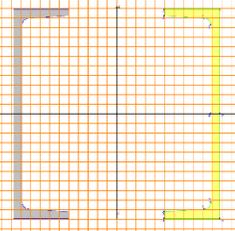
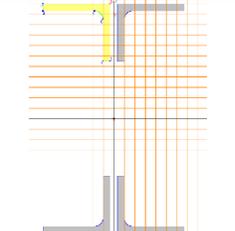
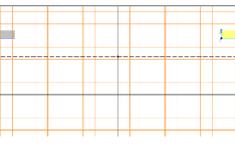
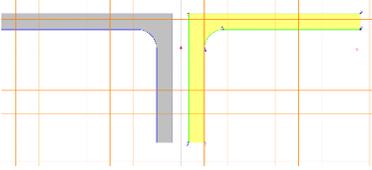
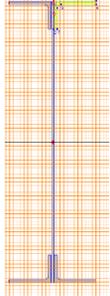
Nombre	Elemento	Sección modelo
Sección 4	Cuerda Inferior 3	
Sección 5	Monten 1	
Sección 6	Monten 2	
Sección 7	Monten 3	
Sección 8	Diagonal	
Sección 9	Tornapunta extremo	

Tabla 7. Secciones de los elementos que integran a las armaduras del puente (continuación)

Nombre	Elemento	Sección modelo
Sección 10	Tornapunta intermedio	
Sección 11	Contraventeo Superior	
Sección 12	Contraventeo Inferior	
PZA PTE	Pieza puente	
Larguero	Larguero	

Una vez modelada la estructura con las secciones obtenidas de los planos del proyecto original, las cuales se mostraron anteriormente y las condiciones de carga determinadas en el punto III.1.2, para una carga viva Cooper E34, se procedió a realizar la determinación de los esfuerzos actuantes en la estructura para las diferentes combinaciones de carga y definiendo los máximos esfuerzos de cada elemento. Posteriormente se realizó una revisión de los esfuerzos actuantes contra los esfuerzos permisibles en donde se concluyó que el comportamiento estructural era adecuado. En la Figura 48 se muestra la relación de los esfuerzos permisibles con los esfuerzos actuantes.

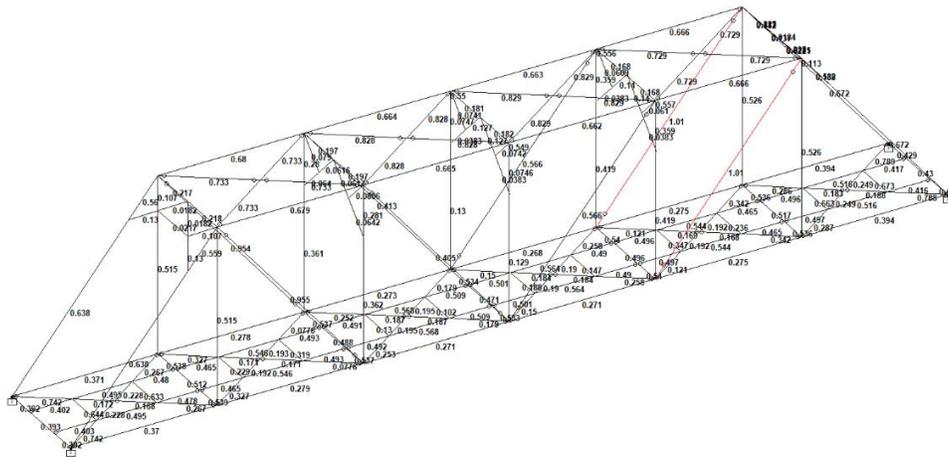


Figura 48. Revisión de esfuerzos en la estructura

Cabe destacar que en las diagonales se presenta una relación de esfuerzos mayor que la permisible, pero esta tiene un sobreesfuerzo del 1% por lo cual se considera adecuada la estructuración y el comportamiento de la estructura para esta etapa.

III.3.2. Modelo tramos 2-3 y 3-4 (Estructura Original y Carga Cooper E-60)

Para la segunda variante se tomó el modelo matemático usado en la condición anterior, pero haciendo una variación en la carga viva para una condición de carga más reciente, para esto se consideró la carga Cooper E60, con la que se supone se elaboró el reforzamiento existente de la estructura, considerando que esta era la

carga que se utilizaba anterior a la carga actual. De la misma forma que para el modelo anterior se realizó una revisión de los esfuerzos actuantes contra los esfuerzos permisibles con al cual se determinó que varios de los elementos se encontraban sobreesforzados, como se puede observar en la Figura 49.

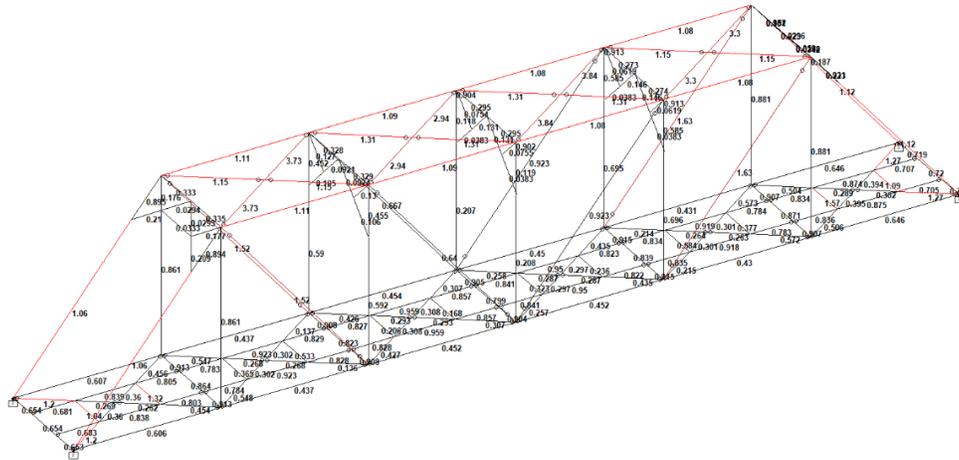


Figura 49. Revisión de esfuerzos en la estructura con carga Cooper E60

Como conclusión hasta este momento, donde se está analizando la estructuración original del puente, someténdola a cargas superiores a las cuales fue diseñada (Carga Cooper E60), se determina que efectivamente era necesario un reforzamiento a la estructura para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del puente. Cabe destacar que como se observa en la figura No. 9 algunos de los elementos que se presentan con una condición de falla son los contraventeos superiores e inferiores, esto es consistente con lo que se puede identificar en campo en la condición actual de la estructura, ya que se aprecia que elementos como los contraventeos superiores fueron sustituidos como se puede apreciar en la Figura 50.



Figura 50. Contraventeos superiores sustituidos.

De igual forma se observa que los elementos que conforman a la cuerda superior, así como los montantes extremos los cuales se encontraban sobreforzados, requerían de un reforzamiento, para trabajar con seguridad lo cual, es consistente con lo observado en la Figura 51, donde se aprecia el reforzamiento de estos elementos.



Figura 51. Reforzamiento de elementos de cuerda superior y montantes extremos



Figura 52. Trabajos de modificación en portales y tornapuntas

Es importante mencionar que en el reforzamiento de la estructura también se llevaron a cabo trabajos de modernización de la misma. En la Figura 52 se observa que se eliminaron algunos elementos de las tornapuntas y del portal de entrada y salida, con la finalidad de aumentar el gálibo vertical del puente ya que los requerimientos de los vehículos más recientes exigen un gálibo mayor para poder transitar con seguridad.

III.3.3. Modelo tramos 2-3 y 3-4 (Estructura reforzada y Carga Cooper E-60)

Para revisar si esta siguiente etapa en la vida de la estructura (reforzamiento existente) tenía un comportamiento adecuado suponiendo que transitaba en ella una Cooper E60, se modeló el puente considerando su estructuración actual, considerando tanto los reforzamientos a las secciones donde se adicionaron placas para lograr aumentar la capacidad de carga de estas, las modificaciones en cuanto a los elementos que se eliminaron para lograr aumentar el gálibo vertical, los elementos que se sustituyeron debido a que probablemente habían fallado y por último los cambios que se realizaron en las conexiones de la estructura donde, se cambió la forma en que trabaja la conexión debido a que se realizaron soldaduras en algunos elementos lo que cambió la forma de trabajar de la estructura.

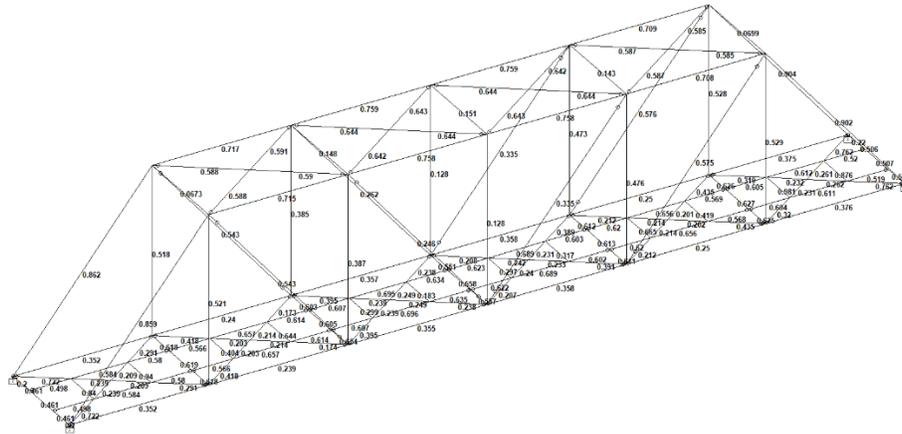


Figura 53. Revisión de esfuerzos en la estructura con carga Cooper E60 considerando el refuerzo existente
 Se utilizaron las secciones mostradas en el plano del levantamiento geométrico en el Anexo A-2 y se hizo transitar una carga viva Cooper E60 para verificar si el comportamiento de la estructura es correcto bajo estos supuestos.

Se determinó del modelo anterior que tanto el reforzamiento como el comportamiento presente en la estructura para esta etapa es adecuado, ya que los esfuerzos actuantes en la estructura no sobrepasan a los permisibles, considerando todas las modificaciones a la estructuración original encontradas en campo.

III.3.4. Validación del Modelo (Tramos 2-3 y 3-4)

Como se ha hecho mención, los trabajos de modernización y reforzamiento de la estructura que están presentes en su condición actual contemplaron tanto modificaciones en las conexiones y forma de trabajar del puente, como cambio secciones y sustitución de elementos. Por estos motivos el grado de incertidumbre respecto a la estructuración de la armadura es grande, ya que no hay forma de comprobar algunas de las suposiciones respecto a la composición de las secciones que conforman los elementos del puente. Para poder disminuir la incertidumbre se pensó que era necesario validar el modelo que se empleó en la revisión de la capacidad de carga de la superestructura, para esto se emplearon las suposiciones teóricas descritas por Felber (1993) en donde utiliza las características de vibración ambiental para refinar varios modelos de análisis, manipulando de parámetros como son la rigidez y las masas de la estructura, se logra tener una correlación entre las

características analíticas y las experimentales satisfactoria. De acuerdo con Flesch & Kernbichler (1990) la manipulación de estos parámetros clave conduce rápidamente a cambios en las características dinámicas de la estructura, estos autores proponen un método en donde se combinan pruebas in situ dinámicas y cálculos dinámicos para detectar daños en los puentes a través de cambios en los parámetros dinámicos, por lo que y basado en lo descrito por dichos autores se puede comentar que de encontrarse daños relevantes o situaciones no previstas en el modelo, no se lograría tener una adecuada correlación entre los resultados de las características dinámicas medidas en campo y las determinadas analíticamente.

Algunas de las consideraciones especiales que Felber (1993) menciona, son que se debe tener cuidado en las mediciones de la vibración, ya que estas se pueden ver afectadas en algunos casos por el tamaño de las juntas de dilatación y de los dispositivos de apoyo, debido a que pueden modificar las características de vibración. Por este motivo es importante correlacionar los periodos de vibración con las formas modales para no incurrir en errores al considerar periodos que no correspondan a las formas modales que se están presentando. Por otra parte, también menciona que el efecto de adición de masas producida por los vehículos puede generar que sea difícil identificar los modos de vibración, lo cual en este caso no resulta relevante puesto que, al tratarse de una estructura férrea, los intervalos de paso de los vehículos son suficientemente amplios para poder realizar las pruebas sin la influencia estos

Adicionalmente y de acuerdo con Ortiz y Otros (2010) la caracterización del comportamiento dinámico real de la estructura es relevante, pues representa la forma en que la estructura se comporta en condiciones de servicio por lo que el poder conseguir una concordancia cercana entre los valores del modelo y los de campo, da una certeza de que el modelo representa el comportamiento real, por lo cual se considera viable el uso de esta forma de validación del modelo utilizado.

Para dicha validación se utilizaron las secciones obtenidas en el levantamiento geométrico, las formas modales y los periodos naturales de vibración de los modos más bajos del puente obtenidos con la prueba de carga dinámica mediante la instrumentación del puente considerando una condición de carga ambiental, los cuales se compararon con las formas modales y periodos naturales obtenidos del modelo, todo esto con la finalidad de verificar que el comportamiento de la estructura en la realidad está representado correctamente en el modelo matemático utilizado.

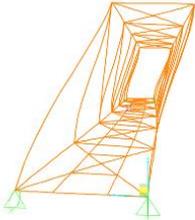
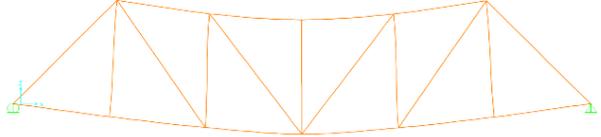
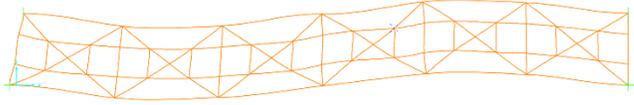
Se pueden observar en primera instancia los resultados obtenidos de las pruebas los cuales se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultados de las pruebas dinámicas

Tramo 2-3		Tramo 3-4	
Modo	Periodo (seg)	Modo	Periodo (seg)
Vertical	0.145	Vertical	0.149
Torsión Vertical	0.099	Torsión Vertical	0.100
Transversal	0.192	Transversal	0.180
Transversal Apoyo	0.038	Transversal Apoyo	0.195

Por otra parte, los resultados de las formas modales y periodos naturales de vibración de la estructura bajo las cargas ambientales proporcionados por el modelo se pueden observar resumidos en la Tabla 9, en donde se muestra la forma modal de algunos de los primeros modos de vibración de la estructura con su respectivo periodo (T) asociado.

Tabla 9.-Formas modales y periodos naturales calculados

Forma modal	Periodo (seg)
Modo 1	
	T = 0.443
Modo 2	
	T = 0.185
Modo 3	
	T = 0.159
Modo 4	
	T = 0.091

Una vez realizando esta comparativa entre la información proporcionada por el modelo matemático y la medida en campo, se determinó que los resultados muestran una razonable concordancia entre los valores numéricos y los de las pruebas experimentales: formas modales similares y periodos de vibración del mismo orden como se puede observar en los valores mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10.-Comparación de los periodos medidos y calculados

Modo	Tramo 2-3	Tramo 3-4	Modelo
	medido (seg)	medido(seg)	Calculado (seg)
1	No se identifico	No se identifico	0.443
2	0.192	0.180	0.185
3	0.145	0.149	0.159
4	0.099	0.100	0.091

Conforme a los resultados mostrados, se observa que las diferencias entre los periodos calculados y medidos son muy pequeñas, por lo que se determinó que el modelo numérico es **válido y aceptable** para llevar a cabo el estudio de respuesta del puente bajo cargas de servicio que se utilizará para evaluar la capacidad de carga y de ser necesario un reforzamiento.

III.4. Conclusiones del análisis estructural

De acuerdo con los resultados de los análisis realizados a la estructura, se tienen los siguientes comentarios. Respecto a la evaluación de las diferentes etapas de la historia del puente podemos decir que el primer modelo (condición original y carga de proyecto) tiene un comportamiento adecuado posteriormente al hacer transitar una carga más reciente (Cooper E60) se observa problemas de sobrefuerzos en varios elementos por lo cual se corrobora que efectivamente era necesario un reforzamiento, adicionalmente cabe destacar que varios de los elementos que presentaban sobreforzamiento en esa etapa son elementos que sustituyeron, por

lo cual es congruente que se hayan reforzado (estructuración que se aprecia actualmente) y tras valorar este reforzamiento con la carga Cooper E60 se determinó que es adecuado lo que reafirma, que las cargas con las cuales se valoraron las diferentes etapas en la vida de la estructura son adecuadas.

Capítulo IV

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

IV. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

De acuerdo con lo mencionado por Dueñas-Solórzano (2020), la evaluación estructural consiste en una serie de procesos tendientes a la determinación de las condiciones estructurales actuales. De lo anterior y basado en lo escrito por Nunilo (2018), podemos precisar que la evaluación estructural, consiste en la realización de ensayos, mediciones, inspecciones y el análisis estructural de una estructura, todo esto con la finalidad de determinar el estado actual de la estructura, considerando múltiples aspectos relativos, no solo de tipología estructural, sino también al nivel de daños en la estructura como pueden ser los generados por un proceso de corrosión

Basado en lo descrito en el párrafo anterior, podemos decir que, para la evaluación estructural se deben seguir una serie de pasos o etapas con el fin de verificar la seguridad de la estructura y de los usuarios de la misma. Estas etapas consisten en primer punto, en la inspección de campo, donde se realiza una evaluación visual y se mapean los daños, se identifican los posibles problemas presentes, así como se determinan y miden de las características geométricas de la estructura. El segundo paso son los estudios de campo, donde se decide, que estudios se requieren de acuerdo a los resultados del paso anterior, estos podrían ser los estudios de mecánica de suelos, de resistencia del concreto o de las características del acero estructural. Por último, es necesario realizar el análisis estructural, o análisis matemático de la estructura, empleando toda la información recopilada en los pasos anteriores, dando como resultado el diagnóstico de la estructura con las respectivas recomendaciones.

Para el caso de la presente estructura se han abordado las etapas uno y dos mencionadas anteriormente en el capítulo II y la etapa tres se aborda en el capítulo III, pero únicamente se hace referencia al comportamiento de la estructura de acuerdo a su estructuración y tipología y no se considera el nivel de daños presente

en la estructura, por lo que en el presente capítulo se pretende abordar la evaluación de la estructura actual considerando tanto su estructuración como su estado físico para poder obtener el diagnóstico así como las respectivas recomendaciones

IV.1. Factor de reducción de resistencia por daños

Debido a que la estructura es una estructura con una antigüedad considerable y que ha sufrido la acción del intemperismo, no podemos considerar que su resistencia sea la de un elemento nuevo por lo que es necesario realizar una reducción debida a los daños presentes. Puesto que en el manual AREMA no se considera ninguna reducción por daños dentro de su contenido, se hará uso de La Guía para Evaluación de Puentes Existentes publicada por la AASHTO donde se indican algunos factores de reducción en función de la condición estructural del puente y la estructuración de los elementos del puente.

IV.2. Determinación del factor de reducción de resistencia

Basado en las principales deficiencias encontradas en la estructura, de acuerdo a lo mencionado en el inciso II.1.1 Principales daños en la estructura, podemos decir que la estructura presenta una condición regular, cabe destacar que se deben de realizar algunos trabajos de reparación y mantenimiento en la estructura para poder considerar que esta trabaja adecuadamente.

De acuerdo con la sección 6A.4.2.3 de La Guía para Evaluación de Puentes Existentes publicada por la AASHTO, aquellas estructuras que se encuentre en una condición regular serán afectas por un factor de reducción ϕ_c igual a 0.95. Adicionalmente la sección 6A.4.2.4 nos estipula que también se deben de afectar por un factor del sistema estructural ϕ_s esto corresponde al nivel de redundancia que tienen los elementos de la estructura entre sí, esto se debe a las incertidumbres asociadas a cómo trabaja un elemento en buen estado con otro que se encuentra con deficiencias, ya que un elemento en mal estado puede ocasionar que un elemento en buen estado incremente sus deterioros al trabajar en conjunto, para una armadura el valor de ϕ_s se estipula de 0.85.

Para determinar el factor de reducción de resistencia que tendrá la estructura La Guía para Evaluación de Puentes Existentes nos indica que:

$$\varphi_c \varphi_s \geq 0.85$$

Por lo que para nuestro caso tenemos:

$$0.95 \times 0.85 = 0.807 < 0.85 \text{ por lo tanto se toma } 0.85$$

IV.3. Comparativa entre esfuerzos de Servicio vs esfuerzos permisibles

Para poder determinar si el funcionamiento de la estructura es adecuado, se debe realizar una comparativa entre los esfuerzos presentes en la estructura contra los esfuerzos que la normativa permite que actúen en la estructura considerando el deterioro de la misma el cual está reflejado en el factor de reducción, esto se hace con la finalidad de detectar aquellos elementos que se encuentren sobreesforzados, lo cual nos indicará que requieren un reforzamiento.

IV.3.1. Cálculo de esfuerzos permisibles reducidos

Una vez determinados los esfuerzos permisibles conforme a la normatividad como se muestra en el capítulo anterior, estos se afectarán por el factor de reducción de acuerdo a la condición de la estructura, el cual se determinó anteriormente. Para el caso del puente La Lana tendremos los siguientes esfuerzos permisibles para los elementos que integran la estructura.

Tabla 11. Esfuerzos permisibles reducidos

Elemento	Esfuerzo permisible kg/cm ²	Factor de reducción	Esfuerzo permisible reducido kg/cm ²
Pieza Puente y Larguero	1391.5	0.85	1182.8
Montante Extremo (apoyo móvil)	1154.5	0.85	981.3
Montante Extremo (apoyo fijo)	1053.0	0.85	895.1
Cuerda Superior	1189.1	0.85	1010.7
Montantes (a compresión)	988.82	0.85	840.50
Contraventeo Superior	963.03	0.85	818.58
Cuerda Inferior, diagonales, montantes (a tensión) y contraventeo inferior	1391.5	0.85	1182.8

IV.3.2.Elementos más esforzados del puente

Una vez elaborado un modelo el cual, se determinó que representa adecuadamente el comportamiento de la estructura, se procedió a realizar el análisis estructural del puente con la finalidad de obtener los esfuerzos a los que estará sometida la estructura, para las solicitaciones de carga descritas en el manual AREMA. Para este caso se considera actuando una carga viva Cooper E80 la cual se ha descrito anteriormente, así como las demás cargas presentes en la estructura.

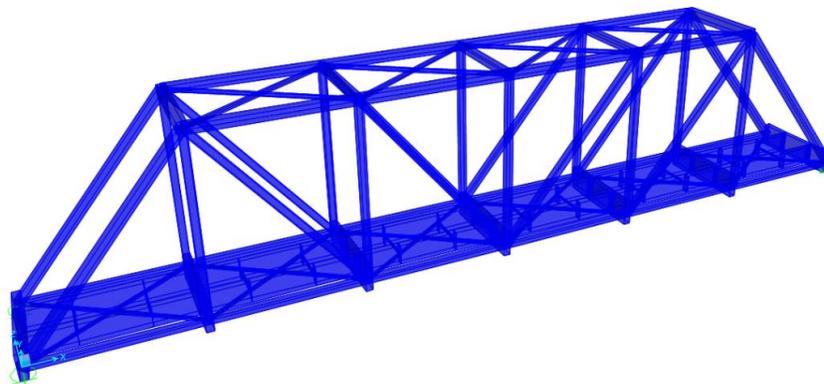


Figura 54. Modelo de la estructura en condición actual y con carga Cooper E80

Este modelo validado, es el que se utilizará para verificar el comportamiento de la estructura. Los esfuerzos en cada uno de los elementos que integran a la estructura se pueden apreciar en la Figura 55 y los cuales se pueden consultar en el reporte de Staad.pro adjunto en el Anexo A-8, los cuales se compararán con los esfuerzos permisibles que indica la normatividad vigente y con esto tener un fundamento que nos indique si la estructura está dentro de los parámetros de un funcionamiento adecuado o requiere de un reforzamiento para garantizar la seguridad de los usuarios.

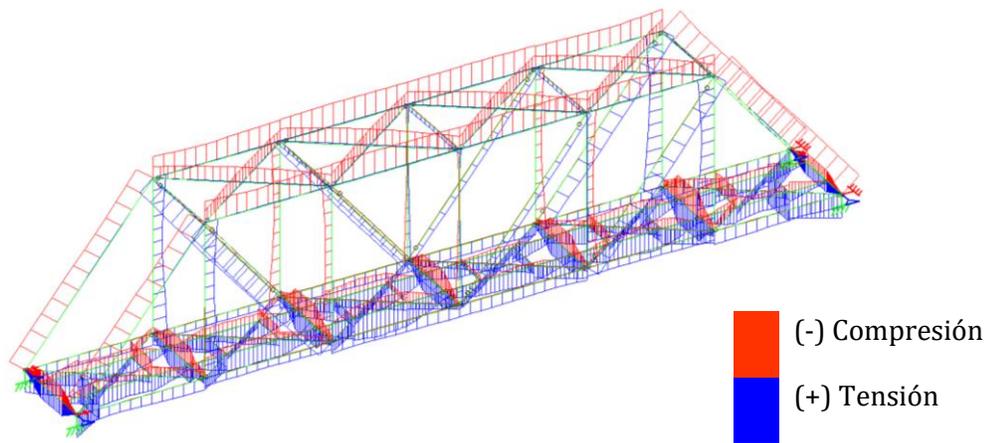


Figura 55. Esfuerzos actuantes en la estructura

Del modelo elaborado para el análisis estructural, el cual se demostró representa el comportamiento de la estructura calibrándolo con las mediciones del comportamiento dinámico del mismo y sometiéndolo a las cargas descritas anteriormente, se determinaron los esfuerzos en los diferentes elementos que conforman al puente, los elementos más esforzados y sus esfuerzos se muestran en la Figura 56 y en la Tabla 12. Elementos que presentan mayor esfuerzo.

Tabla 12. Elementos que presentan mayor esfuerzo

No Barra	Tipo	Esfuerzo combinado kg/cm²	No Barra	Tipo	Esfuerzo combinado kg/cm²
103	Pieza Puente	1222.4	507	Cuerda Superior	1201.96
104	Pieza Puente	1349.7	508	Cuerda Superior	1274.2
105	Pieza Puente	1384.1	509	Cuerda Superior	1276.7
112	Pieza Puente	1223.1	510	Cuerda Superior	1172.1
114	Pieza Puente	1353.9	701	Contraventeo superior	832.5
116	Pieza Puente	1387.3	702	Contraventeo superior	835.9
117	Pieza Puente	1385.8	703	Contraventeo superior	900.4
500	Montante Extremo	1203.6	704	Contraventeo superior	834.9
505	Montante Extremo	1271.4	705	Contraventeo superior	899.8
506	Montante Extremo	1207.1	707	Contraventeo superior	823.1
511	Montante Extremo	1276.9	708	Contraventeo superior	831.5
501	Cuerda Superior	1184.5	710	Contraventeo superior	902.2
502	Cuerda Superior	1273.9	711	Contraventeo superior	834.2
503	Cuerda Superior	1272.2	712	Contraventeo superior	901.2
504	Cuerda Superior	1163.7	713	Contraventeo superior	833.5

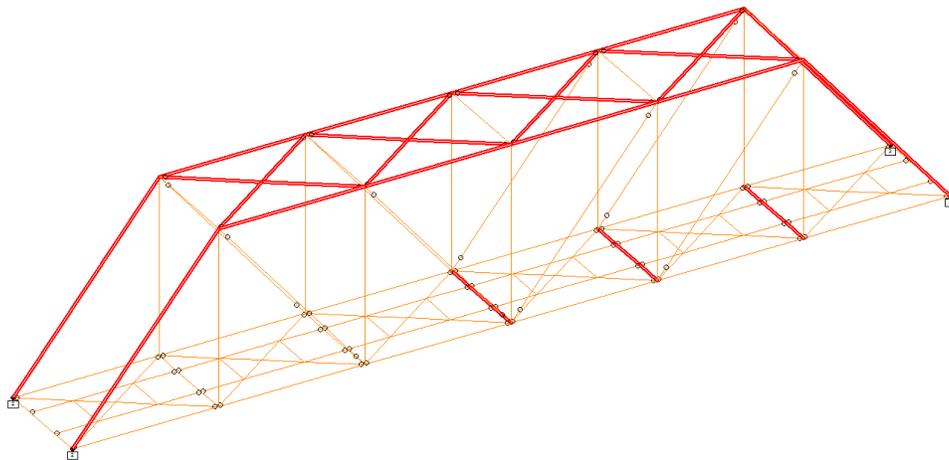


Figura 56. Relación de elementos que presentan falla en la estructura con carga Cooper E80 considerando el refuerzo existente

IV.3.3. Comparativa de esfuerzos permisibles reducidos contra esfuerzos actuantes

En la Tabla 13 se puede observar una relación entre los valores de esfuerzos de aquellos elementos más solicitados en la estructura contra sus respectivos esfuerzos permisibles, los cuales ya fueron afectados por el factor de reducción de resistencia. De aquí se puede deducir que existen varios elementos que se encuentran sobreesforzados, por lo cual es necesario realizar un proyecto de reforzamiento en la estructura, para que esta cumpla con los requisitos mínimos de seguridad que indica la normatividad vigente.

Tabla 13. Relación de elementos que presentan un esfuerzo mayor al permisible

No Barra	Tipo	Esfuerzo combinado kg/cm ²	Esfuerzo permisible kg/cm ²	Relación de esfuerzos
103	Pieza Puente	1222.4	1182.8	1.03
104	Pieza Puente	1349.7	1182.8	1.14
105	Pieza Puente	1384.1	1182.8	1.17
112	Pieza Puente	1223.1	1182.8	1.03
114	Pieza Puente	1353.9	1182.8	1.14
116	Pieza Puente	1387.3	1182.8	1.17

Tabla 13. Relación de elementos que presentan un esfuerzo mayor al permisible (continuación)

No Barra	Tipo	Esfuerzo combinado kg/cm²	Esfuerzo permisible kg/cm²	Relación de esfuerzos
117	Pieza Puente	1385.8	1182.8	1.17
500	Montante Extremo	1203.6	981.3	1.23
505	Montante Extremo	1271.4	895.1	1.42
506	Montante Extremo	1207.1	981.3	1.23
511	Montante Extremo	1276.9	895.1	1.43
501	Cuerda Superior	1184.5	1010.7	1.17
502	Cuerda Superior	1273.9	1010.7	1.26
503	Cuerda Superior	1272.2	1010.7	1.26
504	Cuerda Superior	1163.7	1010.7	1.15
507	Cuerda Superior	1201.96	1010.7	1.19
508	Cuerda Superior	1274.2	1010.7	1.26
509	Cuerda Superior	1276.7	1010.7	1.26
510	Cuerda Superior	1172.1	1010.7	1.16
701	Contraventeo superior	832.5	818.6	1.02
702	Contraventeo superior	835.9	818.6	1.02
703	Contraventeo superior	900.4	818.6	1.10
704	Contraventeo superior	834.9	818.6	1.02
705	Contraventeo superior	899.8	818.6	1.10
707	Contraventeo superior	823.1	818.6	1.01
708	Contraventeo superior	831.5	818.6	1.02

Tabla 13. Relación de elementos que presentan un esfuerzo mayor al permisible (continuación)

No Barra	Tipo	Esfuerzo combinado kg/cm ²	Esfuerzo permisible kg/cm ²	Relación de esfuerzos
710	Contraventeo superior	902.2	818.6	1.10
711	Contraventeo superior	834.2	818.6	1.02
712	Contraventeo superior	901.2	818.6	1.10
713	Contraventeo superior	833.5	818.6	1.02
714	Contraventeo superior	823.7	818.6	1.01

IV.4. Conclusiones de la evaluación estructural

Basado en la información presentada hasta el momento, es importante recapitular algunos de los puntos principales que son parte de la problemática del puente. El primer punto es que las armaduras que conforman los tramos en estudio, han sido intervenidas en un proceso de reforzamiento previo, el cual tiene una conceptualización errónea debido a que se manejan secciones cerradas, en donde no se puede determinar el grado de oxidación y se dificulta el mantenimiento en las caras internas de las secciones.

Por otro lado, la superestructura presenta daños moderados por corrosión en varios de sus elementos, así como pérdidas de sección, tal es el caso de las piezas puente, contraventeo y tornapuntas. Por estos motivos se pretende resolver este problema por medio de mantenimiento y reforzamiento.

En la inspección realizada se encontró que las piezas puente extremas e intermedias carecen de protección anticorrosiva en la cara superior del patín superior, así como presentan diversos grados de corrosión, incluso con pérdidas de sección en ambos patines, por tal motivo se recomienda reforzarlas.

La pieza puente extrema del tramo 3-4 ubicada sobre la pila No.4 muestra una fractura en el patín inferior en el hombro derecho que debe ser reparada.

El contraventeo horizontal inferior presenta daños por oxidación con pérdida de sección y daños por fatiga en la unión con la placa de conexión con la cuerda inferior en varios de sus elementos, por lo que es indispensable reparar las partes dañadas y sustituir parcialmente las secciones que presentan daños por fatiga, así como remplazar las placas de conexión con la cuerda inferior.

Las tornapuntas que unen a las hojas de las armaduras en la zona superior a pesar de que presentan pérdida de sección no es necesario que sean reforzadas únicamente se recomienda dar mantenimiento con pintura anticorrosiva, ya que en la revisión de la capacidad de carga estas piezas se encuentran poco esforzadas respecto a los esfuerzos permisibles.

De acuerdo a la revisión de los elementos que conforman la armadura, se observó que los esfuerzos máximos se deben a la condición de carga viva más impacto correspondiente al grupo I de la norma AREMA y donde existen elementos que fallan por sobrepasar los esfuerzos permisibles de acuerdo al punto 15.1.4 de la misma norma.

Los elementos identificados con una condición de sobreesforzamiento son:

- Piezas puentes que tienen una relación de actuante contra resistente para el elemento más esforzado del orden de 1.17 considerando la reducción por daños como es la pérdida de sección para estos elementos.
- Cuerda superior en ambas hojas que tienen una relación de actuante contra resistente del orden de 1.26 para el elemento más esforzado.
- Montantes extremos en ambas hojas que tienen una relación de actuante contra resistente del orden de 1.43 en los elementos más desfavorables.
- Contraventeo superior que tienen una relación de actuante contra resistente del orden de 1.10.

De acuerdo a con lo mencionado se concluye que los elementos enlistados anteriormente necesitan de un refuerzo ya que presentan esfuerzos actuantes

superiores a los permisibles. Para el resto de los elementos que componen a las armaduras en ambos tramos se encontró tanto en la inspección detallada como en la revisión de la capacidad de carga que no es necesario realizar trabajos de reforzamiento y/o reparación, únicamente se requiere de mantenimiento menor, consistente en un sistema de protección anticorrosiva.

Capítulo V

PROYECTO DE REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO

V. PROYECTO DE REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO

Una vez que concluida la etapa de evaluación estructural, se pudo identificar que existen elementos los cuales, requieren de una reparación y/o reforzamiento, ya que algunos de ellos presentan deficiencias por daños ocasionados por fatiga o intemperismo, pero también existen algunos que presentan deficiencias en cuanto a las cargas que solicitan a la estructura de acuerdo con las acciones y factores de seguridad estipulados en la normatividad. Es indispensable que los elementos que presentan alguna problemática, sean atendidos con la finalidad de que no se acrecienten las deficiencias descritas y se pueda ver interrumpido el servicio en la estructura o peor aún la seguridad de los usuarios.

Para poder llevar a la estructura a un nivel de seguridad adecuado conforme a la normatividad se requieren realizar tanto reparaciones como reforzamientos en los distintos elementos que ya se han mencionado, algunas de las técnicas más comunes para realizar estas acciones las podemos describir a continuación.

V.1. Técnicas para reparación de armaduras de acero

A partir de los resultados de la inspección, donde se determinan aquellos elementos que presentan defectos o deterioros que pudieran o no comprometer la capacidad de carga de la estructura, se vuelve necesario realizar acciones para reparar dichos deterioros, evitando que estos se acrecienten y regresar a los elementos de la estructura a una condición aceptable y de correcto funcionamiento. Algunas de los principales trabajos que se realizan en las armaduras son los siguientes.

V.1.1. Reparación por oxidación y corrosión

Puesto que uno, si no es que el más común de los defectos o deterioros en los elementos de acero es la inadecuada protección del acero o la falta de recubrimiento anticorrosivo. Es importante mencionar una metodología tradicional de los trabajos que se requieren para reparar los daños por oxidación y corrosión y así evitar que

los elementos de acero se encuentren expuestos a los agentes oxidantes y como resultado disminuyan su resistencia por estos efectos.

A continuación, se enlista los pasos para la aplicación de sistema anticorrosivo de acuerdo a SCT (2014):

1. Colocar dispositivos de protección para evitar daños a vehículos cuando el puente se encuentre en operación, como pueden ser mallas ciclónicas.
2. Ejecutar trabajos de limpieza con chorro de arena (Sand Blast), en zona de difícil acceso se recomienda usar limpieza mecánica con cepillos cuñas, espátulas o cardas a fin de garantizar la correcta limpieza.
3. Terminado los trabajos de remoción de pintura y limpieza, se deben retirar los residuos de pintura y polvo con aire a presión.
4. Posteriormente se debe aplicar un primario (primer), siguiendo las recomendaciones del fabricante.
5. Inmediatamente después, se aplica una capa de pintura alquidámica, siguiendo de igual forma las recomendaciones del fabricante y cumpliendo lo establecido en la norma N-CMT-2-07 de pintura para recubrimiento de estructuras.

V.1.2. Sustitución de elementos

De acuerdo con SCT (2018) cuando las acciones de reparación están encaminadas a la sustitución de alguno de los elementos de la estructura, por presentar algún estado de deterioro, falla o mal funcionamiento. se deberá tener especial atención al procedimiento constructivo que se implementará para la sustitución del elemento, debiéndose considerar la redistribución de esfuerzos que puede traer consigo el agregar o quitar algún elemento de forma permanente o temporal.

Aunque son trabajos que se ejecutan como resultado de estudios y un proyecto, cuando se pone en riesgo la estabilidad de la estructura, se debe aplicar un

protocolo de seguridad que contemple, si es necesario, el cierre al tránsito vehicular del puente, la colocación de señalamiento de protección en obra, la contratación del proyectista y la realización de un plan de contingencia.

V.1.3. Reparación de nodos

Uno de las situaciones comunes en las armaduras son los defectos en las uniones, que pueden darse por fatiga en las mismas debido a la repetición de las cargas o por vicios constructivos como una mala soldadura o colocación de pernos.

En el caso de las uniones soldadas se deberá limpiar la zona con chorro de arena y realizar radiografías para identificar las zonas donde la soldadura se encuentre dañada y posteriormente retirarla con disco abrasivo y reemplazarla por una nueva verificando por medio de radiografías que haya sido bien aplicada y posteriormente colocar una protección anticorrosiva adecuada.

Para el caso de las conexiones con pernos o atornilladas, cuando se presenten problemas en estos se podrán reemplazar por otros elementos en buen estado o sustituirlo por soldaduras de tipo tapón.

V.2. Técnicas para el reforzamiento de armaduras de acero

Después de haber hecho una revisión estructural que nos indica la carencia de condiciones ideales para las solicitaciones de servicio de la estructura, se es indispensable realizar un reforzamiento a la estructura en cuestión.

Dentro de la ingeniería civil no existe una solución única para resolver las deficiencias estructurales que pueda presentar un puente, esto va a depender de varios aspectos como pueden ser: los códigos o reglamentos de diseño, el tipo de carga que solicitan a la estructura, errores o defectos que pudieron existir en la etapa constructiva, los daños presentes en la estructura debidos al intemperismo o algún evento accidental y por último la experiencia e imaginación del ingeniero. De aquí podemos concluir que las técnicas para reforzamiento son una amplia gama de soluciones que se desarrollarán particularmente para cada situación, no

obstante, existen ciertas técnicas que han sido aplicadas y que son aprobadas por la comunidad de ingenieros por haber tenido resultados satisfactorios en varios casos. A continuación, se darán algunos ejemplos de trabajos de reforzamiento para armaduras de acero.

V.2.1. Reforzamiento con placas y/o perfiles metálicos

Como alternativa de reforzamiento en la superestructura, se pueden utilizar placas y perfiles metálicos, estos pueden superponerse a las secciones existentes, como se muestra en la Figura 57. Esta unión se puede dar por medio de soldadura o mediante tornillos o remaches, aunque la soldadura es lo más común y garantiza que las piezas trabajen adecuadamente. Este tipo de reforzamiento aumenta el área de acero de las secciones transversales de los elementos que integran la estructura, así como su momento de inercia y por ende su capacidad resistente.

La preparación y limpieza de la superficie de la sección existente y la placa es fundamental, actualmente existen productos epóxicos que mejoran la adherencia entre los aceros nuevos y viejos garantizando un mejor comportamiento estructural.

También, las placas de acero deben ser de calidad igual o superior al del acero tipo A36 y de espesor adecuado, el cual debe ser calculado de acuerdo a las solicitaciones del elemento.

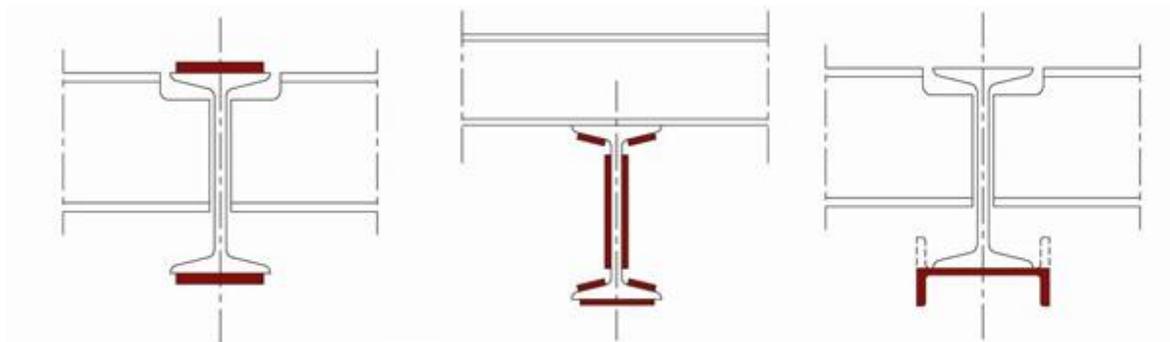


Figura 57. Ejemplo de reforzamiento por medio de placas y/o perfiles metálicos

V.2.2. Reforzamiento con fibra de carbono (CFRP)

La mayoría de las aplicaciones existentes de los refuerzos por mediante fibra de carbono (CFRP) en el campo de la ingeniería estructural son para los sistemas compuestos por concreto y fibra de carbono, donde los componentes de la fibra de carbono se unen o se incrustan en los elementos de concreto para mejorar su desempeño estructural. Actualmente existe también la posibilidad de realizar reforzamientos en elementos de acero por medio de placas y láminas de fibra de carbono, la cual aumenta la capacidad estructural, la rigidez del elemento y también sirve como alivio para la fatiga de los elementos.

Al igual para el caso de los elementos de concreto el refuerzo mediante fibras de carbono en el elemento metálico consiste en la adhesión de láminas o placas de fibra de carbono a los elementos que integran la estructura como se muestra en la Figura 58, esta adherencia se obtiene mediante el empleo de adhesivos epóxicos. Con base en Schnerch, Dawood, Rizkalla, & Summer (2007), el procedimiento de instalación de este sistema de reforzamiento consiste en tres pasos principales:

1. Preparación de las láminas de CFRP, estas se deben cortar de acuerdo a lo especificado en el diseño y a la geometría de los elementos con los cuales trabajará y se le deberá colocar una película de protección en la cara que estará en contacto con el elemento metálico.
2. Posteriormente se deberá preparar la superficie del elemento metálico, se tienen que eliminar todas las impurezas como son oxidación, pintura, aceites y cualquier elemento que pueda contaminar la adhesión entre el elemento y la fibra de carbono, el acabado deber ser de "metal blanco" con una superficie rugosa.
3. Por último, se aplica el adhesivo epóxicos y el cual deberá tener un espesor entre 0.5 y 2.0 mm, teniendo en consideración que se deberá colocar un mayor espesor en los extremos de las láminas de fibra de carbono ya que estas zonas sufren de mayor fatiga en el adhesivo.

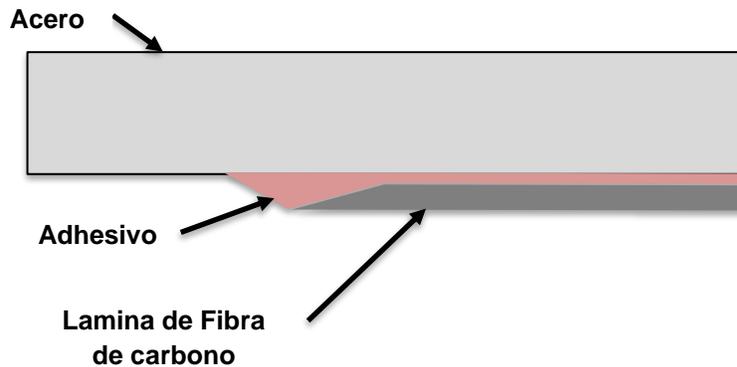


Figura 58. Ejemplo de reforzamiento mediante el uso de fibra de carbono

V.2.3. Reforzamiento mediante tensores

Basado en la información de Tokuno (2009), este trabajo de reforzamiento consiste en la colocación de un tensor inferior y un miembro vertical en la cuerda inferior, que se atornillan juntos, de modo que el área de la sección de cada marco estructural se aumenta para así mejorar la fuerza de resistencia a la carga. Sin embargo, el trabajo de refuerzo mencionado anteriormente requiere un trabajo tan engorroso que se necesitan muchas placas de refuerzo y cada hoja debe atornillarse. Además, se requiere un largo período de tiempo para el trabajo y se incrementa el costo de del servicio.

Además, se requiere un trabajo a gran escala en el que se retiran muchos pernos y placas de refuerzo de la parte unida y se reemplazan con una placa de refuerzo y luego se vuelven a atornillar. A través de la cooperación entre marcos estructurales triangulares auxiliares, cada uno de los cuales se construye en los extremos opuestos de la armadura, se ejerce una fuerza de dirección hacia arriba, induciendo así efectivamente una fuerza de resistencia a la carga como se puede observar en la Figura 59 . Son preferibles, los medios de desviación constituidos por gatos capaz de controlar la fuerza de dirección hacia abajo, controlando también la cantidad de expansión y/o contracción.

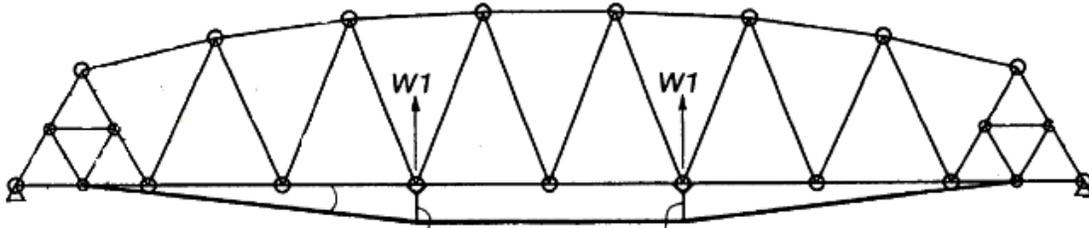


Figura 59. Reforzamiento de armadura mediante tendones

V.3.Propuesta de reforzamiento

Una vez determinados los elementos que se encuentran sobreesforzados de acuerdo a los criterios de la normatividad vigente y analizando los métodos de reforzamiento consultados, se propone un reforzamiento basado en la adición de placas metálicas, ya que este tipo de reforzamientos resulta ser el más viable, puesto que en este caso la estructura no necesita un incremento en la capacidad muy grande, además de que los otros métodos requieren un proyecto mucho más complejo y con mano de obra más capacitada, lo que encarece el costo de los trabajos.

El reforzamiento propuesto se evaluará para verificar que los esfuerzos sean adecuados en la estructura, así como también la fatiga en los elementos y posteriormente se desarrollará de igual forma un proyecto de reparación para poder resarcir los daños del intemperismo que se aprecian en la estructura.

V.3.1. Reforzamiento de pieza puente

Los elementos mecánicos que producen los efectos más desfavorables en las piezas puente y por los cuales se sobrepasan los esfuerzos permisibles, son los ocasionados por flexión y tensión combinada por este motivo se propone que el reforzamiento para las piezas puente sea a base de dos cubreplacas en los patines tanto superior como inferior, de las siguientes dimensiones:

- Placa de 32 cm x 1.00 cm a todo lo largo de las piezas puente extremas e intermedias en el patín superior.

- Placa de 40 cm x 1.00 cm a todo lo largo de las piezas puente intermedias en el patín inferior.

Para el caso de las piezas puente extremas estas ya poseen un cubreplacas por lo cual se propone:

- Placa de 40 cm x 1.90 cm a todo lo largo de las piezas puente extremas en el patín inferior retirando la cubreplaca inferior actual

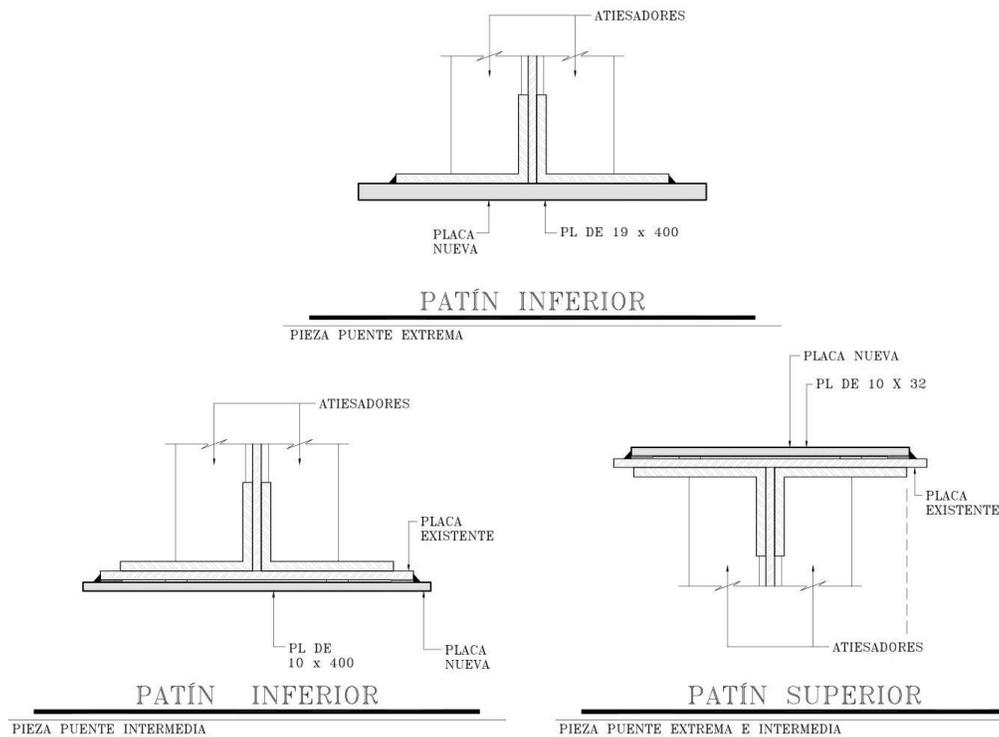


Figura 60. Reforzamiento propuesto en pieza puente

V.3.2. Reforzamiento de cuerda superior y montante extremo

Para el caso de la cuerda superior y el montante extremo, sabiendo que este elemento trabaja a compresión se pretenderá aumentar el área de la sección para poder reducir los esfuerzos en los elementos y estos trabajen adecuadamente, para este caso se propone adicionar placas en los costados de la sección como se muestra en la Figura 61.

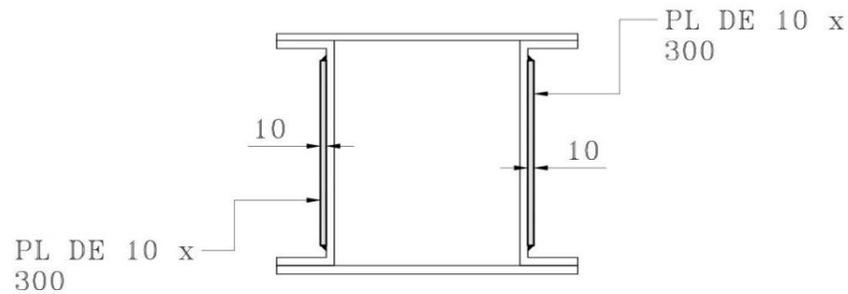


Figura 61. Reforzamiento propuesto en cuerda superior y montante extremo

V.3.3. Reforzamiento de contraventeo superior

Por último, el contraventeo superior se pretende reforzar siguiendo el mismo criterio de las secciones anteriores y se pretenden adicionar placas con la finalidad de aumentar el área y de esta manera aumentar la capacidad del elemento para soportar los esfuerzos que se le solicitan. La propuesta de reforzamiento se muestra en la Figura 62.

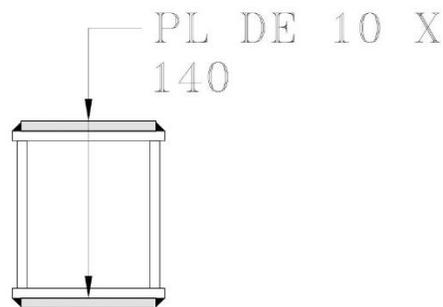


Figura 62. Propuesta de reforzamiento del contraventeo superior

V.3.4. Evaluación del reforzamiento propuesto

Para corroborar que el refuerzo propuesto es adecuado para la estructura se verificará de forma numérica con la finalidad de garantizar que se desempeñará de manera satisfactoria. Para este punto únicamente se revisarán los elementos más esforzados de cada tipo lo cual garantizará que todos los elementos cumplan con la resistencia necesaria después del reforzamiento.

Tabla 14. Relación de elementos que presentan un esfuerzo mayor al permisible

No Barra	Tipo	Esfuerzo combinado	Esfuerzo permisible	Relación de esfuerzos
105	Pieza Puente	1131.4	1182.8	0.96
505	Montante Extremo	889.98	895.1	0.99
509	Cuerda Superior	983.1	1010.7	0.97
703	Contraventeo superior	781.2	818.6	0.95

Una vez revisados los elementos se puede suponer que el refuerzo es adecuado para la estructura.

V.4.Propuesta de reparación

Para garantizar el adecuado funcionamiento de las armaduras, además de reforzar la estructura también es necesario subsanar los problemas de deterioro que tienen los elementos que la conforman, para asegurar que estos trabajen adecuadamente.

V.4.1. Elementos con corrosión y/o pérdida de sección

Dentro de los problemas que es necesario solucionar se encuentran los problemas de pérdida de sección en algunos elementos, para esto se propone el uso de una resina epóxica denominada Atlas Steel Rebuilt 100S que tiene la cualidad de restaurar elementos compuestos por acero estructural, con la finalidad de resanar los elementos metálicos que presenta corrosión y/o pérdida de sección. Adicionalmente también tiene la característica de servir como un adherente entre el metal nuevo y metal viejo por lo cual se utilizará una capa de 3 mm (de acuerdo a lo especificado por el fabricante) de esta resina en los cubreplacas, lo cual servirá de refuerzo adicional a la soldadura, para los elementos que conforman a las piezas puente, lo que garantizará un trabajo en conjunto de los elementos existentes y su refuerzo.

V.4.2. Remaches descabezados y/o laminados

Otra situación presente en las conexiones de la armadura es la presencia de remaches en mal estado, para esto se propone, en el caso de los remaches descabezados y/o laminados que se encuentran en zonas accesibles, se realizará la sustitución por tornillos de alta resistencia a-490 con $\phi = 22.2$ mm. (7/8") y L = 110 mm. (4 5/16").

Para el caso de los remaches descabezados y/o laminados que se encuentren en zonas de difícil acceso se reparara retirando la sección dañada y colocando soldadura de tapón, se tendrá especial cuidado de que el resto del remache permanezca en su posición evitando su deslizamiento, asegurando de esta forma que tenga el ajuste correcto entre el remache existente y la nueva soldadura.

Los tornillos de alta resistencia A-490 de $\phi = 22.2$ mm. (7/8") se colocarán a un torque de 98 kg-m, para el caso de tornillos y tuercas que hayan sido cadmisados el torque se reducirá al 80 % obteniéndose 78.4 kg-m, esto de acuerdo a las recomendaciones de SCT (2014).

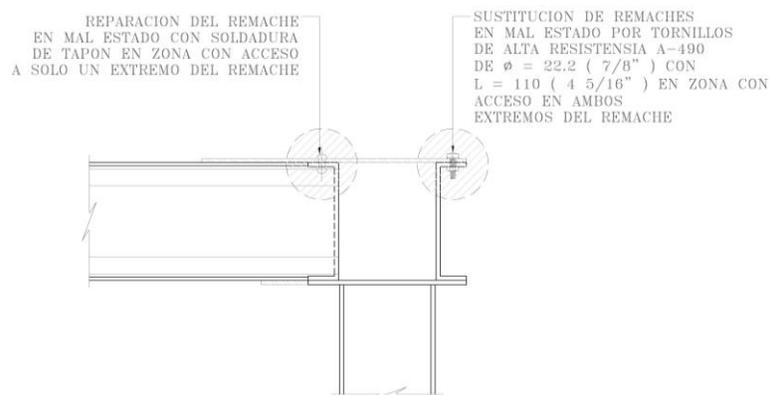


Figura 63. reparación de remaches

V.4.3. Contraventeo horizontal inferior dañado

El contraventeo horizontal inferior presenta daños por oxidación con pérdida de sección y daños por fatiga en la unión con la placa de conexión con la cuerda inferior en varios de sus elementos, por lo que es indispensable reparar las partes dañadas

y sustituir parcialmente las secciones que presentan daños por fatiga, así como reemplazar su placa de conexión con la cuerda inferior.

El trabajo de restauración consistirá en seccionar y restituir las zonas que presentan oxido con pérdida de sección ubicadas en la unión de la placa de conexión con la cuerda inferior, adicionalmente se reemplazarán las placas de conexión dada su forma geométrica actual ya que origina una zona de fatiga en la sección del contraventeo.

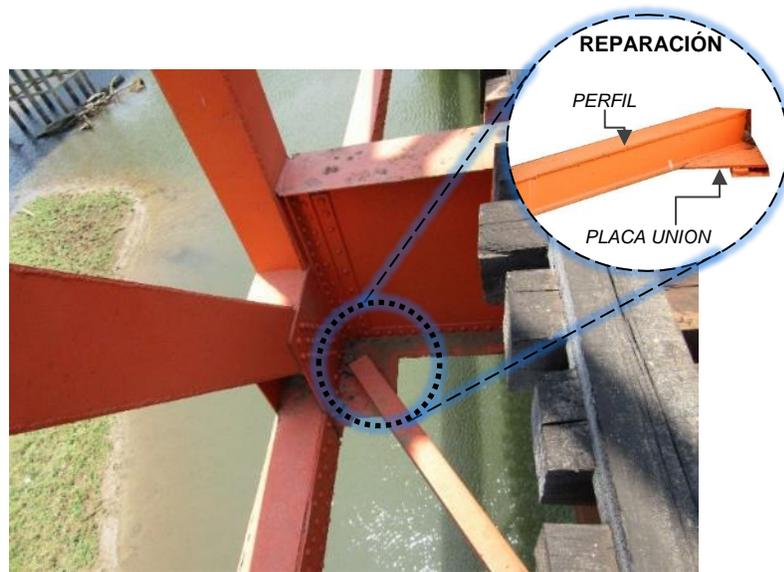
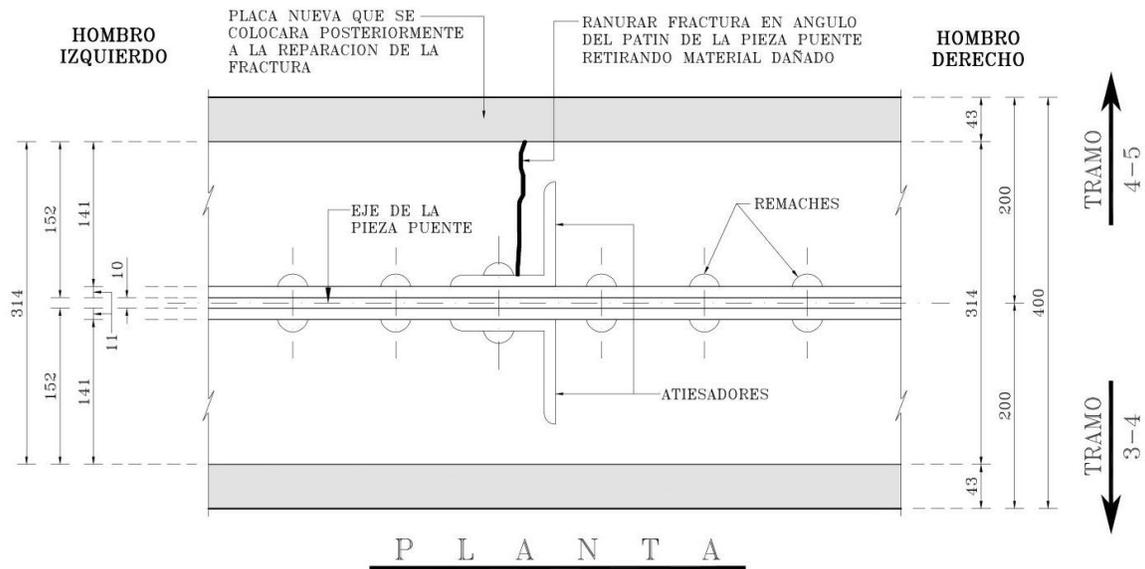


Figura 64. Esquema de reparación de contraventeo horizontal inferior

V.4.4. Fractura en pieza puente sobre Pila No. 4.

De forma particular la pieza puente presenta una pequeña fractura en el patín inferior como se puede constatar en el reporte de inspección y reporte fotográfico. Para poder reparar la fractura se presenta en el ángulo que conforma al patín inferior de la pieza puente ubicada sobre la pila no. 4 en el hombro derecho del tramo 4-5. Se propone ranurar la zona con la grieta retirando el material dañado, posteriormente limpiar la superficie retirando la protección anticorrosiva y cualquier rastro de óxido o cualquier otra impureza, una vez preparada la superficie se aplicará la soldadura y enseguida se colocará la placa nueva que forma parte del refuerzo propuesto. Para la reparación de la fractura primero se deberá retirar la

cubreplacas del patín inferior que es parte de la estructuración actual, posteriormente reparar la fractura del ángulo y finalmente colocar la nueva placa.



UBICACION Y REPARACION DE FRACTURA EN PIEZA PUENTE

(FRACTURA SOBRE PILA No. 4)

ESC. 1 : 5

Figura 65. Reparación de fractura en patín inferior de pieza puente

V.4.5. Zonas con oxidación y sistema de protección anticorrosivo deteriorado

Por último, para poder evitar que la corrosión en los elementos de la armadura siga creciendo, así como evitar que se genere en los nuevos elementos colocados, se debe aplicar un sistema de protección anticorrosiva en la zona a reforzar y/o restaurar, así como en aquellas áreas en que el sistema de protección existente muestra deterioro. Este recubrimiento deberá tener los requisitos mínimos de calidad indicados en la norma N-CMT-2-07 y se deberá aplicar considerando los aspectos descritos en la norma N-CTR-CAR-1-02-012.

V.5.Análisis técnico-económico

Para tener un panorama completo en cuanto a las acciones a emprender en una estructura es necesario considerar, no solo parámetros técnicos, si no también conocer la situación económica y social que lleva consigo la estructura, con la finalidad de tomar la decisión que nos conlleve a tener los mejores beneficios, aunque no siempre es sencillo evaluar estos parámetros en especial los de tipo social, que debido a la naturaleza dinámica y subjetiva de estos no serán tomados en cuenta para este trabajo. Respecto a la situación económica se tomarán en cuenta algunos conceptos como son el costo de la reparación y el reforzamiento, el costo de una sustitución de la estructura y el posible impacto económico en el transporte de cargas debido a un cierre parcial o total de la vía.

V.5.1. Situación con proyecto de reparación sin reforzamiento

Esta alternativa consiste en únicamente reparar los daños detectados en la estructura durante la inspección, como son el cambio de los remaches dañados por tornillos de alta resistencia, la soldadura de algunos los elementos dañados, la reparación de la pieza puente dañada y el contraventeo dañado, así como la aplicación de recubrimiento anticorrosivo para evitar que se sigan acrecentando los daños de la corrosión.

Para poder valorar los trabajos se realizó una investigación de mercado encontrándose en el portal Compranet un servicio realizado por CAPUFE en el 2018 consistente en la reparación del Puente Alvarado que, aunque es un puente de tipo vehicular esta conformado parcialmente por una armadura de paso a través y en donde se realizaron algunos trabajos similares, de los cuales se tomarán como parámetro para poder cuantificar el costo de la reparación de este puente. Cabe señalar que la información del mencionado servicio se encuentra disponible públicamente en la plataforma ya mencionada.

Referente a los costos, debido a que el servicio es del año 2018 es necesario actualizar los precios mediante un factor de actualización de acuerdo al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) de donde se obtuvo el precio final, que

se utilizará para valorar el costo de esta alternativa de solución. Respecto a la valoración se obtuvo lo mostrado en la Tabla 15.

Tabla 15. Valoración de costos de reparación de las armaduras que conforman al puente la Lana

NÚM.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE
1	REPARACIÓN DE ARMADURAS				\$ 502,118.18
2	Acero estructural ASTM A-709 Grado 36 en montante extremo, cuerda superior, contraventeo inferior y piezas puente.	KG	294.00	\$ 55.00	\$ 16,170.00
2	Reparación de remaches con soldadura de tapón.	PZA	150.00	\$ 661.68	\$ 99,252.45
3	Tornillos de alta resistencia A-490 de $\phi=22.2$ y L=110 mm (Incluye tornillos, tuercas y rondanas cadmisados)	PZA	210.00	\$ 166.29	\$ 34,920.27
4	Recubrimiento con pintura anticorrosiva en montantes extremos, cuerda superior, contraventeo inferior y piezas puente.	M2	198.70	\$ 1,093.20	\$ 217,219.24
5	Recubrimiento con pintura anticorrosiva en conexiones de cuerda inferior con montantes y diagonales (28 piezas)	M2	120.00	\$ 1,093.20	\$ 131,184.24
6	Soldadura al arco eléctrico en trabajos de rehabilitación de pieza puente.	PZA	1.00	\$ 3,371.98	\$ 3,371.98

Cabe señalar que estos trabajos permitirían únicamente subsanar y detener el deterioro de la estructura, pero no incrementarían la capacidad de carga de la misma, en cuanto al tiempo de ejecución de los trabajos se estima entre uno y dos meses y no requiere la suspensión total del servicio sobre el puente ya que se pueden realizar en intervalos entre paso de las cargas.

V.5.2. Situación con proyecto integral (reparación y reforzamiento)

La segunda alternativa en cuestión, considera las reparaciones mencionadas anteriormente y adicionalmente el reforzamiento de algunos de los elementos de la armadura como son las piezas puentes, los montantes extremos y la cuerda

superior, este reforzamiento se propone con la finalidad de incrementar la capacidad de carga de la estructura, que de acuerdo con la evaluación estructural, los elementos mencionados no cumplen con los requerimientos mínimos de resistencia que indica la normatividad AREMA.

Al igual que para la alternativa anterior se utilizaron los mismos precios resultantes de la investigación de mercado, con lo cual se valora y se muestra en la Tabla 16 el costo estimado que tendría esta propuesta de solución.

Tabla 16. Valoración de costos de reparación y reforzamiento de las armaduras que conforman al puente la Lana

NÚM.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE
1	REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ARMADURAS				\$2,661,787.41
2	Reparación de remaches con soldadura de tapón.	PZA	150.00	\$ 661.68	\$ 99,252.45
3	Tornillos de alta resistencia A-490 de $\phi=22.2$ y L=110 mm (Incluye tornillos, tuercas y rondanas cadmisados)	PZA	210.00	\$ 166.29	\$ 34,920.27
4	Recubrimiento con pintura anticorrosiva en montantes extremos, cuerda superior, contraventeo inferior y piezas puente.	M2	198.70	\$ 1,093.20	\$ 217,219.24
5	Recubrimiento con pintura anticorrosiva en conexiones de cuerda inferior con montantes y diagonales (28 piezas)	M2	120.00	\$ 1,093.20	\$ 131,184.24
6	Soldadura al arco eléctrico en trabajos de rehabilitación de pieza puente.	PZA	1.00	\$ 3,371.98	\$ 3,371.98
7	Acero estructural ASTM A-709 Grado 36 en montante extremo, cuerda superior, contraventeo inferior y piezas puente.	KG	14251.00	\$ 55.00	\$ 783,805.00
8	Resina epóxica ATLAS STEEL REBUILD 100S incluye calzas.	KG	242.00	\$ 5,035.14	\$1,218,503.88
9	Cinta de espuma una cara de 25 mm (1") y e= 3 mm (1/8")	M	120.50	\$ 214.28	\$ 25,820.74
10	Corte con oxicorte y retiro de acero estructural dañado en contraventeo horizontal y placas unión.	PZA	23.00	\$ 2,427.15	\$ 55,824.45
11	Corte con oxicorte, perfilado y retiro de acero estructural dañado en patín inferior de piezas puente intermedias.	PZA	10.00	\$ 2,427.15	\$ 24,271.50
12	Corte con oxicorte y retiro de acero estructural dañado en cubreplaca en patín inferior de piezas puente extremas.	PZA	4.00	\$16,903.41	\$ 67,613.66

Estos trabajos resultan ser más costosos que la primera alternativa, pero permitirían tanto subsanar y detener el deterioro de la estructura como incrementar la capacidad de carga del puente a niveles adecuados conforme a la normatividad. El tiempo de ejecución de los trabajos para esta suposición se estima entre tres y cuatro meses y tampoco requiere la suspensión total del servicio sobre el puente ya que se pueden realizar en intervalos entre paso de las cargas.

V.5.3. Sustitución de la estructura

Por último, la tercera alternativa consistiría en la sustitución de la estructura por otra estructura de una longitud y ancho similar al existente. Respecto a esta alternativa de igual forma que con las anteriores se realizó una investigación de mercado encontrándose en este caso la construcción de dos puentes de longitudes similares el puente Chapultepec en Baja California y el Puente la Pigua III en el estado de Tabasco, en donde se consideró el promedio del precio del contrato de ambos puentes dando como resultado un costo de \$94,307,302.06 pesos el cual se tomará como parámetro para la evaluación de la alternativa más conveniente. Al igual que en la investigación de mercado de la reparación, la información de los mencionados servicios de construcción se encuentra disponible públicamente en la plataforma Compranet.

Respecto a los trabajos de sustitución permitirían tener una estructura que cumpla con todos los requisitos de la normativa actual y sin ningún tipo de deterioro lo que se traduce en un tiempo de vida mayor a las otras dos alternativas, pero con una inversión mucho mayor a las otras dos alternativas. Cabe resaltar que el tiempo de ejecución de los servicios se estima entre seis y ocho meses y en donde se considera un cierre total de los servicios de la vía en algunas etapas de la construcción, que por tratarse de una estructura para el paso de ferrocarril el realizar desvíos provisionales es casi imposible puesto que las pendientes verticales y horizontales del trazo del eje de la vía requieren distancias mucho mayores a las de un camino vehicular, lo que conlleva a costos muy altos para construir un camino de desvío y adicionalmente se requeriría la construcción de otra estructura

provisional para el desvío que por las características del cruce con el Río La Lana se volvería sumamente costosa. Por otra parte, el impacto económico que generaría el cierre de la vía es sumamente importante ya que basado en los datos de Munguía & Ventura (2019) el puerto de Coatzacoalcos tiene operaciones en el transporte ferroviario de alrededor de 443 mil 165 millones de toneladas y las cuales se espera se incrementen hasta 11 veces por la operación del corredor Transístmico, que aunque no todo este volumen de carga pasa por la estructura en cuestión nos da una idea de la magnitud del impacto económico que puede generar el cierre de esta vía.

V.5.4. Elección de alternativa más conveniente

Una vez presentadas las diferentes alternativas de solución y teniendo un parámetro aproximado del costo de los trabajos, surge el dilema de si únicamente se repara, también se refuerza o se sustituye el puente.

En cuanto a las alternativas de solución propuestas podemos observar que la alternativa uno que consiste en reparar la estructura es por mucho la más económica de las tres, la cual puede solucionar varios de los problemas que presenta la estructura actualmente, sin embargo, este punto de vista es secundario si se le compara con otro más importante como es el de garantizar la seguridad en donde sólo las alternativas dos y tres podrían satisfacer este requisito dado que la primer opción únicamente considera la reparación de los elementos deteriorados y no el incremento de la capacidad resistente de los mismos, que de acuerdo a la evaluación estructural, se observó que algunos elementos no cumplen el nivel mínimo de seguridad que indica la normatividad, en donde se hace hincapié en que esto no significa que la estructura se encuentre actualmente en peligro de falla, pero si nos sugiere que no esta preparada para una posible eventualidad o el paso de una carga extraordinaria. Por estos motivos se descarta la primera alternativa al no poder garantizar un nivel de seguridad adecuado.

Quedando ahora sólo las alternativas dos y tres es necesario decidir, cuál de estas traerá mayores beneficios, de acuerdo con un informe realizado por la O.C.D.E

(1981) sobre conservación, muestra que si la reconstrucción de un puente se aplaza por 15 ó 20 años, es más económico hacer trabajos de reparación hasta el 40% del costo de sustitución, esto quiere decir que, desde el punto de vista económico, es preferible prolongar la vida residual de un puente que sustituirlo, aun si el correspondiente coste es alto. Por lo cual ahora la decisión radica en estimar la vida residual del puente existente para poder tomar una decisión lo mas fundamentada posible.

En el estado actual del conocimiento, no es posible evaluar con precisión la vida residual de los puentes. De acuerdo con Grattesat (1983) en puentes de acero, los componentes principalmente afectados por corrosión pueden ser, a menudo, reparados y reforzados. Es posible reforzar los elementos demasiado débiles por medio de placas soldadas o sustituirlos cuando están fuertemente deteriorados. Por tanto, la vida residual de los puentes de acero se puede prolongar por mucho tiempo. Sin embargo, algunos problemas serios surgen por los fenómenos de fatiga y de corrosión por fatiga y es casi siempre necesario reforzar o sustituir los elementos afectados por esta causa.

Dentro de las consideraciones realizadas al evaluar el reforzamiento fue la de considerar esfuerzos admisibles como si se tratara de un puente nuevo (Normal Rating) lo cual resulta más conservador que el evaluarlo considerando una estructura existente (Maximun Rating) y garantiza un nivel de seguridad más alto, además de que el manual AREMA considera el efecto de la fatiga para 2,000,000 de ciclos, partiendo de esto podemos estimar suponiendo un paso del ferrocarril cada 40 min nos da como resultado tiempo de vida para la estructura que es de 152 años, que restándole los años que tiene la estructura nos da un tiempo de vida residual de 30 años el cual se considera para su evaluación. Cabe señalar que estos datos son estimados ya que debido a que la operadora es una empresa privada no es posible acceder a la información exacta, además de que las condiciones de operación pueden cambiar repentinamente de acuerdo al desarrollo de la infraestructura y los requerimientos de la actividad comercial e industrial.

Cabe resaltar que los esfuerzos admisibles o factores parciales de seguridad, no son necesariamente los mismos que los de las estructuras nuevas, pero cuando los datos de un puente existente son suficientes para disminuir las incertidumbres, se puede considerar que su nivel de seguridad es el mismo que el de un puente nuevo esto de acuerdo a lo mencionado por (Grattasat, 1983). De aquí podemos partir, para resaltar que una de las finalidades de la calibración del modelo matemático mediante las pruebas dinámicas, fue la de disminuir las incertidumbres de la estructura, ya que de presentarse un problema de fatiga importante o algún otro daño relevante, no se hubiera podido llegar a la concordancia entre los datos del modelo analítico y los datos reales.

Es importante resaltar que, en cada caso, la vida residual depende obviamente de la calidad de inspecciones, los programas de conservación y mantenimiento y de los futuros cambios del tránsito (carga viva) y medio ambiente del puente, así como también depende de las decisiones que los encargados de la infraestructura tomen cuyos efectos pueden alargar o acortar esta vida residual.

Dicho lo anterior y considerando aceptable el tiempo de vida residual estimado de la estructura, podemos decir que la alternativa dos, que consiste en la reparación y el reforzamiento de la estructura es la alternativa económica y técnicamente más viable, puesto que la inversión para llevar a cabo la tercera alternativa son mucho mayores que el de la seleccionada y esto sin tomar en cuenta los costos que se derivan del trastorno a la operación de la vía que pudieran resultar incluso mayores que los de la propia estructura.

Probablemente en un futuro no tan lejano, debido al crecimiento que está teniendo la infraestructura ferroviaria en estas zonas y la inversión que se está generando por parte del gobierno federal para el Corredor Transistmico, puede que resulte en la construcción de una nueva vía paralela a esta como lo está sucediendo en otros tramos ferroviarios, por lo que pudiera volverse viable una sustitución en ese supuesto, ya que se contaría con otra alternativa de paso y no se cerraría la operación únicamente se reduciría

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Basado en los resultados de la inspección se concluye que el puente presenta una condición regular, puesto que presentan deterioros, pero estos no se consideran problemas graves ya que se pueden resolverse con trabajos de mantenimiento y reparación, lo que permitirá a la estructura seguir operando de forma adecuada. Para resolver la situación del deterioro, se consideran las siguientes actividades con el fin de mantener o devolver al puente a un estado de servicio adecuado:

1. Sustituir los remaches que presenten alto grado de corrosión, que se encuentren descabezados o corridos por tornillos de alta resistencia o reparados con soldadura de tipo tapón.
2. Reparación del patín inferior de la pieza puente extrema del tramo 3-4 ubicada sobre la pila No. 4.
3. Aplicación de un sistema de protección anticorrosiva en las zonas a reforzar y/o restaurar, así como en aquellas áreas en que el sistema de protección existente muestra deterioro.
4. Restitución de los elementos de la cuerda inferior en las zonas que presentan óxido con pérdida de sección ubicadas en la unión de la placa de conexión con la cuerda inferior.
5. Aplicación de resina epóxica Atlas Steel Rebuilt 100S para resanar los elementos metálicos que presenta corrosión y/o pérdida de sección.

Como ya se mencionó la estructura presenta un grado de incertidumbre respecto a su estructuración bastante grande, por consecuencia de que en ella se realizaron diversos trabajos de modernización y reforzamiento en donde se contemplaron

tanto modificaciones en las conexiones y forma de trabajar del puente, como son el cambio de secciones y la sustitución de elementos. Por estos motivos se consideró que sería muy útil y de gran valor realizar la validación del modelo matemático que se utilizó para la evaluación estructural. Esta validación se llevó a cabo siguiendo los ejemplos para el refinamiento de modelos analíticos de Felber (1993), así como la aplicación práctica realizada por Ortiz y Otros (2010), en donde utilizando las formas modales y los periodos naturales de vibración de los modos más bajos del puente obtenidos con la prueba de carga dinámica mediante la instrumentación del puente considerando una condición de carga ambiental, para después compararlos con las formas modales y periodos naturales obtenidos del modelo analítico, de lo cual se concluyó que el modelo tridimensional es válido y aceptable, debido a la razonable concordancia encontrada entre los valores numéricos calculados y los de las pruebas experimentales, puesto que como se expuso en el apartado correspondiente a la calibración del modelo de encontrarse algún daño relevante no previsto o alguna diferencia importante en cuanto a las características geométricas y mecánicas de los elementos, no se lograría tener una adecuada correlación entre los resultados de las características dinámicas medidas en campo y las determinadas analíticamente, lo cual da certeza a que la evaluación estructural representan el comportamiento real de la estructura en su condición de servicio actual.

Después de haber desarrollado la metodología propuesta para la calibración del modelo, se puede mencionar que el uso de técnicas para la calibración o refinamiento de modelos matemáticos como la empleada en este trabajo son de gran valor, dado que en muchas ocasiones las suposiciones respecto los materiales, las secciones o los deterioros, no son del todo correctas, ya que están sujetas a las condiciones de accesibilidad y los equipos usados para recopilar la información de campo, como es el caso de este puente en cuestión, donde el personal no tenía la posibilidad de conocer totalmente las secciones completas de la estructura visto que estas estaban cerradas por los reforzamientos, lo que obligo a suponer que las

secciones eran las descritas en la información recopilada de los planos originales adicionadas a las placas del reforzamiento sin tener forma de corroborar físicamente si aun existían las secciones originales o si estas se cambiaron desde su construcción. Por último, cabe resaltar que, aunque un modelo siempre va a ser una aproximación más o menos exacta es necesario e imprescindible realizarlos ya que es la única forma de fundamentar una toma de decisiones en cuanto a las acciones a realizar en una estructura, por lo que el darles una mayor seguridad y certeza a los resultados obtenidos, se vuelve sumamente importante puesto que una mala decisión siempre se puede traducir en pérdidas económicas o en comprometer la seguridad de los usuarios.

Respecto a la revisión estructural, se determinó que existen elementos los cuales sobrepasan los esfuerzos permisibles cuando se contemplan los criterios y cargas previstas en la normatividad. Cabe señalar que este sobreesforzamiento no quiere decir que la estructura se encuentre en una condición de falla, únicamente nos indica que el factor de seguridad que posee la estructura es menor al recomendado por la normatividad, aunque de igual forma por este motivo resulta indispensable realizar acciones que nos permitan tener una estructura con un nivel de seguridad adecuado. Para este caso en particular y tomando en cuenta que la estructura no se encuentra en una condición crítica, se consideró adecuado realizar un reforzamiento del puente, puesto que la estructura no tiene un nivel de deterioro que justifique sustituirla, además de que el costo de esta última opción es mucho mayor al de la reparación, ya que también se deben considerar las pérdidas causadas por el cierre de la vía, siendo que una reparación se puede realizar en los intervalos entre el paso de los vehículos o con un cierre en un periodo relativamente pequeño.

Como es sabido el tema del refuerzo estructural en puentes es muy amplio y variado, ya que las soluciones están en función del conocimiento e imaginación de los ingenieros por lo que podemos decir que son innumerables, aunque muchas de estas soluciones se han generalizado por motivos como practicidad o por su correcto desempeño en otros puentes. Para nuestro caso como propuesta de

reforzamiento, se consideró la adición de placas a los elementos que conforman a la cuerda superior, montantes extremos, contraventeo superior y piezas puente, los cuales se encuentran sobreforzados. Esta decisión se tomó debido a que este tipo de reforzamiento resulta ser muy práctico, ya que no se requiere de una mano de obra especializada, además de que se pueden realizar los reforzamientos en varias etapas permitiendo realizar este dentro de los intervalos de paso de la carga viva además de que estos trabajos se pueden realizar rápidamente en comparación a otras soluciones. Cabe señalar que el tipo de reforzamiento propuesto no es viable en todos los casos sobre todo en aquellas situaciones donde se requiere aumentar bastante la capacidad de carga de la estructura, lo cual no es el caso de este puente en donde el sobreforzamiento encontrado en los elementos se puede absorber perfectamente con ligeros reforzamientos en las secciones, adicionalmente una vez realizada la evaluación estructural del reforzamiento propuesto, se determinó que estos elementos se comportan adecuadamente bajo las acciones de las cargas que se consideran en la normatividad aplicable considerando las reparaciones previstas anteriormente, por lo que se puede concluir que esta solución es viable y se apega muy bien a las necesidades de este proyecto.

Adicionalmente desde el punto de vista económico la alternativa de reforzamiento resulta ser también la opción más viable, ya que después de evaluar otras opciones como el reparar la estructura sin reforzamiento y el sustituir la estructura por otra, no resultaron convenientes, dado que la primera no garantiza los niveles de seguridad mínimos que indica la normatividad lo cual supone un riesgo latente para el puente, que si bien no se encuentra en mal estado, puede verse comprometido ante algún evento extraordinario o el paso de una carga con sobrepeso, provocando un probable cierre de la operación de la vía y trayendo consigo un impacto económico con repercusiones de gran magnitud. Por otra parte el sustituir la estructura sin bien resulta viable técnicamente y garantiza un nivel de seguridad adecuado, la inversión que se requiere para lograrlo resulta ser mucho mayor a la de la alternativa seleccionada, ya que conlleva el cierre de la vía en algunas etapas

de la sustitución del puente lo cual encarece aun mas los costos de esta alternativa y siendo que los beneficios generados no sobrepasan a los del reforzamiento por lo menos a un mediano plazo, tampoco resulta conveniente esta alternativa, siendo entonces el reforzamiento la alternativa técnica y económicamente mas viable.

Por último, como ya se ha mencionado una de las finalidades de realizar los trabajos de reparación y reforzamiento es devolver la estructura a un estado físico aceptable y elevar el factor de seguridad de la estructura a un nivel mínimo necesario, por estos motivos es importante que las soluciones propuestas sean viables y estén sustentadas. Para el caso de este proyecto se consideran adecuados los trabajos propuestos, dado que la evaluación de la capacidad de carga, así como el reforzamiento propuesto se encuentran sustentados por la normatividad vigente y las reparaciones que se propusieron están basados en las recomendaciones de la SCT, por lo que se garantiza la seguridad de la estructura con la correcta ejecución de estos trabajos.

FUENTES DE CONSULTA

- Casas, J. &. (2002). *Control de vibraciones en puentes. Un estado del arte y de la práctica*. (C. I. Ingeniería, Ed.) Barcelona, España: Monografías de Ingeniería Sísmica .
- CFE. (2008). *Manual de diseño de obras civiles*. México: Comisión Federal de Electricidad.
- Cooper, J., & Buckle , I. (1995). *Lesson from the Kobe Earthquake* (Vol. 59). (U. D. Transportation, Ed.) Federl Highway Administration .
- Cuevas, O. G. (2002). *Análisis Estructural*. Ciudad de México: Limusa.
- Dueñas-Solórzano, F. P. (2020). *Evaluación Estructural de acuerdo con las Normas NEC Y FEMA de la Estación de Bomberos del Cantón Jama Provincia de Manabí, Ecuador*. Portoviejo, Ecuador.
- Felber, A. J. (1993). *Devolpment of a Hybrid Bridge Evaluation System*. British Columbia: The University of British Columbia.
- Flesch, R., & Kernbichler, K. (1990). *Dynamic method for the safety inspection of large prestressed bridges*.
- Garrido, J. A. (2020). Criterio de Diseño.
- Gómez R., M. D. (2001). *Evaluación sísmica de un puente con la superestructura sobre apoyos disipadores de energía*. Madrid, España: Memorias del Segundo Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica .
- Grattasat, G. (1983). Vida útil de Puentes. *Informes de la construcción*.
- Gutiérrez, A. (2019 de abril de 04). *CONSTRUCCIÓN EN ACERO*. Recuperado el 20 de febrero de 2021, de N° 42: Conceptos presentes en el proyecto, la fabricación y el montaje de estructuras de acero: <http://www.construccionenacero.com/blog/no-42-conceptos-presentes-en-el-proyecto-la-fabricacion-y-el-montaje-de-estructuras-de-acero>
- IMT. (2001). *Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares* (2001 ed.). (I. M. Transporte, Ed.) México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Jara, D. M. (2006). Algunas Deficiencias de Puentes Sísmicamente Vulnerables. *XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*. Jalisco: Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.
- Meli, E. B. (1996). *Diseño sísmico de edificios*. México: Limusa Noriega.
- Meli, R. (2011). *Diseño Estructural*. Mexico: Limusa Noriega.

- Moehle, J. P. (2003). *Earthquake damage to bridges*. W.-F.Chen and L. Duan .
- Munguía, A., & Ventura, P. (30 de Julio de 2019). Corredor Transístmico elevará 11 veces el transporte de carga en la región. *El Financiero*.
- Nunilo, G. (2018). *Building Conservation* (Vol. Volumen II). Editorial Area of Innovation and Development Area. Obtenido de books.google.co.ve ›books
- Nyffenegger, P. (1997). *Earthquake Basics* . USA: University of Texas Institute For Geophysics .
- O.C.D.E. (1981). *Bridge Maintenance*. París: Informe preparado por un Grupo de Investigación de Carreteras de la O.C.D.E.
- ONCCE. (2008). Industria de la construcción - concreto - extracción y preparación de especímenes cilíndricos o prismáticos de concreto hidráulico endurecido.
- Ortiz, O., Patrón, A., Reyes, E., Robles, V., Ruiz Sandoval, M. E., & Cremona, C. (2010). Evaluación de la capacidad de carga del puente Antonio Dovalí Jaime, mediante el uso de pruebas de carga estática y dinámicas. *Concreto y Cemento investigación y desarrollo*.
- Priestley, M. J. (1996). *Seismic design and retrofit of bridges* . John Wiley and Sons, Inc. .
- Sánchez, A. S. (1996). Tipología de Daños en Puentes. *Inspección, Mantenimiento y Rehabilitación de Puentes* (pág. 19). México: UNAM.
- Schnerch, S., Dawood, M., Rizkalla, S., & Summer, E. (2007). Proposed design guidelines for strengtheing of steel bridges wit FRP materials. *Construction and building materials*.
- SCT. (2014). *Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México*. Ciudad de México: SCT.
- SCT. (2018). *Manual de Inspección de Puentes y Estructuras Similares*. Ciudad de México: Dirección General de Servicios Técnicos.
- SCT. (2018). *Manual Para Conservación De Puentes Y Estructuras Similares*. Ciudad de México: Dirección General de Servicios Técnicos.
- Tokuno, M., & Kanazawa-shi, I.-k. (2009). *Francia Patente nº EP 1 396 582 B1*.

ANEXOS

A.1. Planos originales de proyecto

A.2. Planos de levantamiento de campo

A.3. Reporte Fotográfico

A.4. Reporte de Inspección

A.5. Resultados de Extracción de Corazones, y Extracción de Probetas de Acero

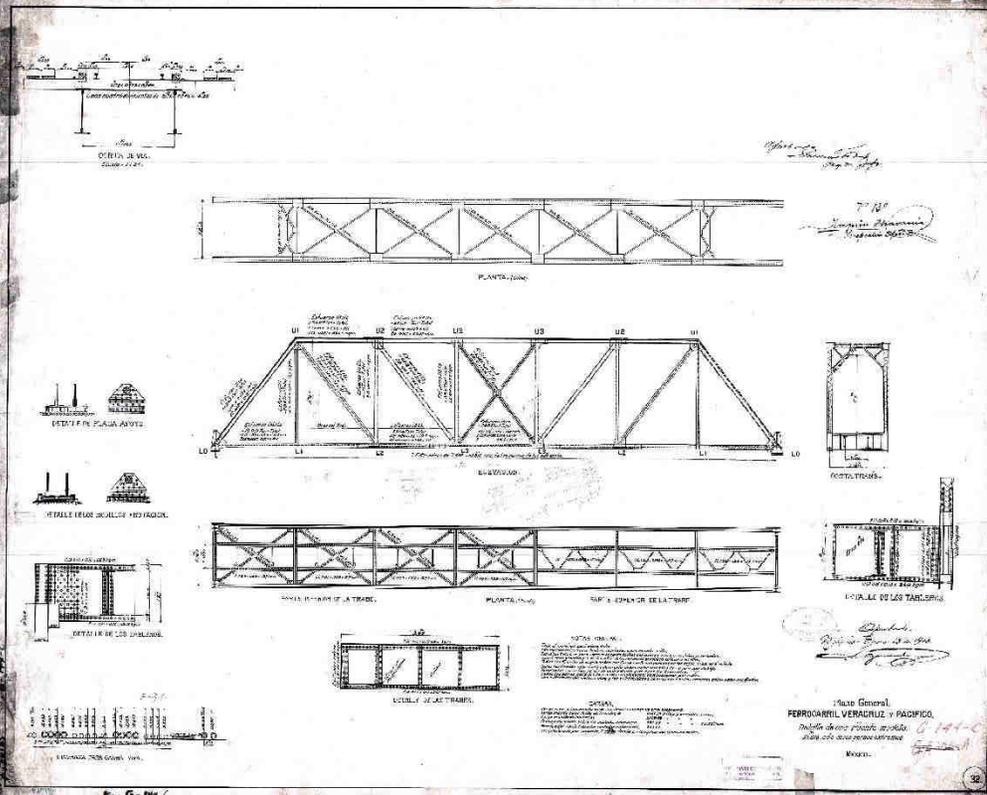
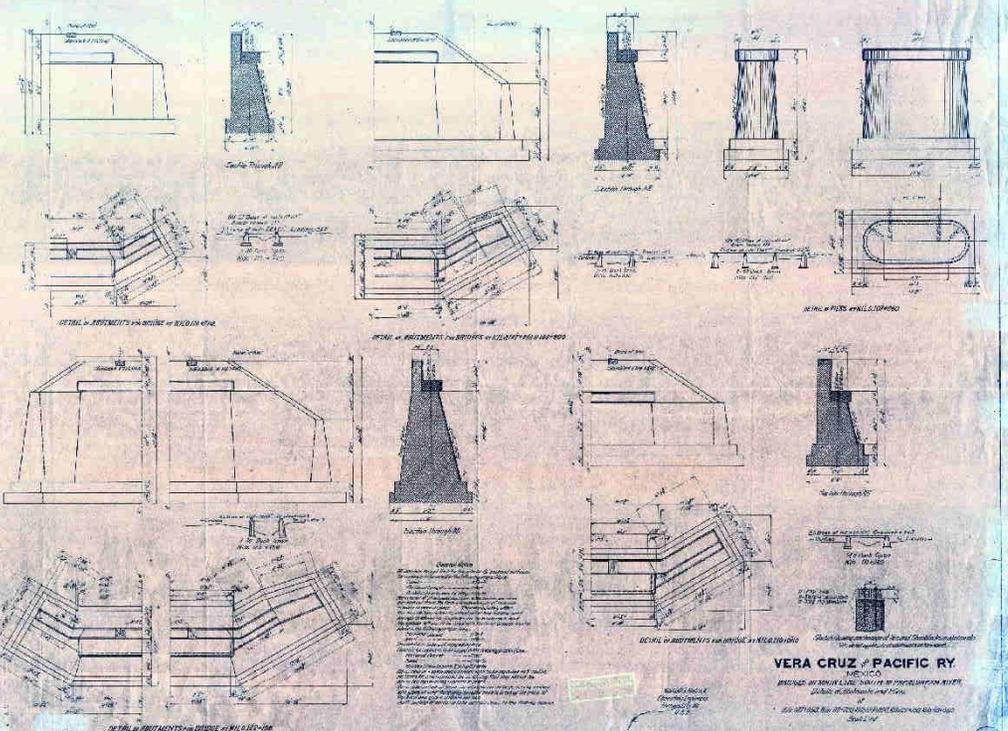
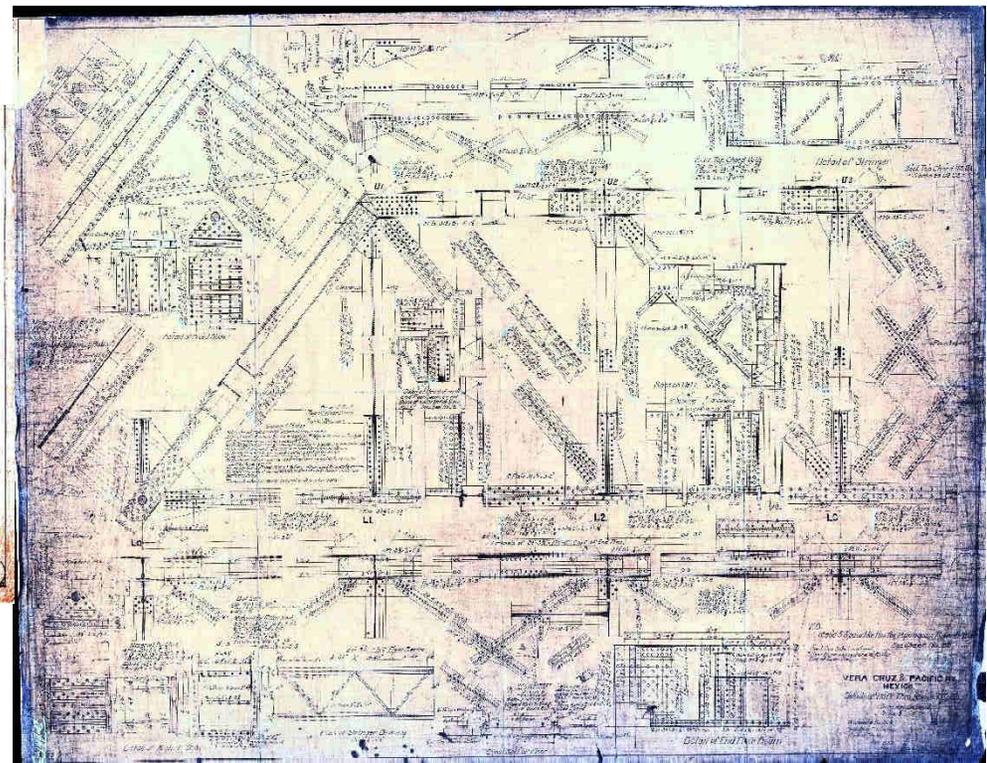
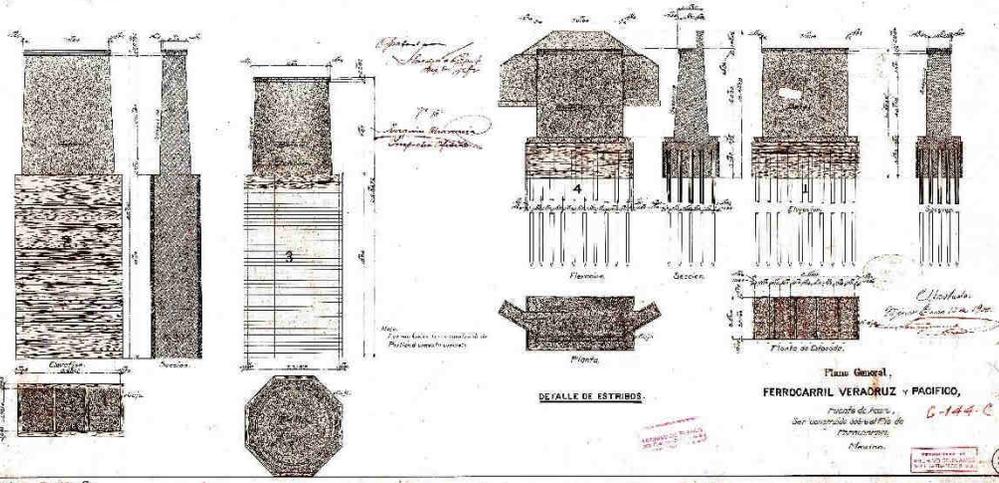
A.6. Reporte de estudio de Geofísica

A.7. Reporte de vibración ambiental

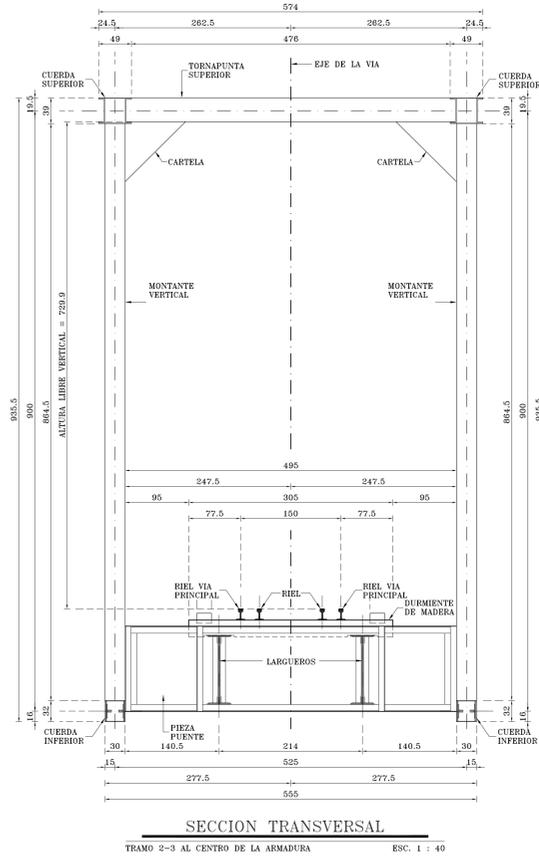
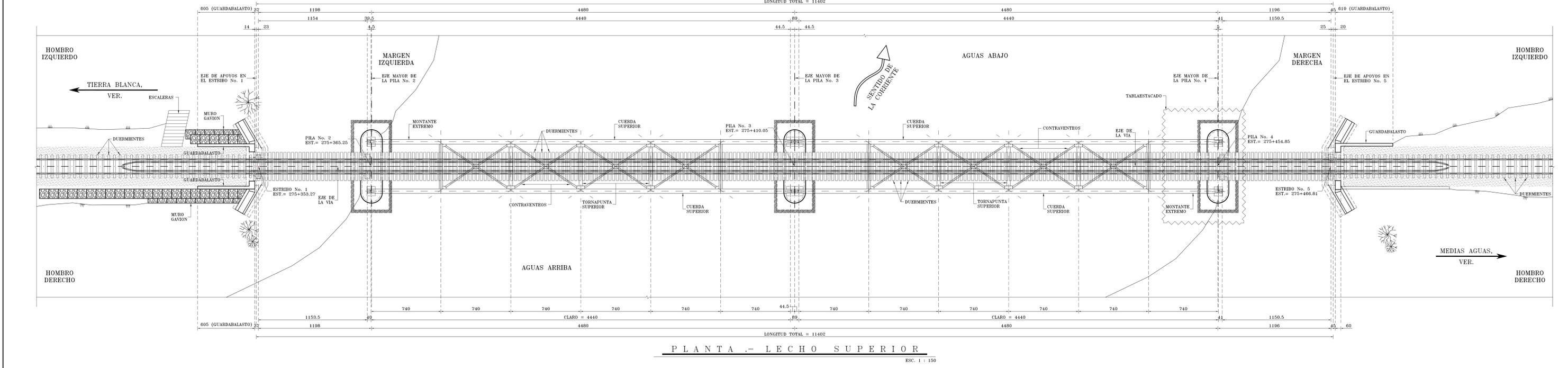
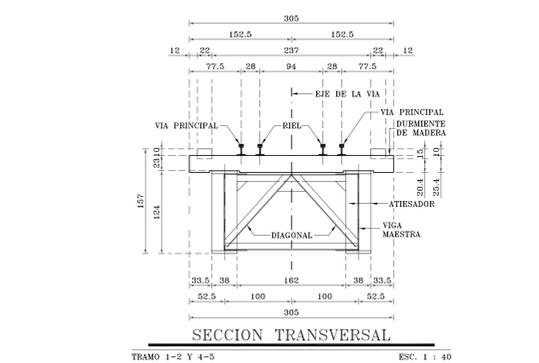
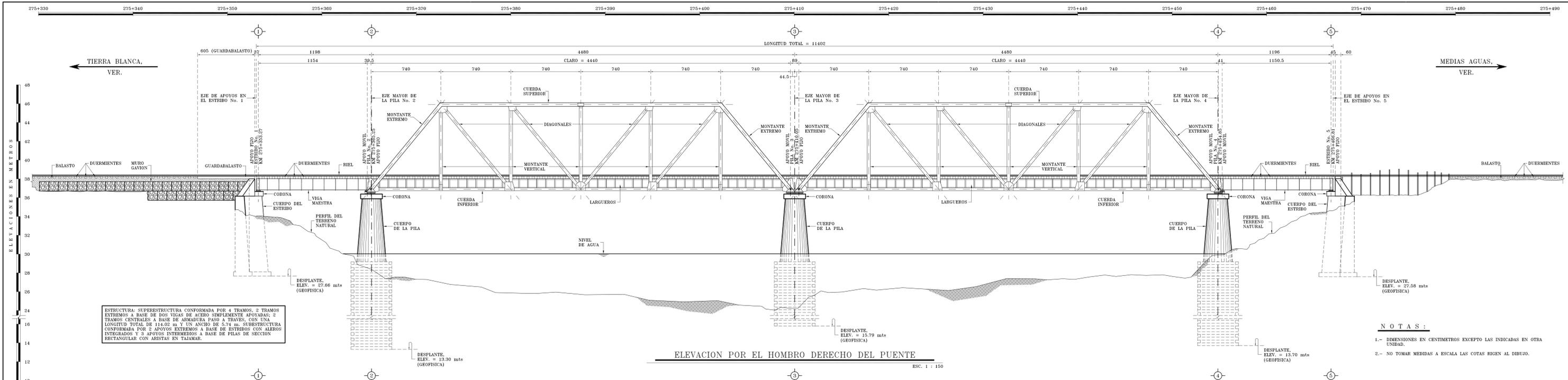
A.8. Reporte de elementos mecánicos de STAAD.pro para la condición actual

A.9. Proyecto de reparación

Anexo A.1 Planos originales de proyecto



Anexo A.2. Planos de levantamiento de campo



PROYECTO
PUENTE FERROVIARIO "LA LANA"
T. BLANCA - MEDIAS AGUAS

TITULO DEL PLANO
PLANO GENERAL
LEVANTAMIENTO GEOMETRICO:
(I DE 9)

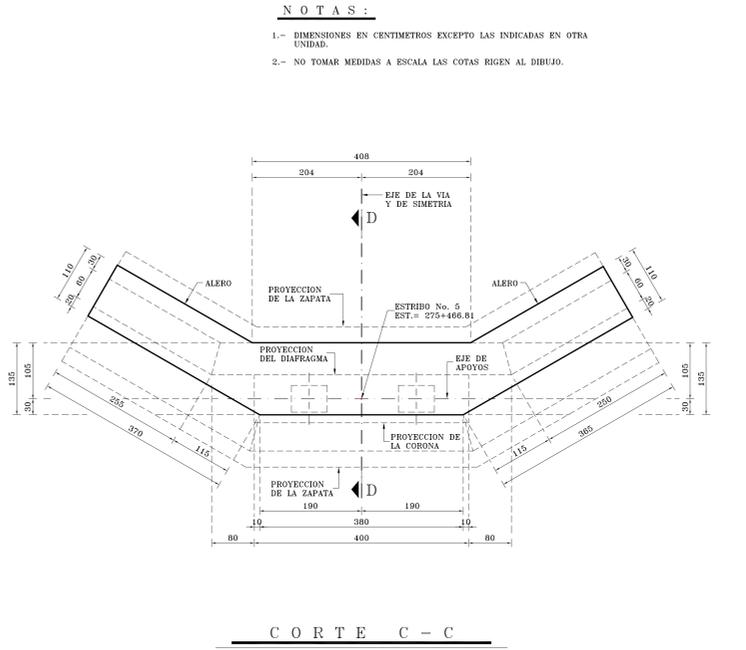
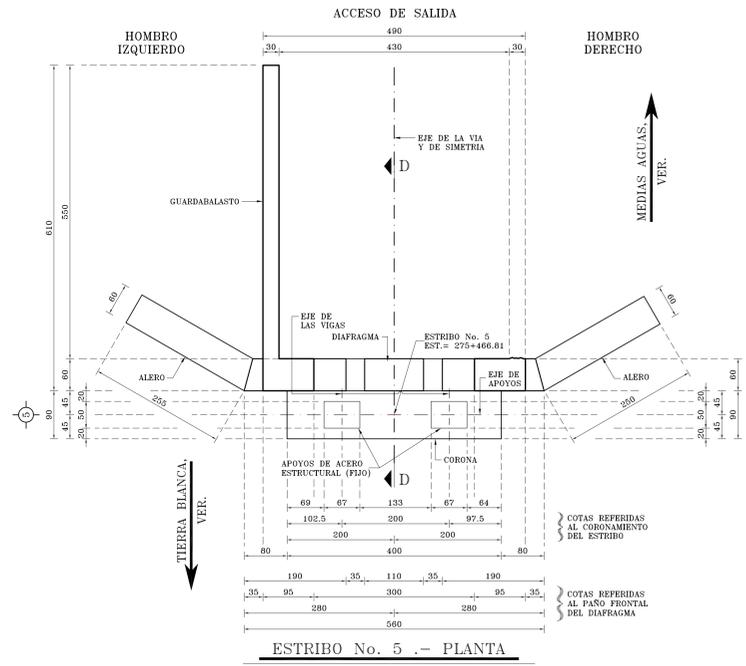
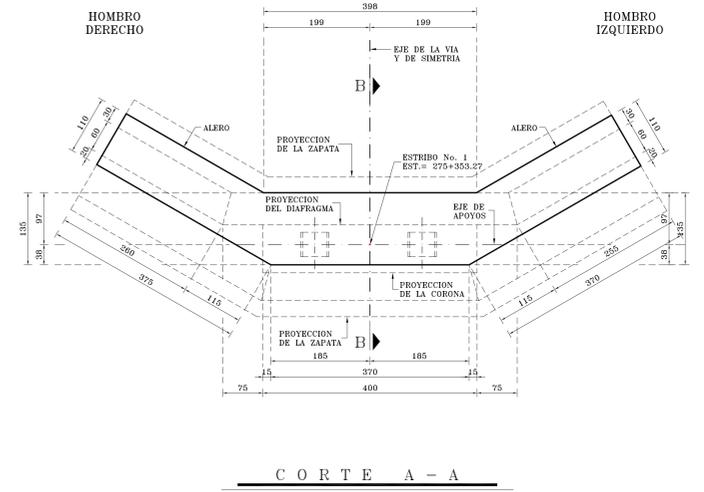
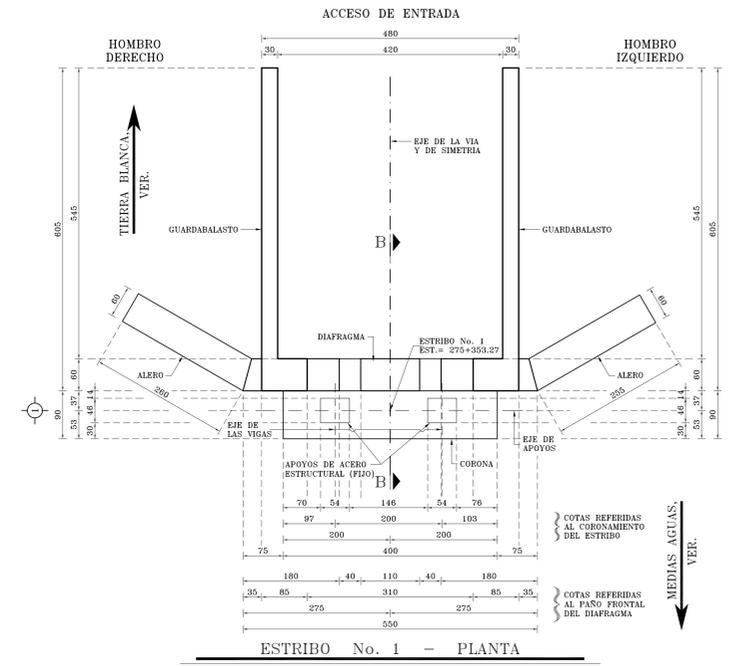
UBICACION
LINEA "C" PUENTE "LA LANA"
TRAMO: T. BLANCA - MEDIAS AGUAS
KM. 0-275+420

PLANO No.
1/9

ESC. INDICADA

FECHA
MAYO 2021

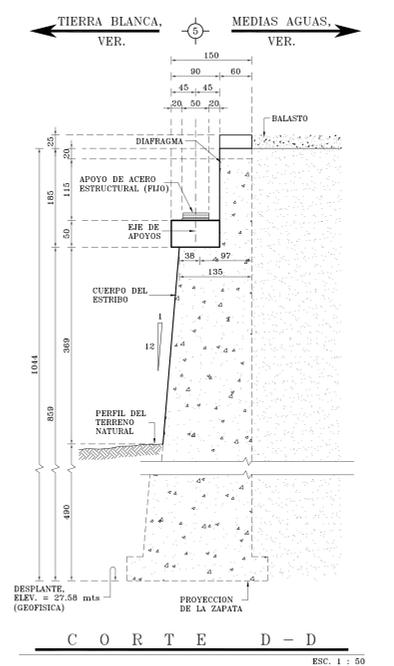
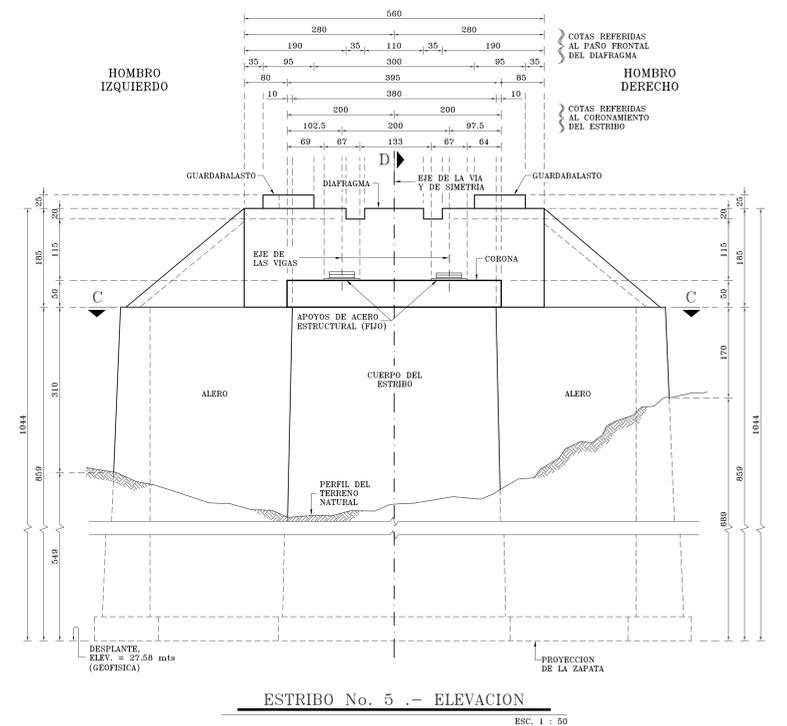
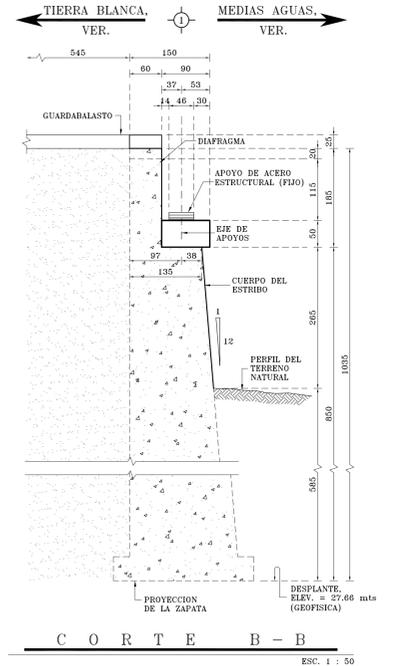
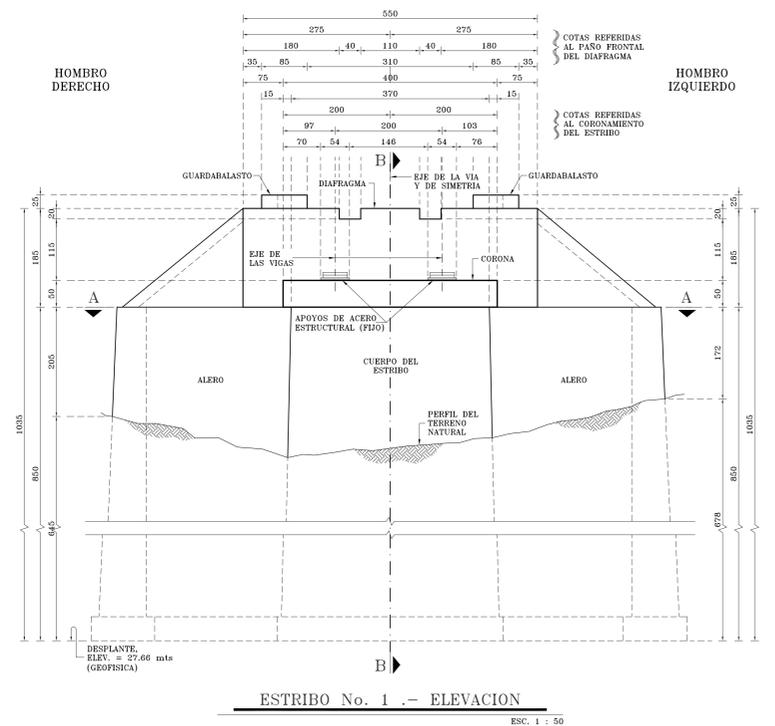
REV.



NOTAS:

1.- DIMENSIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.

2.- NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.



PROYECTO PUENTE FERROVIARIO "LA LANA" T. BLANCA - MEDIAS AGUAS		
TITULO DEL PLANO ESTRIBO No. 1 Y No. 5 LEVANTAMIENTO GEOMETRICO: (Z. DE G.)		
UBICACION LINA "C" PUENTE "LA LANA" TRAMO: T. BLANCA - MEDIAS AGUAS KM. G-275+420		
PLANO No. 2/9		
ESC. INDICADA	FECHA MAYO 2021	REV. △

Anexo A.3. Reporte Fotográfico

**INFORME FOTOGRAFICO
PUENTE RÍO LA LANA
KM 275+420 DE LA LÍNEA “G”**



FOTO No. 01

Vista panorámica desde aguas arriba de la armadura paso a traves de ferrocarril "Río La Lana km 275+420 de la línea "G"



FOTO No. 02

Vista panorámica desde aguas abajo de la armadura paso a traves de ferrocarril "Río La Lana km 275+420 de la línea "G"



FOTO No. 03

Vista panorámica del cauce aguas arriba



FOTO No. 04

Vista panorámica del cauce aguas abajo



FOTO No. 05

Vista panorámica de la armadura de paso a través en tramo 2-3, conformada por sus elementos estructurales que son: Cuerda inferior, cuerda superior, pieza puente, viga larguero, motante extremo, montante vertical, diagonal, contraventeos inferior y superior, portal de entrada y salida, tornapunta superior así como sus nodos de conexión.

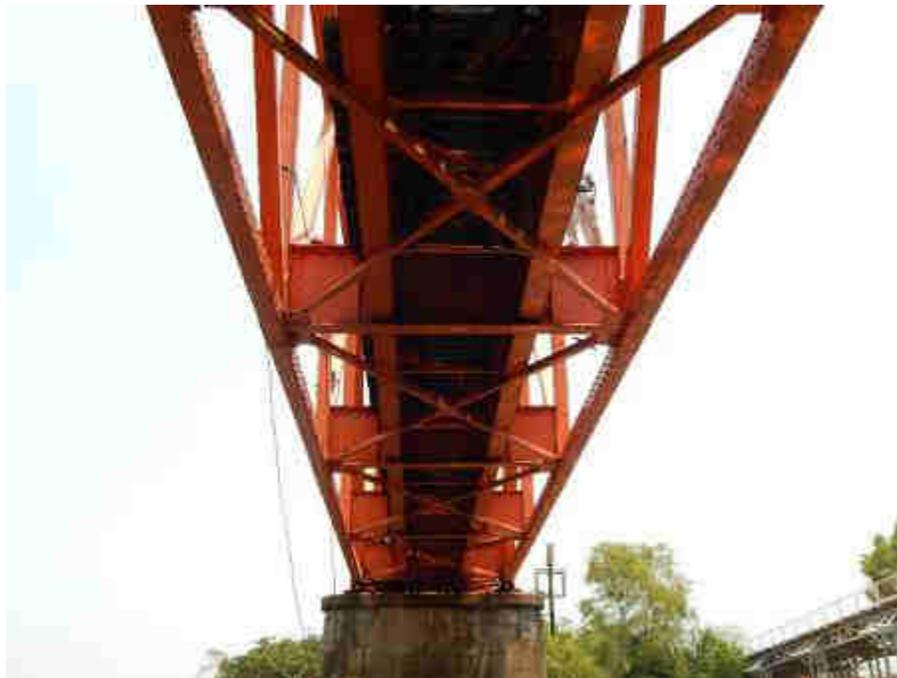


FOTO No. 06

Vista inferior de la estructura, el cual muestra en los extremos la cuerda inferior izquierda y derecha, la cual tiene un reforzamiento a base de placas en el lecho inferior y superior.



FOTO No. 07

Vista del patín superior de la pieza puente intermedia, el cual se observa el reforzamiento con otra placa a todo lo largo y en todas las piezas intermedias, la unión de estas dos piezas no se aprecia algún daño relevante.



FOTO No. 08

La placa de reforzamiento del patín superior en las piezas puente intermedias el lecho superior presenta oxidación y pérdida de material, así como la falta de recubrimiento de pintura, problema generalizado en toda la estructura en una condición de ligera a moderado.



FOTO No. 09

Pieza puente extrema en apoyo No. 4, en el patín inferior presenta una fractura.



FOTO No. 10

Detalle de la fractura en el patín inferior, de la pieza puente. Tanto en el ángulo como la placa de refuerzo.



FOTO No. 11

Vista general de un tramo de las 2 vigas largueros (tipo) para los tramos 2-3 y 3-4.



FOTO No. 12

Vista exterior de la viga larguero (tipo) el alma como los atiesadores no se aprecia daño relevante, a todo lo largo de la estructura.

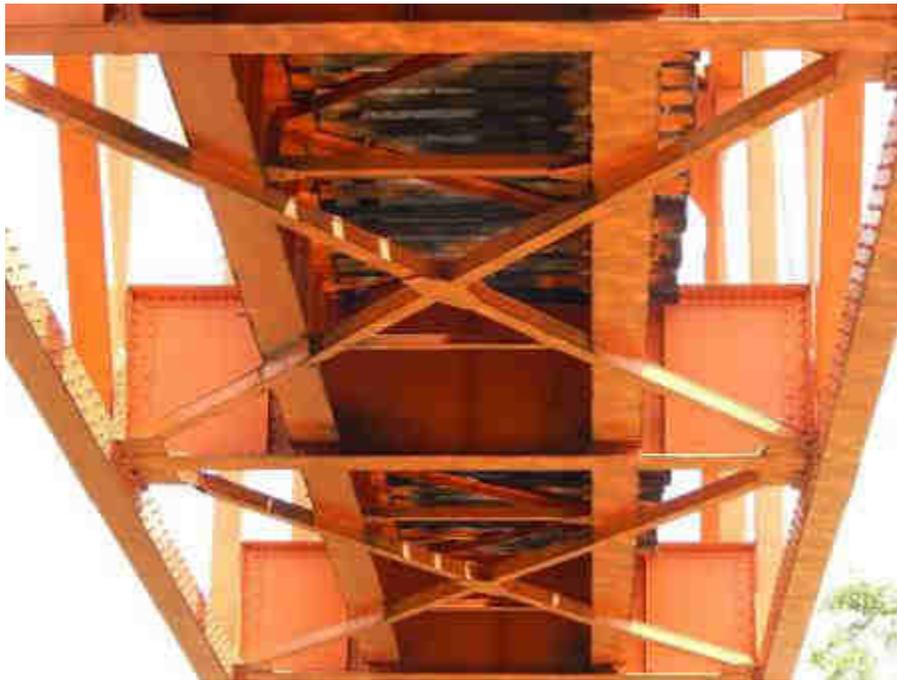


FOTO No. 13

Vista del contraventeo inferior (tipo), presenta oxidación, pérdida de sección dentro y fuera de los perfiles que lo conforman y su condición ligera a moderada, problema generalizado en toda la estructura, tramo 2-3 y 3-4.

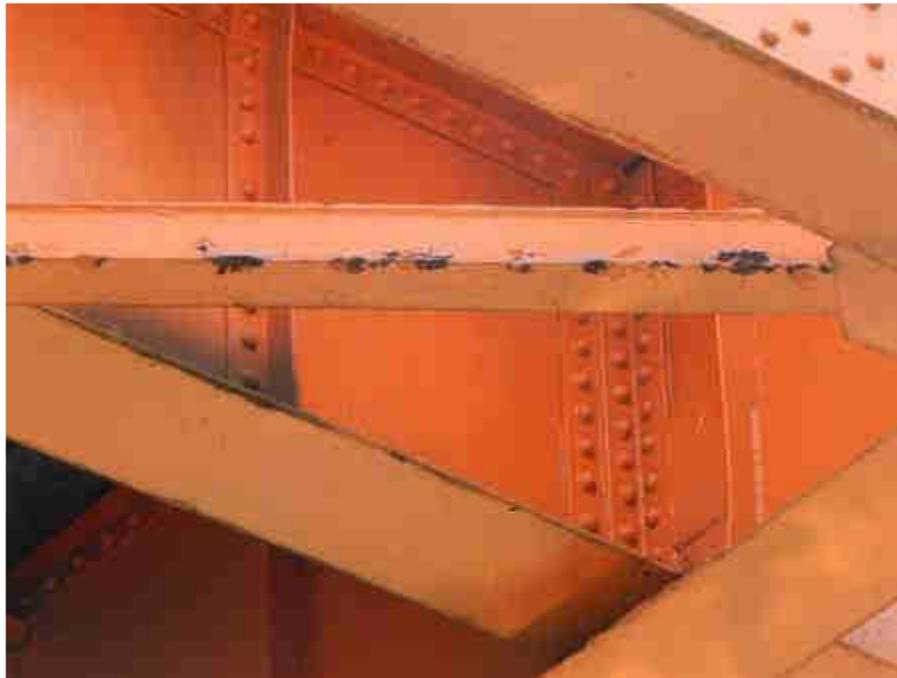


FOTO No. 14

Vista del contraventeo inferior que en algunas zonas presenta ligera oxidación en el exterior, problema que se presenta a todo lo largo de la estructura.



FOTO No. 15

Los perfiles de los contraventeos inferiores presentan rupturas en la conexión, probablemente por la fatiga del elemento, problema en la conexión en placa base de la pieza puente intermedia.



FOTO No. 16

El perfil del contraventeo inferior presenta oxidación y pérdida de sección, en una condición de ligera a moderada, problema generalizado en cada conexión en placa base. En la estructura del tramo 2-3 y 3-4.



FOTO No. 17

Vista inferior del contraventeo inferior, los perfiles están soldados a los patines inferiores de la viga larguero, el cual no es correcto estructuralmente.



FOTO No. 18

Vista de la placa de conexión entre contraventeos, presenta oxidación, pérdida de sección y su condición ligera a moderada, problema generalizado en toda la estructura, tramo 2-3 y 3-4.

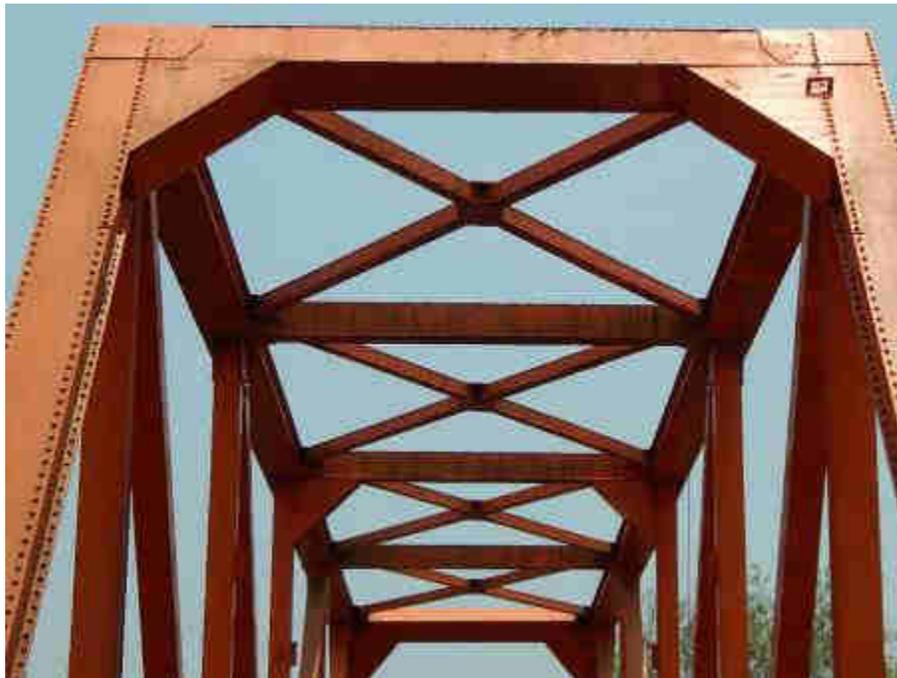


FOTO No. 19

Vista general del contraventeo superior adosado a la cuerda superior, en tramo 2-3 y 3-4.



FOTO No. 20

Detalle del perfil del contraventeo superior, en algunas zonas presenta oxidación y pérdida de material en las aristas, reduciendo el área de soldadura de las placas que lo conforman.



FOTO No. 21

Dispositivo de apoyo en pila No. 2 hombro izquierdo, con corrosión en la placa superior.



FOTO No. 22

Detalle de la fractura sobre la base de la placa de asiento del dispositivo de apoyo hombro derecho.



FOTO No. 23

Tramo 4-5 Superestructura conformada por dos vigas de acero apoyadas simplemente, contraventeos en el sentido horizontal y vertical.



FOTO No. 24

Vista panorámica del estribo No. 1.



FOTO No. 25

Vista panorámica de la pila No. 2 con dirección a Medias Aguas (destino).



FOTO No. 26

Vista panorámica de la pila No. 3 con dirección a Medias Aguas (destino).



FOTO No. 27

Vista panorámica de la pila No. 4 con dirección a Tierra Blanca (origen).



FOTO No. 28

Vista panorámica del estribo No. 5.

Anexo A.4. Reporte de Inspección

FORMATO DE INSPECCION VISUAL

FECHA: Mayo / 2021

1. DATOS GENERALES

RESPONSABLE DEL PUENTE (001)	FERROSUR- FERROMEX		
NOMBRE DEL PUENTE (002)	PUENTE "RIO LA LANA"	KM: G 275+420	
NUMERO DE PUENTE (003)	S/N	ESTADO (004)	VERACRUZ
MUNICIPIO (005)	SAN JUAN EVANGELISTA	LOCALIDAD (006)	BELLACO

2. CONDICION GENERAL DEL PUENTE

HUNDIMIENTO (004)	<u>4.-No se aprecia</u>	
DESPLOME (005)	<u>4.-No se aprecia</u>	1.-Ligero
SOCAVACION (006)	<u>2.-Moderado</u>	2.-Moderado
FLECHAS (007)	<u>4.-No se aprecia</u>	3.-Grave
CORROSION (008)	<u>2.-Moderado</u>	4.-No se aprecia
OTRO (Especificar) (009)	_____	5.- No aplica
CAUCE DEL RIO (010) <u>4.-Sin Obstrucción</u>		
	1.-Obstruido Ligeramente	
	2.-Obstruido Moderadamente	
	3.-Obstruido Gravemente	
	4.-Sin Obstrucción	
	5.- No aplica	
SEÑALAMIENTO QUE INDIQUE GALIBOS (011)		
	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
SEÑALAMIENTO DE SEGURIDAD (012)		
	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
COMENTARIOS (013)		
<u>Los elementos que conforman el puente no presentan algun daño relevante o deformacion que ponga en riesgo el paso del ferrocarril, tiene ligeros daños ocasionados por el intemperismo y el clima que radica en la localidad.</u>		
<u>Los accesos presentan daños y reparaciones provisionales que deben de sustituirse por una estructura o solución definitiva.</u>		

FORMATO DE INSPECCION VISUAL

3. SUPERFICIE DE RODAMIENTO

CONDICION (014)	<u>1.-Buena</u>
	1.-Buena 2.-Regular 3.-Mala
ESPESOR DE LA CARPETA ACTUAL (015)	_____ (cm)
COMENTARIOS (016)	<u>Al tratarse de un puente de ferrocarril, se considera el riel y durmiente como la superficie de rodamiento</u> _____ _____

4. SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO

AGRIETAMIENTO EN ZONA DE APOYOS (GRIETAS DE CORTANTE) (017)	<u>5.- No aplica</u>
	1.-Ligero 2.-Moderado 3.-Grave 4.-No se aprecia 5.- No aplica
	Especificar Daños o Estado _____ _____ _____
AGRIETAMIENTO AL CENTRO DEL CLARO (GRIETAS DE FLEXION) (018)	<u>5.- No aplica</u>
	1.-Ligero 2.-Moderado 3.-Grave 4.-No se aprecia 5.- No aplica
	Especificar Daños o Estado _____ _____ _____
AGRIETAMIENTO EN LOSAS (019)	<u>5.- No aplica</u>
	1.-Ligero 2.-Moderado 3.-Grave 4.-No se aprecia 5.- No aplica
	Especificar Daños o Estado _____ _____ _____
AGRIETAMIENTO EN DIAFRAGMAS (020)	<u>5.- No aplica</u>
	1.-Ligero 2.-Moderado 3.-Grave 4.-No se aprecia 5.- No aplica
	Especificar Daños o Estado _____ _____ _____

FORMATO DE INSPECCION VISUAL

JUNTAS DE EXPANSION (021)	<u>5.-No aplica</u>	
1.-Buen Estado		
2.-Regular Estado		
3.-Mal Estado	Especificar Daños o Estado	_____
4.-No existen		_____
5.-No aplica		_____
DISPOSITIVOS DE APOYO (022)	<u>2.-Regular Estado</u>	
1.-Buen Estado		
2.-Regular Estado		
3.-Mal Estado	Especificar Daños o Estado	<u>Las placas que los conforman presentan</u>
4.-No existen		<u>oxidacion y perdida de sección, tornillos de fijación en mal estado</u>
5.-No aplica		<u>y pintura deteriorada. En armadura paso a traves. Tramo 2-3 y 3-4</u>
DAÑO POR IMPACTO VEHICULAR POR DEFICIENCIA EN GALIBO (023)	<u>5.- No aplica</u>	
1.-Ligero		
2.-Moderado		
3.-Grave	Especificar Daños o Estado	_____
4.-No se aprecia		_____
5.- No aplica		_____
DAÑO POR IMPACTO VEHICULAR EN GENERAL (024)	<u>5.- No aplica</u>	
1.-Ligero		
2.-Moderado		
3.-Grave	Especificar Daños o Estado	_____
4.-No se aprecia		_____
5.- No aplica		_____
DRENAJE (025)	<u>5.-No existe</u>	
1.-Buen Funcionamiento		
2.-Regular Funcionamiento	Especificar Daños o Estado	_____
3.-Mal Funcionamiento		_____
4.-No se aprecia		_____
5.-No existe		_____
DESCONCHAMIENTO EN LA SUPERESTRUCTURA (026)	<u>5.- No aplica</u>	
1.-Ligero		
2.-Moderado		
3.-Grave	Especificar Daños o Estado	_____
4.-No se aprecia		_____
5.- No aplica		_____
UBICACION DEL DESCONCHAMIENTO (027)	_____	
DIMENSION DEL DESCONCHAMIENTO (028)	_____ (cm)	
COMENTARIOS (029)	_____	

FORMATO DE INSPECCION VISUAL

5. SUBESTRUCTURA DE CONCRETO

AGRIETAMIENTO EN PILAS (030) 4.-No se aprecia

- 1.-Ligero
- 2.-Moderado
- 3.-Grave
- 4.-No se aprecia
- 5.- No aplica

Especificar Daños o Estado _____

AGRIETAMIENTO EN ESTRIBOS (031) 1.-Ligero

- 1.-Ligero
- 2.-Moderado
- 3.-Grave
- 4.-No se aprecia
- 5.- No aplica

Especificar Daños o Estado En cuerpo y diafragma hay fisuras de 0.3 mm a 0.35 mm en sentido vertical, en estribo 1 y 5

DESCONCHAMIENTO EN PILAS O ESTRIBOS (032) 1.-Ligero

- 1.-Ligero
- 2.-Moderado
- 3.-Grave
- 4.-No se aprecia
- 5.- No aplica

Especificar Daños o Estado los desconche no son de consideracion o que pongan en riesgo la estructura, son superficiales

COMENTARIOS (029) Las fisuras y descoches en los estribos como pilas no son de riesgo son superficiales pero hay que atenderlos, los daños en el estribo se localizan en el cuerpo de estribo, aleros y diafragma, en los apoyos intermedios (pilas) los daños se localizan sobre la corona principalmente en aristas, y lecho superior. Se pueden considerar el intemperismo el origen de los daños.

FORMATO DE INSPECCION VISUAL

6. PUENTES DE ACERO

	SUPERESTRUCTURA	SUBESTRUCTURA
PINTURA ANTICORROSIVA (034)	<u>1.-Adecuada</u>	(042) <u>5.- No aplica</u>
	Especificar Daños o Estado	
1.-Adecuada	_____	_____
2.-Faltante	_____	_____
3.-Defectuosa	_____	_____
4.-No se aprecia	_____	_____
5.- No aplica	_____	_____
CORROSION (035)	<u>2.-Moderado</u>	(043) <u>5.- No aplica</u>
	Especificar Daños o Estado	
1.-Ligero	_____	_____
2.-Moderado	<u>corrosion y perdida de sección</u>	_____
3.-Grave	<u>de los materiales en elementos</u>	_____
4.-No se aprecia	<u>que conforma el puente, piezas</u>	_____
5.- No aplica	<u>principales y secundarias</u>	_____
ELEMENTOS ROTOS (036)	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	(044) SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
ELEMENTOS FALTANTES (037)	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	(045) SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
ELEMENTOS DEFORMADOS (038)	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	(046) SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
DAÑO EN SOLDADURAS (039)	<u>1.-Ligero</u>	(047) _____
	Especificar Daños o Estado	
1.-Ligero	_____	_____
2.-Moderado	<u>existe oxido y corrosion cercanas</u>	_____
3.-Grave	<u>a las soldaduras de los elementos</u>	_____
4.-No se aprecia	_____	_____
5.- No aplica	_____	_____
DAÑO EN PERNOS O REMACHES (040)	<u>1.-Ligero</u>	(048) _____
	Especificar Daños o Estado	
1.-Ligero	_____	_____
2.-Moderado	_____	_____
3.-Grave	_____	_____
4.-No se aprecia	_____	_____
5.- No aplica	_____	_____
<p>COMENTARIO GENERAL DE LA SUPERESTRUCTURA (041) <u>la estructura no presenta algun daño relevante que ponga en riesgo, si hay elementos importantes como secundarios que requieren de un mantenimiento, reparación o cambio de perfiles, ya que presentan oxidación, perdida de sección y falta de un recubrimiento anticorrosivo.</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		
<p>COMENTARIO GENERAL DE LA SUBESTRUCTURA (049) <u>Se encuentra en buenas condiciones solo hay que atender los ligeros daños que presentan, fisuras, grietas y desconches, asi como atender los daños que presentan los accesos.</u></p> <p><u>el apoyo No. 4 tiene una protección perimetral con tablaestacado, el cual presenta oxidación moderada que debe monitoriarse ya que protege de una posible socavación debido al sentido del cause.</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		

FORMATO DE INSPECCION VISUAL

7. PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO

SUPERESTRUCTURA		
DUCTOS O CABLES EXPUESTOS (050)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
ANCLAJES DE PREESFUERZO SUELTOS (051)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
CABLES ROTOS (052)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
VAINAS O FUNDAS ROTAS (053)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
CORROSION EN CABLES (054)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
COMENTARIO GENERAL DE LA SUPERESTRUCTURA (055)		_____
_____		_____
_____		_____
SUBESTRUCTURA		
	No aplica	
DUCTOS O CABLES EXPUESTOS (056)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
ANCLAJES DE PREESFUERZO SUELTOS (057)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
CABLES ROTOS (058)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
VAINAS O FUNDAS ROTAS (059)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
CORROSION EN CABLES (060)		Especificar Daños o Estado
SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	_____
_____		_____
COMENTARIO GENERAL DE LA SUPERESTRUCTURA (061)		_____
_____		_____
_____		_____
_____		_____
_____		_____

FORMATO DE INSPECCION VISUAL

8. CALIFICACION GENERAL DEL PUENTE

SOCAVACION (062)	<u>3. Condición Aceptable</u>	<u>3</u>
CIMENTACION (063)	<u>3. Condición Aceptable</u>	<u>3</u>
APOYOS (064)	<u>3. Condición Aceptable</u>	<u>3</u>
PILAS (065)	<u>3. Condición Aceptable</u>	<u>3</u>
SISTEMA DE PISO (LOSAS) (066)	<u>4. Condición Buena</u>	<u>4</u>
ARAMADURA Y VIGAS (067)	<u>2. Condición Regular</u>	<u>2</u>
DISPOSITIVOS DE APOYO (068)	<u>2. Condición Regular</u>	<u>2</u>
TOTAL =		<u>2</u>

5. Condición Excelente	
4. Condición Buena	
3. Condición Aceptable	
2. Condición Regular	
1. Condición Mala o Defectuosa	
0. Condición de Falla	
No existen	

9. RECOMENDACIONES GENERALES

INSPECCIONES (069)	<u>3.-Inspección Detallada a Mediano Plazo (Máximo 12 Meses)</u>
	1.-Evaluación Visual a Corto Plazo (Máximo 6 meses) 2.- Inspección Preliminar a Corto Plazo (Máximo 6 Meses) 3.-Inspección Detallada a Mediano Plazo (Máximo 12 Meses) 4.-Otro (Especificar) _____ _____
SUPERFICIE DE RODAMIENTO (070)	<u>2.-Evaluación a Mediano Plazo (Máximo 2 años)</u>
	1.-Evaluación a Corto Plazo (Máximo 12 meses) 2.-Evaluación a Mediano Plazo (Máximo 2 años) 3.-Evaluación a Largo Plazo (Máximo 3 años) 4.-Otro (Especificar) _____ _____

FORMATO DE INSPECCION VISUAL

SUPERESTRUCTURA (071)	<u>2.-Mantenimiento Mayor</u>	1.-Mantenimiento Menor
_____	_____	2.-Mantenimiento Mayor
_____	_____	3.-Reparación
_____	_____	4.-Sustitución
SUBESTRUCTURA (072)	<u>1.-Mantenimiento Menor</u>	5.-Pruebas Especiales
_____	_____	6.-Otro (Especificar)
_____	_____	
COMENTARIOS (073)		

Anexo A.5. Resultados de Extracción de Corazones, y Extracción de Probetas de Acero

**PRUEBAS DE
TENSIÓN Y QUÍMICAS
EN ACERO DEL
PUENTE “RÍO LA LANA”
KM G-275+420**

Para determinar que el acero tenga las propiedades físicas y químicas que requiere actualmente el proyecto se realizaron dos pruebas: una de tensión para medir la resistencia del acero y una química para determinar la composición que forma la aleación del acero.

PRUEBA DE TENSIÓN

La prueba de tensión sirve para medir la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Esta prueba consiste en alargar una probeta de ensayo por fuerza de tensión, ejercida gradualmente mediante **equipo hidráulico**, con el fin de conocer ciertas propiedades mecánicas como **ductilidad, rigidez y resistencia del acero estructural**.

ANÁLISIS QUÍMICO DE METALES

El análisis de metales se efectúa mediante un **espectrómetro** que determina el porcentaje de elementos que garantizan la **aleación de fundición**, realizando un análisis del porcentaje leído y lo compara con el porcentaje alto y el porcentaje bajo de la aleación teórica, si el valor del elemento leído se encuentra dentro de esos valores máximo y mínimo, significa que la aleación es correcta.

CONCLUSIONES

En base al ensayo de tensión realizado las muestras cumplen con las propiedades mecánicas establecidas en la tabla 3. Requerimientos de tensión para placas, perfiles y barras de la Norma ASTM A-36. Especificación estándar para Acero al Carbono Estructural.

	Elongación		Esfuerzo Máximo (UTS)			Límite Elástico (YS)			
	E (%)		MPa		ksi	MPa		ksi	
Prueba No. 1	29.74	√	470.88	√	68.30	√	309.24	√	44.85
Prueba No. 2	37.33	√	414.30	√	60.09	√	274.28	√	39.78
ASTM A 36 en 2" (50mm)	23% Mínimo		400-550		58-80		250 MÍNIMO		36 MÍNIMO

En base al análisis químico realizado las muestras cumplen con los límites de composición establecidos en tabla 1 de la norma ASTM A 36, para un acero al Carbono estructural.

Concentración en % en peso	C Carbono		Mn Manganeso		Si Silicio		P Fosforo		S Azufre
Prueba No. 1	0.23	√	0.35	√	0.024	√	0.024	√	0.034
Prueba No. 2	0.17	√	0.42	√	0.032	√	0.029	√	0.041
Incertidumbre expandida K= 2 ±	0.02		0.02		0.002		0.002		0.002
ASTM A 36	0.25 Máximo		No es un requerimiento		0.40 Máximo		0.40 Máximo		0.050 Máximo



Toma de muestra de placa de acero en atiesador



Restitución de muestras de placas de acero



Pintura en restitución de muestras de placas de acero.



Muestras de placas de acero

INFORME DE PRUEBA

ENSAYO DE MATERIALES

FORMA 18

FECHA DE RECEPCIÓN:

17	MAY	2017
DÍA	MES	AÑO

FOLIO: 8983-1

FECHA DE EMISIÓN:

18	MAY	2017
DÍA	MES	AÑO

Página 1 de 2

PRUEBAS AL ACERO

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

MUESTRA #	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS SOLICITADOS
1	 <p>ATIESADOR VIGA TRANSVERSAL MUESTRA No. 1 FFCC LA LANA</p>	ANÁLISIS QUÍMICO

MÉTODOS DE PRUEBA UTILIZADOS:

- **ASTM E352-93(2006)** Standard Test Methods for Chemical Analysis of Tool Steels and Other Similar Medium- and High-Alloy Steels // Método Estándar de Prueba para el Análisis Químico de Aceros Herramienta y similares, Aceros de Media y Alta Aleación
- **ASTM-E1019-03** Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel and in Iron, Nickel, and Cobalt Alloys // Método Estándar de Prueba para la Determinación de Carbono, Azufre, Nitrógeno, y Oxígeno en Acero, Hierro y aleaciones de Níquel y Cobalto (Incisos 9 a 19 para Carbono y del 54 a 63 para Azufre)

MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS UTILIZADOS

- Standard primario LECO 501-505.
- Standard Reference Material 100B High manganese Steel, National Bureau of Standards
- Standard Reference Material 7g, CAST IRON, National Bureau of Standards Standard Reference Material

RESULTADO:

ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO

Elemento	C Carbono	Mn Manganeso	Si Silicio	P Fosforo	S Azufre
Concentración en % en peso	0,23	0,35	0,024	0,024	0,034
Incertidumbre expandida $K=2 \pm$	0,02	0,02	0,002	0,002	0,002
En base al análisis químico realizado la muestra corresponde con los límites de composición establecidos en tabla 1 de la norma ASTM A 36, para un acero al Carbono estructural. Los límites se dan a continuación.					
ASTM A 36	0,25 máximo	No es un requerimiento	0,40 máximo	0,040 máximo	0,050 máximo

La incertidumbre expandida $K=2$, se reporta con un nivel de confianza del 95%.

RESTRICCIONES DE ESTE INFORME:

1. RESPALDA SOLO LAS MUESTRAS ENSAYADAS
2. NO DEBE SER REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN DE ESTE LABORATORIO.
3. ACREDITACION ANTE LA ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACION (EMA) No. Q-0055-004/09, NORMA MEXICANA NMX-EC-17025-IMNC-2006, ISO/17025:2005, VIGENTE A PARTIR DEL 2009-04-24.

RESPONSABLE DEL ANALISIS QUIMICO
SIGNATARIO AUTORIZADO



ING. ANTONIO HERNANDEZ SANDIA

INFORME DE PRUEBA

ENSAYO DE MATERIALES

FORMA 18

FECHA DE RECEPCIÓN: 17 MAY 2017

FOLIO: 8983-1

FECHA DE EMISIÓN: 18 MAY 2017

Página 2 de 2

PRUEBAS AL ACERO

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

MUESTRA #	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS SOLICITADOS
1	ATIESADOR VIGA TRANSVERSAL MUESTRA No. 1 FFCC LA LANA	ANÁLISIS QUÍMICO

1. MÉTODOS DE PRUEBA: • NMX-B-310-1981 Métodos de Prueba a la Tensión para Productos de Acero

2. EQUIPO UTILIZADO: • Máquina de Tensión Universal marca Tinius Olsen modelo LoCap

3. RESULTADOS

muestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Área Inicial (mm ²)	Longitud		Carga	
				inicial (mm)	final (mm)	máxima (kg)	cedencia (kg)
1	9.60	12.95	124.32	50.10	65.00	5969.19	3920.18

muestra	Elongación E (%)	Esfuerzo Máximo (UTS)			Limite Elástico (YS)		
		kg/cm ²	MPa	ksi	kg/cm ²	MPa	ksi
1	29.74	4801.47	470.88	68.30	3153.30	309.24	44.85

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

ASTM A 36 en 2" (50mm)	23% mínimo	400-550	58-80	250 MÍNIMO	36 MÍNIMO
CUMPLE	SI	SI	SI	SI	SI

En base al ensayo de tensión realizado la muestra cumple con las propiedades mecánicas establecidas en la tabla 3. Requerimientos de tensión para placas, perfiles y barras de la Norma ASTM A-36. Especificación estándar para Acero al Carbono Estructural.

RESTRICCIONES DE ESTE INFORME:

- RESPALDA SOLO LAS MUESTRAS ENSAYADAS
- NO DEBE SER REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN DE ESTE LABORATORIO.
- ACREDITACIÓN ANTE LA ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACIÓN (EMA) No. MM-0035-005/09, NORMA MEXICANA NMX-EC-17025-IMNC-2006, ISO/17025:2005, VIGENTE A PARTIR DEL 2009-03-20.

SIGNATARIO AUTORIZADO



LUIS ROSAS MORALES

INFORME DE PRUEBA

ENSAYO DE MATERIALES

FORMA 18

FECHA DE RECEPCIÓN:	17	MAY	2017
	DIA	MES	AÑO
FECHA DE EMISIÓN:	18	MAY	2017
	DIA	MES	AÑO

FOLIO: 8983-2

Página 1 de 2

PRUEBAS AL ACERO

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

MUESTRA #	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS SOLICITADOS
2	 <p>ATIESADOR VIGA LONGITUDINAL MUESTRA No. 2 FFCC LA LANA</p>	ANALISIS QUIMICO

MÉTODOS DE PRUEBA UTILIZADOS:

- **ASTM E352-93(2006)** Standard Test Methods for Chemical Analysis of Tool Steels and Other Similar Medium- and High-Alloy Steels // Método Estándar de Prueba para el Análisis Químico de Aceros Herramienta y similares, Aceros de Media y Alta Aleación
- **ASTM-E1019-03** Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel and in Iron, Nickel, and Cobalt Alloys // Método Estándar de Prueba para la Determinación de Carbono, Azufre, Nitrógeno, y Oxígeno en Acero, Hierro y aleaciones de Níquel y Cobalto (Incisos 9 a 19 para Carbono y del 54 a 63 para Azufre)

MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS UTILIZADOS

- Standard primario LECO 501-503.
- Standard Reference Material 100B High manganese Steel, National Bureau of Standards
- Standard Reference Material 7g, CAST IRON, National Bureau of Standards Standard Reference Material

RESULTADO:

ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO

Elemento	C Carbono	Mn Manganeso	Si Silicio	P Fosforo	S Azufre
Concentración en % en peso	0,17	0,42	0,032	0,029	0,041
Incertidumbre expandida $K=2 \pm$	0,01	0,02	0,002	0,002	0,003
En base al análisis químico realizado la muestra corresponde con los límites de composición establecidos en tabla 1 de la norma ASTM A 36, para un acero al Carbono estructural. Los límites se dan a continuación.					
ASTM A 36	0,25 máximo	No es un requerimiento	0,40 máximo	0,040 máximo	0,050 máximo

La incertidumbre expandida $K=2$, se reporta con un nivel de confianza del 95%.

RESTRICCIONES DE ESTE INFORME:

1. RESPALDA SOLO LAS MUESTRAS ENSAYADAS
2. NO DEBE SER REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN DE ESTE LABORATORIO.
3. ACREDITACION ANTE LA ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACION (EMA) No. Q-0055-004/09. NORMA MEXICANA NMX-EC-17025-IMNC-2006, ISO/17025:2005. VIGENTE A PARTIR DEL 2009-04-24.

RESPONSABLE DEL ANALISIS QUIMICO
SIGNATARIO AUTORIZADO



ING. ANTONIO HERNANDEZ SANDIA

INFORME DE PRUEBA

ENSAYO DE MATERIALES

FORMA 18

FECHA DE RECEPCIÓN:

17	MAY	2017
DIA	MES	AÑO

FOLIO: 8983-2

FECHA DE EMISIÓN:

18	MAY	2017
DIA	MES	AÑO

Página 2 de 2

PRUEBAS AL ACERO

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

MUESTRA #	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS SOLICITADOS
2	ATIESADOR VIGA LONGITUDINAL MUESTRA No. 2 FFCC LA LANA	ANALISIS QUIMICO

1. MÉTODOS DE PRUEBA:

- NMX-B-310-1981 Métodos de Prueba a la Tensión para Productos de Acero

2. EQUIPO UTILIZADO:

- Máquina de Tensión Universal marca Tinius Olsen modelo LoCap

3. RESULTADOS

muestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Área Inicial (mm ²)	Longitud		Carga	
				inicial (mm)	final (mm)	máxima (kg)	cedencia (kg)
2	9.85	12.90	127.07	50.10	68.80	5367.87	3553.72

muestra	Elongación E (%)	Esfuerzo Máximo (UTS)			Límite Elástico (YS)		
		kg/cm ²	MPa	ksi	kg/cm ²	MPa	ksi
2	37.33	4224.50	414.30	60.09	2796.78	274.28	39.78

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

ASTM A36 en 2" (50mm)	23% mínimo	400-550	58-80	250 MINIMO	36 MINIMO
CUMPLE	SI	SI	SI	SI	SI

En base al ensayo de tensión realizado la muestra cumple con las propiedades mecánicas establecidas en la tabla 3. Requerimientos de tensión para placas, perfiles y barras de la Norma ASTM A-36. Especificación estándar para Acero al Carbono Estructural.

RESTRICCIONES DE ESTE INFORME:

1. RESPALDA SOLO LAS MUESTRAS ENSAYADAS
2. NO DEBE SER REPRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN DE ESTE LABORATORIO.
3. ACREDITACIÓN ANTE LA ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACIÓN (EMA) No. MM-0035-005/09, NORMA MEXICANA NMX-EC-17025-IMNC-2006, ISO/17025:2005). VIGENTE A PARTIR DEL 2009-03-20.

SIGNATARIO AUTORIZADO



LUIS ROSAS MORALES

Anexo A.6. Reporte de estudio de Geofísica

ESTUDIO GEOFÍSICO

TÉCNICAS

Sísmica Modalidad de Reflexión

UBICACIÓN

**PUENTE DE FERROCARRIL “RÍO LA
LANA,” VERACRUZ.**

1. Introducción

Actualmente se revisa la cimentación del puente de ferrocarril “LA LANA” en el estado de Veracruz. Por lo cual se contrataron los servicios de Soluciones Geofísicas para realizar, pruebas no destructivas y no agresivas que permitan verificar el tipo de cimentación y sus dimensiones.

Las técnicas utilizadas para realizar el estudio geofísico fueron: sísmica de reflexión; Es de gran importancia, tener la certeza que las pilas construidas para soportar el paso de un ferrocarril, se comporte como un solo cuerpo uniforme, sin tener fracturas, cavidades, o cualquier tipo de discontinuidades que pudieran poner en riesgo la integridad de las pilas y por consiguiente de la obra civil que esta soporta. Por esta razón, se ha decidido emplear la sísmica de reflexión y así averiguar las condiciones de las pilas y su longitud.

2. Localización

El estudio geofísico está ubicado en los puentes “RÍO LA LANA” en el estado de Veracruz sobre el río La Lana. Véase la figura 1, 2 y 3.



Figura 1. Localización de la zona de estudio en el estado de Veracruz y Oaxaca (Imagen tomada de Google Earth, 2017)



Figura 2. Localización de la zona de estudio en el puente “RÍO LA LANA”, en el estado de Veracruz.
(Imagen tomada de Google Earth, 2017)



Figura 3. Localización de la zona de estudio en el puente “RÍO LA LANA”, en el estado de Veracruz.
(Imagen tomada de Google Earth, 2017)

3. Objetivos

Determinar:

- El objetivo de las pruebas de continuidad es corroborar la continuidad interna de las pilas de concreto.
- Realizar esta comprobación de la continuidad física del concreto, con métodos no agresivos y no destructivos.
- Emplear el método Sísmico de Reflexión que permite determinar las discontinuidades del concreto de las pilas.
- Determinar refractores de la onda sísmica, los cuales está asociado a límites físicos de un medio con otro.
- Estimar la longitud al primer límite o refractor, por medio de parámetros como lo son la velocidad de viaje de la onda compresional en el concreto, la densidad del concreto, el tiempo de viaje de dicha onda.

4. Marco Geológico

Las regiones fisiográficas en que se ha dividido nuestro país son: Península de Baja California, Llanura Sonorense, Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras del Norte, Sierra Madre Oriental, Gran Llanura de Norteamérica, Llanura Costera del Pacífico, Llanura Costera del Golfo Norte, Mesa el centro, Sistema Volcánico Transversal, Península de Yucatán, Sierra Madre del Sur, Llanura Costera del Golfo Sur, Sierras de Chiapas y Guatemala, y Cordillera Centroamericana.

La mayor parte de las regiones fisiográficas están formadas por montañas y planicies que en ocasiones dan lugar a terrenos muy accidentados, y en otras a paisajes con suaves pendientes.

El hecho de que el relieve de algunas regiones sea muy accidentado, ha constituido una barrera para integrarlas al desarrollo del país; pero también ha sido un reto para la sociedad mexicana, que ha efectuado un gran esfuerzo construyendo carreteras, puentes, presas y otras grandes obras de ingeniería. (Véase la figura 4)



Figura 4. Se muestra las regiones Fisiográficas de la República mexicana
(Imagen tomada de INEGI, 2017)

4.1. La plataforma de Córdoba.

La Plataforma de Córdoba cubre una superficie aproximada de 16000 km², la mitad está expuesta, formando parte de la Sierra Madre Oriental y el resto se encuentra sepultada bajo la Planicie Costera del Golfo de México; en una franja de más de 140 km de longitud por aproximadamente 14 km de ancho, se han perforado 142 pozos entre exploratorios y desarrollo de los cuales sólo 28 penetraron al Cretácico Medio, 3 atravesaron el Jurásico Superior y 2 tocaron el Basamento. Inicia en la Costa Occidental en la desembocadura del río Grande Santiago a la Bahía de Banderas, continua hacia el sureste hasta encontrar el volcán de Colima para después continuar aproximadamente sobre el paralelo 19° latitud Norte, hasta llegar al pico de Orizaba y al Cofre de Perote, alcanzando 880 km de longitud.

La Plataforma de Córdoba se ubica en la porción central del Estado de Veracruz y extremo NE del de Oaxaca, cubre una superficie de 16000 km², e incluyen las poblaciones de: Jalapa, Córdoba, Cotaxtla, Tierra Blanca y Tuxtepec. Desde el punto de vista fisiográfico, su porción W se encuentra expuesta formando parte de la Sierra Madre Oriental y su porción oriental se encuentra sepultada bajo la planicie costera del Golfo de México geológicamente, limita al oriente con la Cuenca de Veracruz, al poniente con la Cuenca de Zongolica. Al noreste con el Macizo Plan de las Hayas y al sur con la Paleopenínsula de Oaxaca. (Véase en la figura 5)

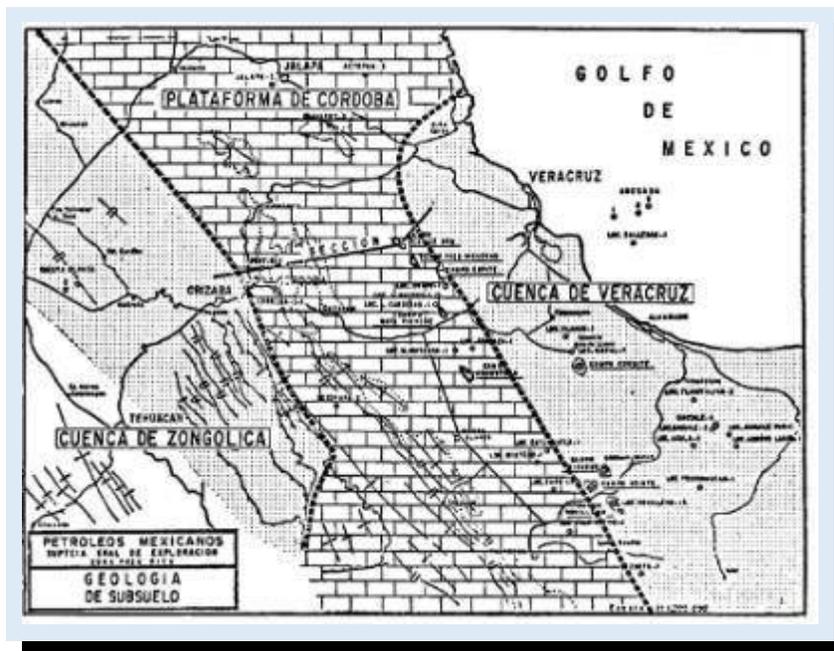


Figura 5. Esquema de la plataforma de Córdoba.

5. Sísmica de Reflexión

5.1. Trabajo de Campo

El estudio Geofísico, en la modalidad de pruebas de continuidad a pilas. Por medio del método de sísmica de reflexión, consiste en analizar el viaje de las ondas compresionales en un medio encajonante, en este caso, es el concreto. Para realizar esto, primero se debe de asegurar que la cima de la pila a estudiar, debe de estar libre de partículas de tierra o grava, que obstaculicen el adecuado contacto de los geófonos al concreto. Debido a esto se realiza una limpieza fina. (Véase en la figura 6).



Figura 6 limpieza fina.

Posterior a la limpieza, se acomodan los geófonos en la cima de la pila. Para realizar este paso, se emplea plastilina para fijar los geófonos al concreto. Se emplea la plastilina por que se ha demostrado que es un material maleable, tiene adherencia, y es fácil de utilizar.

Se distribuyen los sismodetectores en la superficie de la cima, de una forma equidistante, ya que la información de cada geófono es puntual y lineal; es decir la atribución de la información solo abarca en la pequeña área, debajo de cada sismodetector. Por lo tanto, se distribuye de tal forma que sea lo más representativo del cuerpo interno de la pila. Además, la distribución se hace, alejándose de los elementos

que interfieren en las lecturas, como lo es las varillas de acero –por tener una mayor frecuencia en su vibración que el concreto- por lo tanto, se distribuyó fuera del centro de la pila donde hay una concentración de varillas y una placa de acero. (Véase en la figura 7).

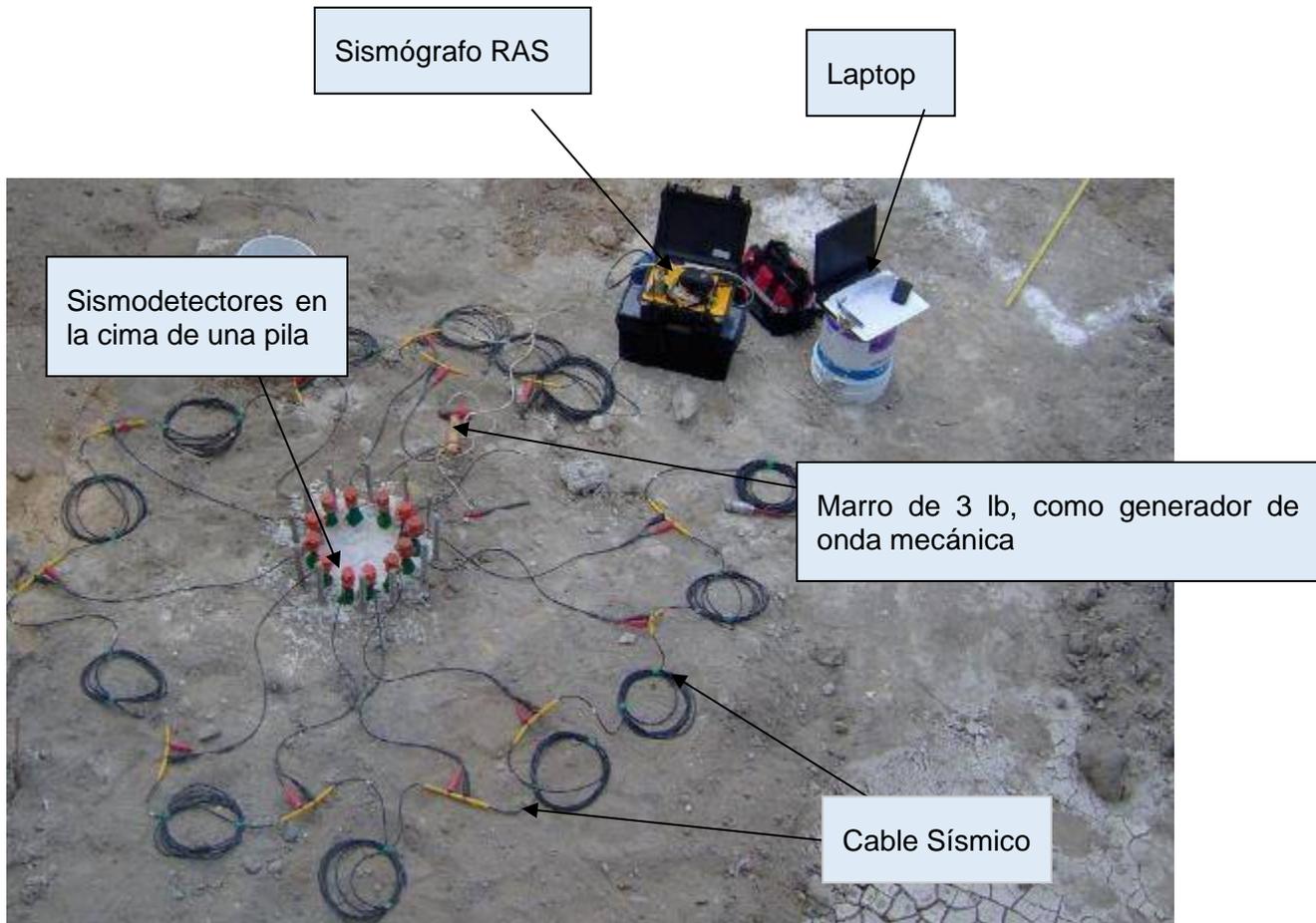
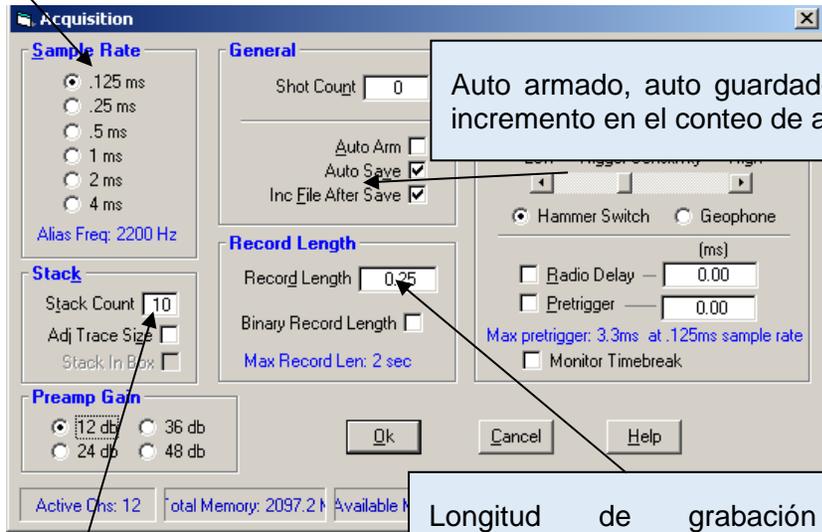


Figura 7 Muestra las conexiones con el sismógrafo, el cable de geófonos, el arreglo de los geófonos, el switch con el inicio, la batería.

Para el desarrollo de la prueba, se genera perturbaciones sísmicas en la cabeza de la pila a través de impactos mecánicos con una pequeña varilla de acero y un marro de 3 lbs, los cuales están sincronizados electrónicamente, con el inicio de grabación en el Sismógrafo ($T=0$). Por medio del menú de adquisición, se establecen los parámetros de muestreo, longitud de grabación, ganancia, número de golpes para el apilamiento de datos, la sensibilidad del detonador. (Véase la figura 9).

Una vez obtenido el sismograma correspondiente se analizan los eventos coherentes que correspondan con el reflejo primario y se determina el tiempo de arribos (Figura 8)

Muestreo de datos. En este caso se empleó 0.125 milisegundos.



Auto armado, auto guardado y auto incremento en el conteo de archivo

Numero de golpes empleados en cada lectura.

Longitud de grabación del sismograma. Se empleó la opción de 0.25 segundos

Figura 8. Muestra el menú de adquisición de datos, el cual muestra los parámetros. Utilizados para la adquisición de datos.

Tren de ondas características del medio

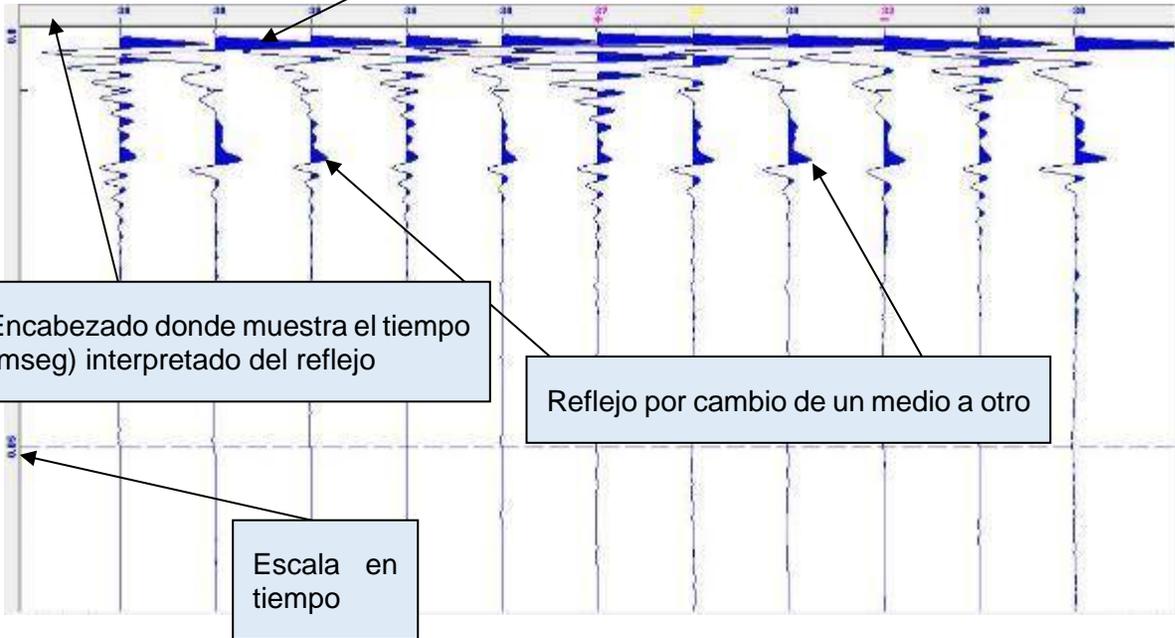


Figura 9. Sismograma característico, las flechas muestra la onda compresional como señal del reflejo, siendo una señal coherente a lo largo de los doce sismodetectores.

Posteriormente se realizó un segundo análisis de los datos sísmicos, por medio del programa Seisimager. Primero se abre el archivo con los datos del sitio de interés, el cual se graba en formato .seg. Posteriormente se analiza con las herramientas del programa. Se lee el sismograma con los datos sin procesar, para determinar si es necesario aplicar filtros matemáticos como lo son filtro Pasa bajas, el cual permite el paso de señales de onda con bajas frecuencias y elimina frecuencias altas. Otro filtro es el Pasa altas, que permite el paso de señales de alta frecuencia y elimina señales de baja frecuencia. Otro filtro es el filtro Notch, el cual permite el paso de un solo rango de frecuencias y eliminan las frecuencias que están fuera de este rango. Posteriormente, se procesa el sismograma para por medio de una herramienta de la sísmica de reflexión llamada migración, la cual consiste en reubicar elementos de los datos para adecuar sus posiciones, a las posiciones de los reflectores asociados o puntos difractantes. Para esto se emplea la herramienta Processing del menú, y luego Migration Kirchhoff (homogeneous) Con esta herramienta conseguimos la imagen del espectro del sismograma. (Véase la figura 10).

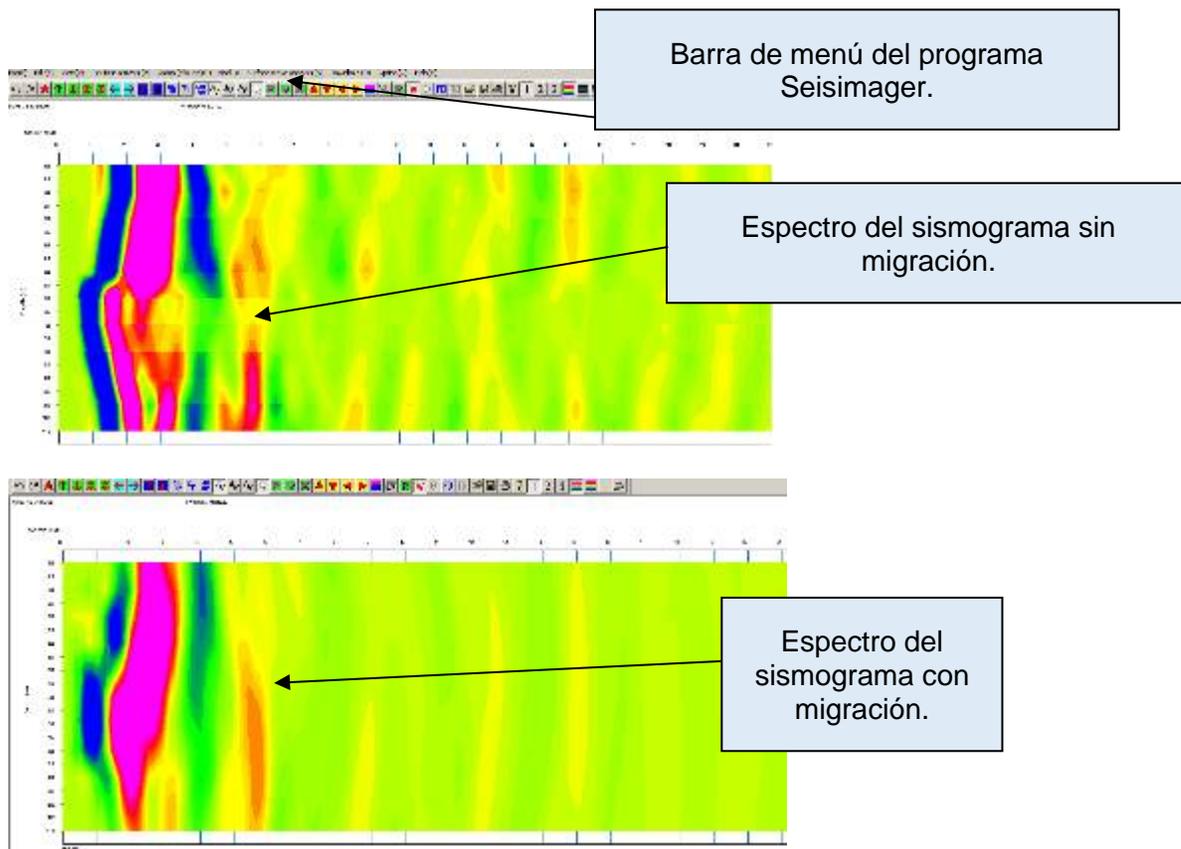


Figura 10 Muestran los espectros de los sismogramas obtenidos de las pruebas de continuidad.

5.2 Prueba de muestra



Figura 14. Se muestra el momento de practicar la prueba de velocidad al corazón de concreto obtenido de todos los elementos..

De la muestra de concreto obtenida, se le ensaya para determinar la velocidad de trasmisión de la onda sísmica, por medio del ULTRASONIC PULSE VELOCITY METER (véase la figura 15)



Figura 15. Basándose en las Norma IS-13311 Parte (1), BS -4408 (Parte V - 1974), BS-1181 y ASTM C-597. Su precisión y la estabilidad son incomparables. Se genera impulsos de baja frecuencia y mide el tiempo de vuelo en el material. La hora se muestra por pantalla de 5 dígitos. El tiempo de vuelo y por lo tanto la velocidad está relacionada con la calidad mecánica del hormigón. La alta calidad de los transductores se ha explotado en la mayor medida y la exactitud de la medición es mejorada a través de todo el rango de 100 nanosegundos.

5.3 Tabla de resultados Puente La Lana

ESTRUCTURA	FECHA (dd-mm-aa)	TIEMPOS (Mili Seg)	VELOCIDAD (Metros/Seg)	LONGITUD (Metros)
APOYO 1				
A. arriba	06-05-17	3.90	5,000	9.75
Centro	06-05-17	3.084	5,000	9.60
		3.90	4587	8.94
APOYO 2				
A. abajo	06-05-17	9.23	5000	23.08
Centro	06-05-17	9.05	5000	22.63
A. Arriba	06-05-17	9.18	5000	22.95
APOYO 3				
A. abajo	06-05-17	8.97	4587	20.57
Centro	06-05-17	8.93	4587	20.48

ESTRUCTURA	FECHA (dd-mm-aa)	TIEMPOS (Mili Seg)	VELOCIDAD (Metros/Seg)	LONGITUD (Metros)
APOYO 4				
A. abajo	06-05-17	9.70	4672	22.31
Centro	06-05-17	9.81	4672	22.56
A. Arriba	06-05-17	9.85	4672	22.66
APOYO 5				
A. abajo	06-05-17	3.94	4895	9.64
Centro	06-05-17	3.90	4895	9.55
A. Arriba	06-05-17	3.93	4895	9.62
		3.94	4587	9.04

La longitud de las estructuras de concreto, se toman en cuenta desde la superficie en que se colocaron los geófonos, con un error de ± 5 %.

Anexo A.7. Reporte de vibración ambiental

Puente FFCC

Puente "RÍO LA LANA" KM: G 275+420.00

Ubicado en el Estado de Veracruz

Reporte de Pruebas de Carga Dinámica

Vibración ambiental y Carga viva

INDICE

Introducción

Descripción de las estructuras

Pruebas Dinámicas

 Metodología

 Prueba No 1 – Claro 5-6

 Prueba No 2 – Claro 4-5

 Prueba No 3 – Claro 2-3

 Descripción del equipo de medición

 Vibración Ambiental

 Vibración Dinámica Carga Viva

 Frecuencias Naturales

Resultados

 Pruebas Dinámicas

Alcances

Introducción

El presente estudio presenta los resultados de la vibración ambiental y paso de ferrocarril en el puente La Lana.

Descripción de la estructura

El puente La Lana está constituido por cuatro claros, los dos claros centrales tienen una longitud de 45m y en sus extremos cuenta claros de 12.20 m (Figura 1).

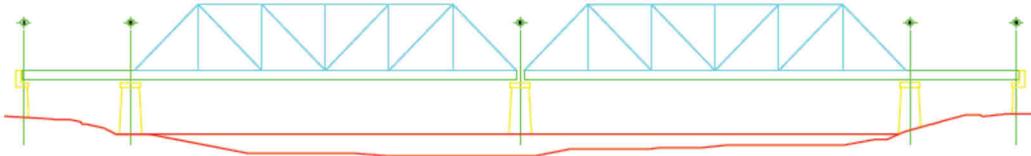


Figura 1 Puente La Lana

Las armaduras simplemente apoyadas tienen una longitud de 44.20 m, las vigas de los extremos también son simplemente apoyadas.

Pruebas Dinámicas

El puente La Lana se sometió a un estudio de vibración ambiental y dinámica, con el objetivo de obtener las frecuencias naturales de vibrar por medio de análisis de los registros de aceleración obtenidos del puente.

Las propiedades dinámicas de la estructura permitirán calibrar las condiciones reales del puente con el modelo matemático utilizado para su evaluación.

Metodología

Se instalaron los 4 sensores en los dos claros del puente La Lana. Tres sensores se ubicaron en el centro del claro, mientras que el cuarto se ubicó sobre el apoyo. La dirección del sensor sobre el apoyo fue transversal (Figura 22).

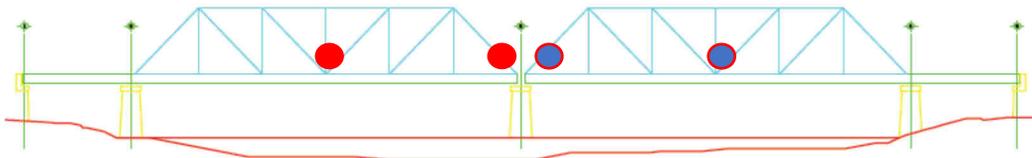


Figura 2 Puntos de medición sobre el puente La Lana

Prueba No 1 – Claro 2-3

La distribución de los sensores en planta para el claro 2-3 del puente La Lana fueron los que se muestran en la (03). Se instalaron 4 acelerómetros conectados en los 4 canales:

- 1) Canal 1 Transversal Centro,
- 2) Canal 2 Vertical Extremo,
- 3) Canal 3 Vertical Centro
- 4) Canal 4 Transversal Apoyo

El registro fotográfico de la instalación se presenta en el Anexo A – Reporte fotográfico.

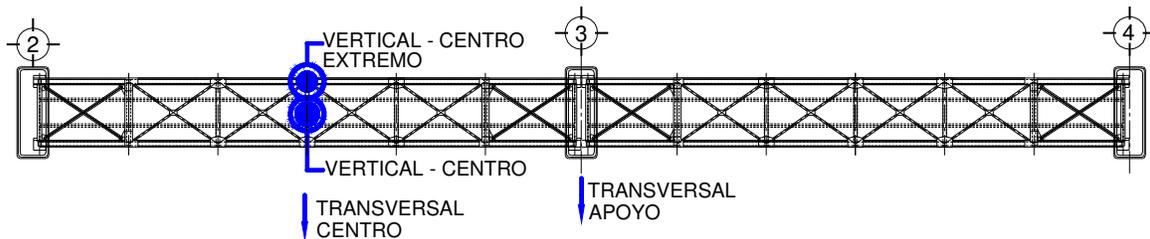


Figura 3 Posición de sensores en planta sobre el puente La Lana. Claro 2-3

Prueba No 2 – Claro 3-4.

La distribución de los sensores en planta para el claro 3-4 del puente La Lana fueron los que se muestran en la (04). Se instalaron 4 acelerómetros conectados en los 4 canales:

- 1) Canal 1 Transversal Centro,
- 2) Canal 2 Vertical Extremo,
- 3) Canal 3 Vertical Centro
- 4) Canal 4 Transversal Apoyo

El registro fotográfico de la instalación se presenta en el Anexo A – Reporte fotográfico.

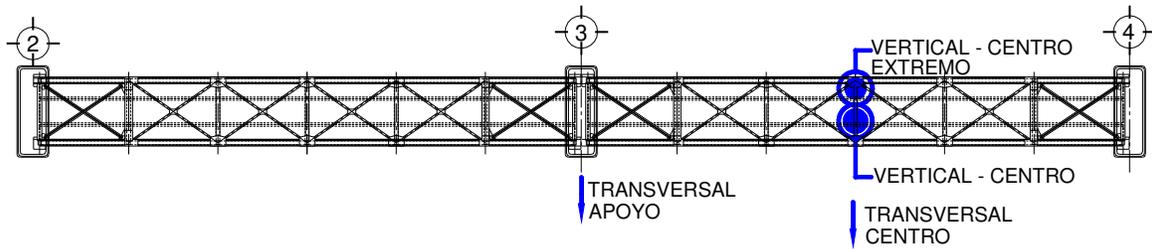


Figura 4 Posición de sensores en planta sobre el puente La Lana. Claro 3-4

Descripción del equipo de medición

Se utilizó un sistema de adquisición de datos de la marca Spectral Dynamics, modelo Siglab 20-42. Este consta con una capacidad de 4 canales con 20 bits de conversión analógica – digital y un filtro antialias.

Adicionalmente se utilizó un acondicionador de señales 482A22, así como 3 sensores PCB393B31 (05), y un sensor PCB393B12 (06).



Figura No 5 Sensor PCB393B31



Figura No 6 Sensor PCB393B12

Ambos sensores son de rango sísmico con una sensibilidad de 10V/g.

Vibración Ambiental

Se realizaron al menos 3 pruebas de 5 minutos cada una en vibración ambiental. Esta vibración se refiere a la originada por el viento, paso de personas, corriente de agua del río y posible micro-tremores que se originen en la zona. La ventaja de este tipo de vibración es que está disponible en todo momento; sin embargo, el problema que conlleva es que no se tiene control sobre el contenido de frecuencias de la señal.

Vibración Dinámica Carga Viva

Adicional a la vibración ambiental, se realizaron pruebas dinámicas con el paso del tren. Esta carga móvil originó que la estructura tuviera una vibración que en principio excitaba las principales frecuencias naturales de la estructura. La duración de las pruebas fue variable, ya que la longitud del tren no fue constante. En las 07 a 010 se presentan los registros típicos de aceleración en vibración ambiental en cada una de las 4 posiciones. Todos los registros de aceleración obtenidos para el puente se presentan en el Anexo B.

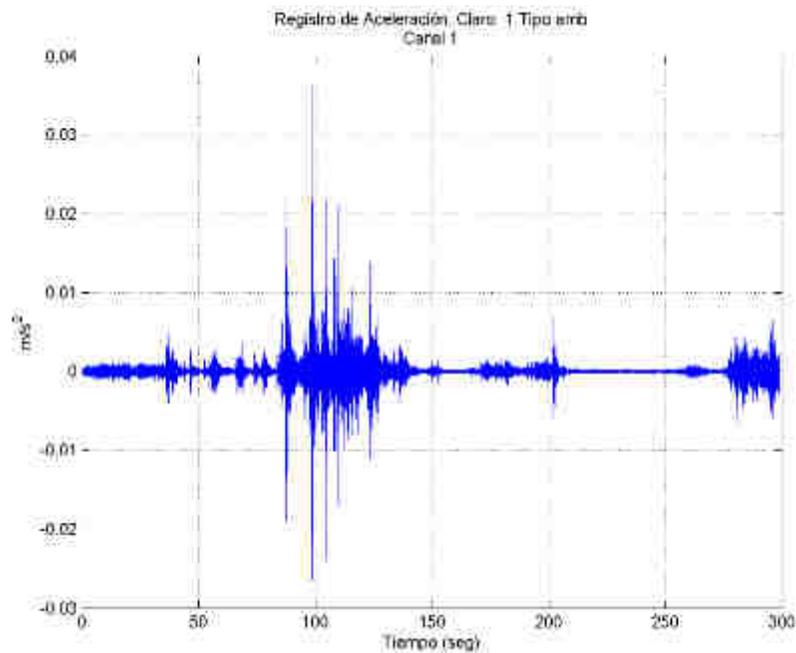


Figura 7 Aceleración típica del canal 1: Sensor Transversal Centro

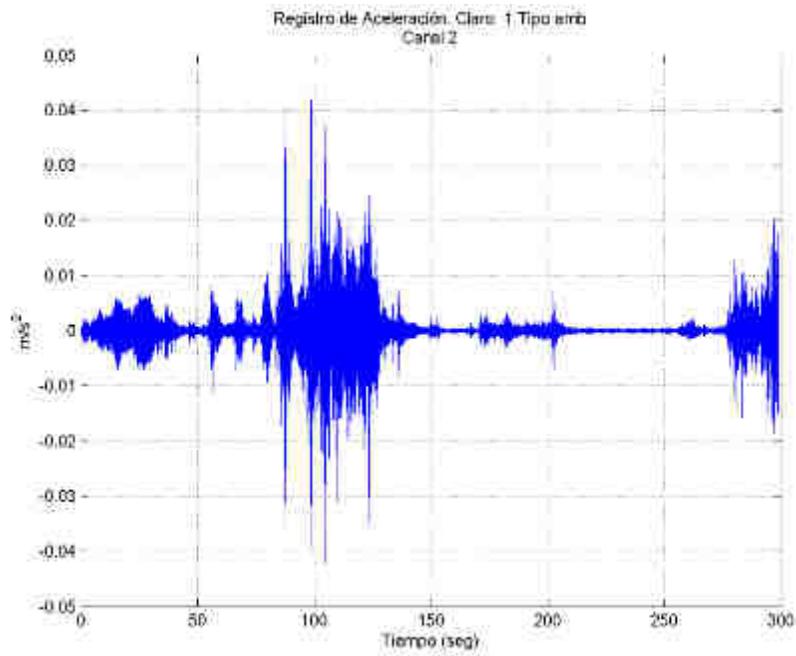


Figura 8 Aceleración típica del canal 2: Sensor Vertical Centro Extremo

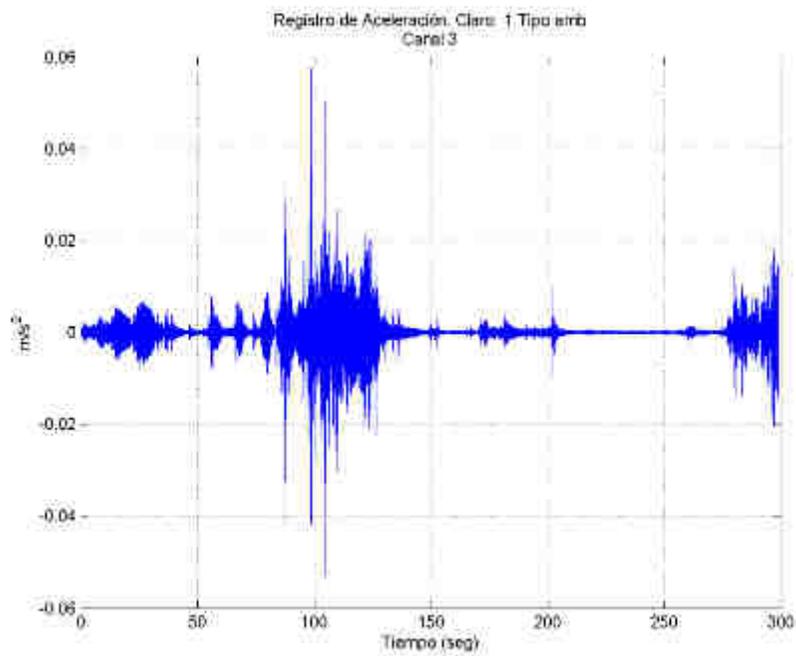


Figura 9 Aceleración típica del canal 3: Sensor Vertical Centro

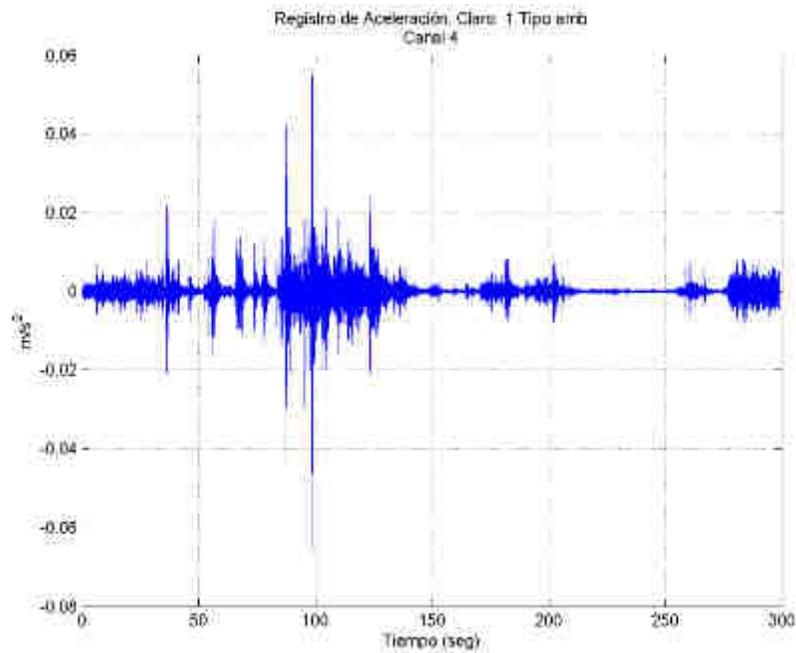


Figura 10 Aceleración típica del canal 4: Sensor Transversal Apoyo

Frecuencias Naturales

Una vez realizados la toma de registros, se llevó a cabo su análisis. El post-procesamiento a los que fueron sometidos fue la corrección por línea base y aplicación un filtro pasa banda. El objetivo de este último fue el de eliminar las frecuencias bajas y las altas que no son propias del sistema. Por último, se transformó la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia al obtenerse los espectros de potencia. Estos espectros muestran cuáles son las frecuencias que conforman los registros de aceleración, y que identifican al sistema.

Los espectros de potencia típicos obtenidos se muestran en las figuras 01 a 04. El total de los espectros puede ser encontrado en el anexo C.

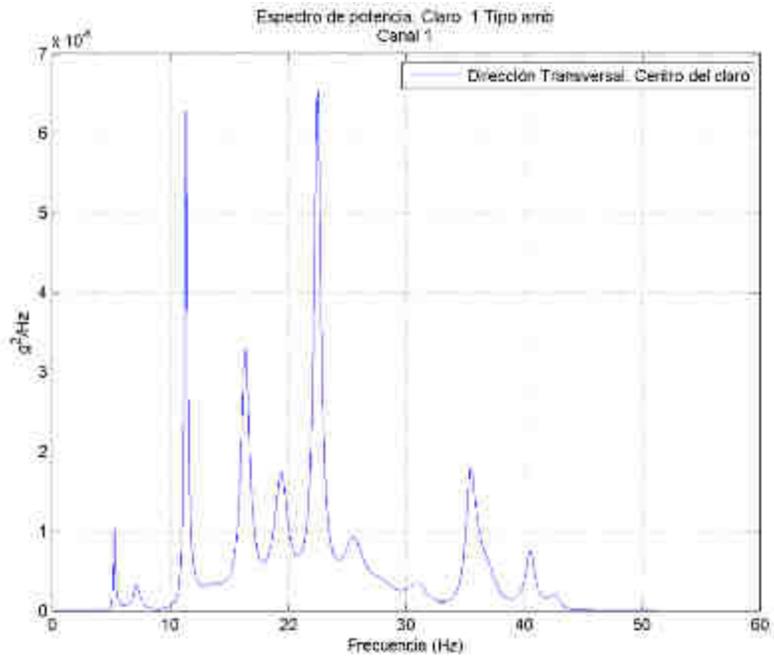


Figura 11 Espectro de potencia del claro 1 del puente La Lana. Canal 1 Transversal centro

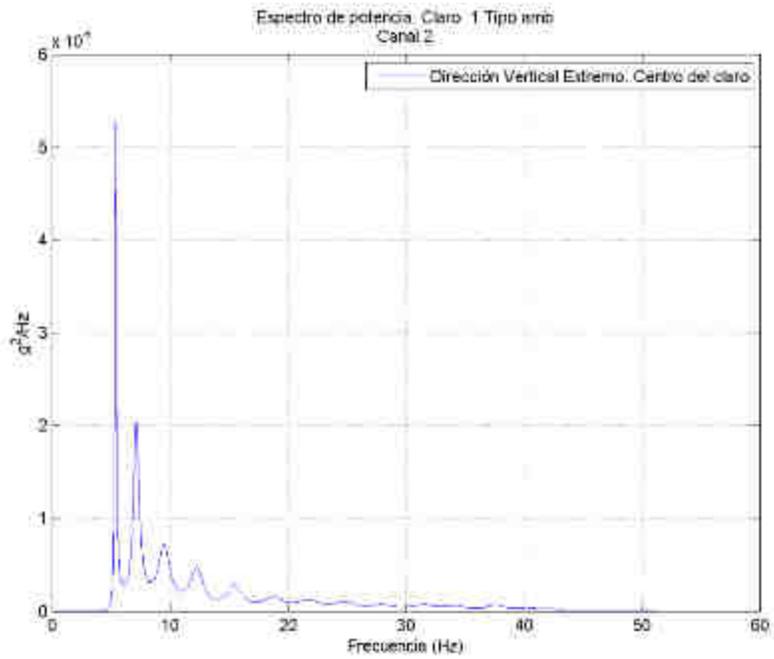


Figura 12 Espectro de potencia del claro 1 del puente La Lana. Canal 2 Vertical Centro Extremo

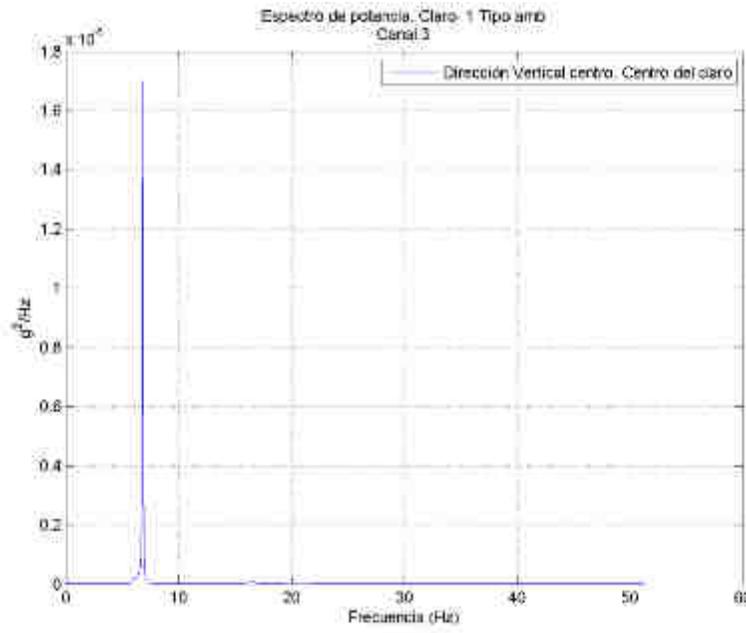


Figura 13 Espectro de potencia del claro 3 del puente La Lana. Canal 3 Vertical Centro

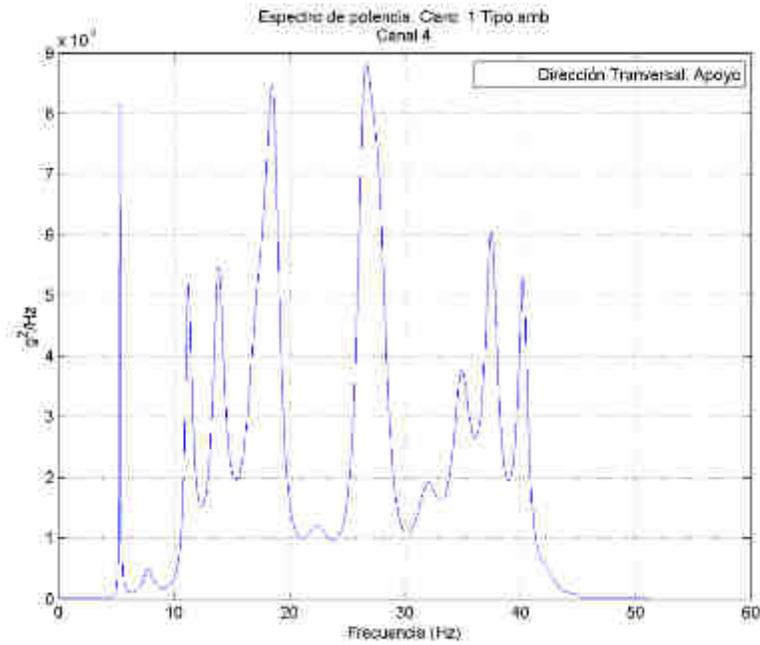


Figura 14 Espectro de potencia del claro 3 del puente La Lana. Canal 4 Transversal Apoyo

Resultados

Pruebas Dinámicas

Después de analizar todos los espectros de potencia se determinaron las frecuencias principales de cada uno de los claros medidos. Los resultados de dichos análisis se presentan en las tablas 1 a 2.

Tabla 1

La Lana Claro 1		
Modo	Periodo (seg)	
	1º	2º
Vertical	0.145	
Torsión Vertical	0.099	0.059
Transversal	0.192	0.087
Transversal Apoyo	0.038	0.027

Tabla 2

La Lana Claro 2		
Modo	Periodo (seg)	
	1º	2º
Vertical	0.149	
Torsión Vertical	0.100	0.059
Transversal	0.180	0.094
Transversal Apoyo	0.195	0.072

Alcances

Los resultados son los obtenidos en este estudio son ante las condiciones: ambientales, viento y carga, que se presentaban en dicho momento.

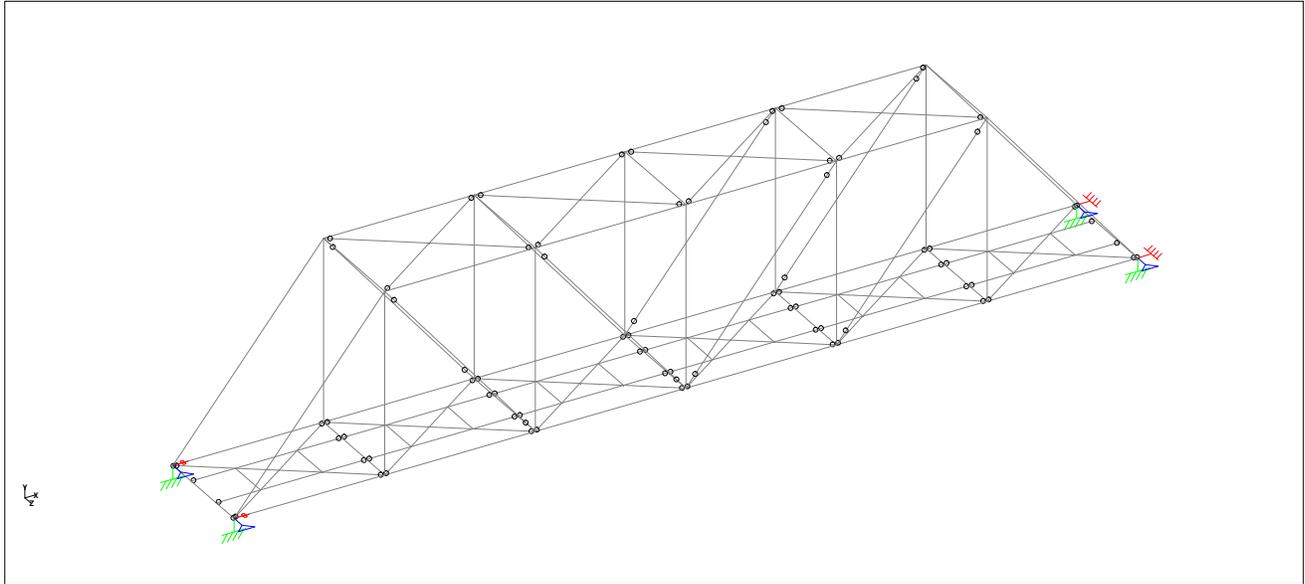
Anexo A.8. Reporte de elementos mecánicos de STAAD.pro para la condición actual



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 1	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA



Isométrico estructura

Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	DMR		
Date:	25-May-21		

Structure Type | SPACE FRAME

Number of Nodes	76	Highest Node	76
Number of Elements	184	Highest Beam	1183

Number of Basic Load Cases	-2
Number of Combination Load Cases	31

Included in this printout are data for:

Beams	103 to 105, 112 to 117, 500 to 51
-------	-----------------------------------



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

2

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Information Cont...

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Primary	1	PESO PROPIO
Primary	2	CARGA MUERTA
Primary	3	CARGA VIVA (A 25 M)
Primary	4	CARGA VIVA (A 26 M)
Primary	5	CARGA VIVA (A 27 M)
Primary	6	CARGA VIVA (A 28 M)
Primary	7	CARGA VIVA (A 29 M)
Primary	8	CARGA VIVA (A 30 M)
Primary	9	CARGA VIVA (A 31 M)
Primary	10	CARGA VIVA (A 32 M)
Primary	11	CARGA VIVA (A 33 M)
Primary	12	CARGA VIVA (A 34 M)
Primary	13	CARGA VIVA (A 35 M)
Primary	14	CARGA VIVA (A 36 M)
Primary	15	CARGA VIVA (A 37 M)
Primary	16	CARGA VIVA (A 38 M)
Primary	17	CARGA VIVA (A 39 M)
Primary	18	CARGA VIVA (A 40 M)
Primary	19	CARGA VIVA (A 41 M)
Primary	20	CARGA VIVA (A 42 M)
Primary	21	CARGA VIVA (A 43 M)
Primary	22	CARGA VIVA (A 44 M)
Primary	23	CARGA VIVA (A 45 M)
Primary	24	CARGA VIVA (A 46 M)
Primary	25	CARGA VIVA (A 47 M)
Primary	26	CARGA VIVA (A 48 M)
Primary	27	CARGA VIVA (A 49 M)
Primary	28	CARGA VIVA (A 50 M)
Primary	29	CARGA VIVA (A 51 M)
Primary	30	CARGA VIVA (A 52 M)
Primary	31	CARGA VIVA (A 53 M)
Primary	32	CARGA VIVA (A 54 M)
Primary	33	CARGA VIVA (A 56 M)
Primary	34	MODOS DE VIBRAR
Combination	35	PP+CM+CV+I (A 25 M)
Combination	36	PP+CM+CV+I (A 26 M)
Combination	37	PP+CM+CV+I (A 27 M)
Combination	38	PP+CM+CV+I (A 28 M)
Combination	39	PP+CM+CV+I (A 29 M)
Combination	40	PP+CM+CV+I (A 30 M)
Combination	41	PP+CM+CV+I (A 31 M)
Combination	42	PP+CM+CV+I (A 32 M)
Combination	43	PP+CM+CV+I (A 33 M)
Combination	44	PP+CM+CV+I (A 34 M)



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

3

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Information Cont...

Type	L/C	Name
Combination	45	PP+CM+CV+I (A 35 M)
Combination	46	PP+CM+CV+I (A 36 M)
Combination	47	PP+CM+CV+I (A 37 M)
Combination	48	PP+CM+CV+I (A 38 M)
Combination	49	PP+CM+CV+I (A 39 M)
Combination	50	PP+CM+CV+I (A 40 M)
Combination	51	PP+CM+CV+I (A 41 M)
Combination	52	PP+CM+CV+I (A 42 M)
Combination	53	PP+CM+CV+I (A 43 M)
Combination	54	PP+CM+CV+I (A 44 M)
Combination	55	PP+CM+CV+I (A 45 M)
Combination	56	PP+CM+CV+I (A 46 M)
Combination	57	PP+CM+CV+I (A 47 M)
Combination	58	PP+CM+CV+I (A 48 M)
Combination	59	PP+CM+CV+I (A 49 M)
Combination	60	PP+CM+CV+I (A 50 M)
Combination	61	PP+CM+CV+I (A 51 M)
Combination	62	PP+CM+CV+I (A 52 M)
Combination	63	PP+CM+CV+I (A 53 M)
Combination	64	PP+CM+CV+I (A 54 M)
Combination	65	PP+CM+CV+I (A 56 M)

Section Properties

Prop	Section	Area (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	J (cm ⁴)	Material
1	SEC2PZAPUEN	296.894	13.2E+3	845E+3	95.089	STEEL
2	VMAESTRA	287.470	14.1E+3	550E+3	107.506	STEEL
3	CINFSEC1	250.096	21.9E+3	36.7E+3	92.780	STEEL
4	CINFSEC2OK	264.690	25.7E+3	38.9E+3	260.664	STEEL
5	CINFSEC3	314.610	29.9E+3	50.8E+3	582.317	STEEL
6	MTENSEC1OK2	145.236	19.7E+3	19.9E+3	41.027	STEEL
7	MONTENSEC2	170.778	24.8E+3	27.6E+3	88.548	STEEL
8	MONTENSEC3	151.815	21.4E+3	26.1E+3	61.077	STEEL
9	CNVENSUP	58.140	1.91E+3	2.44E+3	16.430	STEEL
10	CNVENINF	44.840	964.159	1.01E+3	12.669	STEEL
11	CVNTEOVMAES	15.996	50.395	188.825	4.520	STEEL
12	DIAG2B30	193.414	19E+3	34.2E+3	71.388	STEEL
13	CSUP4	257.904	64.8E+3	66.9E+3	131.851	STEEL
14	TORNAEXTR	211.333	68.9E+3	72E+3	59.817	STEEL
15	TORNAP2	195.274	27.1E+3	41.5E+3	55.012	STEEL
16	PZAPTEXTR	499.586	13.4E+3	1.04E+6	152.724	STEEL



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 4	Rev
Part	Ref	
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Materials

Mat	Name	E (kN/mm ²)	v	Density (kg/m ³)	α (/°C)
1	STEEL	205.000	0.300	7.83E+3	12E -6
2	STAINLESSSTEEL	197.930	0.300	7.83E+3	18E -6
3	ALUMINUM	68.948	0.330	2.71E+3	23E -6
4	CONCRETE	21.718	0.170	2.4E+3	10E -6

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
103	1:PESO PROP	1.525	30.507	1.525	1	-22.170	1.525	3
	2:CARGA MUE	1.525	46.126	1.525	1	-42.673	1.525	3
	3:CARGA VIVA	1.525	726.670	1.525	2	-696.075	1.525	4
	4:CARGA VIVA	1.525	786.195	1.525	2	-753.953	1.525	4
	5:CARGA VIVA	1.525	810.675	1.525	2	-776.810	1.525	4
	6:CARGA VIVA	1.525	811.333	1.525	2	-775.722	1.525	4
	7:CARGA VIVA	1.525	793.197	1.525	1	-755.836	1.525	3
	8:CARGA VIVA	1.525	743.990	1.525	1	-704.919	1.525	3
	9:CARGA VIVA	1.525	701.401	1.525	1	-660.665	1.525	3
	10:CARGA VIV	1.525	658.779	1.525	1	-616.373	1.525	3
	11:CARGA VIV	1.525	622.351	1.525	1	-578.477	1.525	3
	12:CARGA VIV	1.525	580.033	1.525	1	-534.761	1.525	3
	13:CARGA VIV	1.525	557.498	1.525	1	-511.103	1.525	3
	14:CARGA VIV	1.525	547.379	1.525	1	-500.132	1.525	3
	15:CARGA VIV	1.525	555.292	1.525	1	-507.474	1.525	3
	16:CARGA VIV	1.525	569.714	1.525	1	-521.573	1.525	3
	17:CARGA VIV	1.525	596.917	1.525	1	-548.525	1.525	3
	18:CARGA VIV	1.525	641.168	1.525	1	-592.881	1.525	3
	19:CARGA VIV	1.525	691.074	1.525	1	-642.920	1.525	3
	20:CARGA VIV	1.525	740.128	1.525	1	-692.282	1.525	3
	21:CARGA VIV	1.525	771.949	1.525	1	-724.500	1.525	3
	22:CARGA VIV	1.525	782.664	1.525	1	-735.746	1.525	3
	23:CARGA VIV	1.525	785.108	1.525	1	-738.742	1.525	3
	24:CARGA VIV	1.525	769.755	1.525	1	-723.929	1.525	3
	25:CARGA VIV	1.525	725.751	1.525	1	-680.361	1.525	3
	26:CARGA VIV	1.525	687.286	1.525	1	-642.226	1.525	3
	27:CARGA VIV	1.525	652.386	1.525	1	-607.430	1.525	3
	28:CARGA VIV	1.525	619.700	1.525	1	-574.929	1.525	3
	29:CARGA VIV	1.525	590.025	1.525	1	-545.391	1.525	3
	30:CARGA VIV	1.525	567.475	1.525	1	-522.895	1.525	3
	31:CARGA VIV	1.525	554.049	1.525	1	-509.717	1.525	3
	32:CARGA VIV	1.525	545.498	1.525	1	-501.531	1.525	3
	33:CARGA VIV	1.525	524.751	1.525	1	-481.329	1.525	3
	34:MODOS DE	1.525	87.001	1.525	2	-94.540	1.525	1



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 5	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	35:PP+CM+CV	1.525	1.1E+3	1.525	2	-1.05E+3	1.525	4
	36:PP+CM+CV	1.525	1.19E+3	1.525	2	-1.13E+3	1.525	4
	37:PP+CM+CV	1.525	1.22E+3	1.525	2	-1.16E+3	1.525	4
	38:PP+CM+CV	1.525	1.22E+3	1.525	1	-1.16E+3	1.525	3
	39:PP+CM+CV	1.525	1.2E+3	1.525	1	-1.13E+3	1.525	3
	40:PP+CM+CV	1.525	1.13E+3	1.525	1	-1.06E+3	1.525	3
	41:PP+CM+CV	1.525	1.07E+3	1.525	1	-997.834	1.525	3
	42:PP+CM+CV	1.525	1.01E+3	1.525	1	-935.285	1.525	3
	43:PP+CM+CV	1.525	955.518	1.525	1	-881.768	1.525	3
	44:PP+CM+CV	1.525	895.756	1.525	1	-820.032	1.525	3
	45:PP+CM+CV	1.525	863.931	1.525	1	-786.622	1.525	3
	46:PP+CM+CV	1.525	849.642	1.525	1	-771.129	1.525	3
	47:PP+CM+CV	1.525	860.817	1.525	1	-781.497	1.525	3
	48:PP+CM+CV	1.525	881.184	1.525	1	-801.408	1.525	3
	49:PP+CM+CV	1.525	919.599	1.525	1	-839.469	1.525	3
	50:PP+CM+CV	1.525	981.859	1.525	1	-901.877	1.525	3
	51:PP+CM+CV	1.525	1.05E+3	1.525	1	-972.543	1.525	3
	52:PP+CM+CV	1.525	1.12E+3	1.525	1	-1.04E+3	1.525	3
	53:PP+CM+CV	1.525	1.17E+3	1.525	1	-1.09E+3	1.525	3
	54:PP+CM+CV	1.525	1.18E+3	1.525	1	-1.1E+3	1.525	3
	55:PP+CM+CV	1.525	1.19E+3	1.525	1	-1.11E+3	1.525	3
	56:PP+CM+CV	1.525	1.16E+3	1.525	1	-1.09E+3	1.525	3
	57:PP+CM+CV	1.525	1.1E+3	1.525	1	-1.03E+3	1.525	3
	58:PP+CM+CV	1.525	1.05E+3	1.525	1	-971.563	1.525	3
	59:PP+CM+CV	1.525	997.701	1.525	1	-922.424	1.525	3
	60:PP+CM+CV	1.525	951.543	1.525	1	-876.527	1.525	3
	61:PP+CM+CV	1.525	909.636	1.525	1	-834.813	1.525	3
	62:PP+CM+CV	1.525	877.790	1.525	1	-803.044	1.525	3
	63:PP+CM+CV	1.525	858.830	1.525	1	-784.434	1.525	3
	64:PP+CM+CV	1.525	846.755	1.525	1	-772.873	1.525	3
	65:PP+CM+CV	1.525	817.456	1.525	1	-744.344	1.525	3
104	1:PESO PROP	1.525	45.874	1.525	2	-38.603	1.525	4
	2:CARGA MUE	1.525	52.387	1.525	2	-49.371	1.525	4
	3:CARGA VIVA	1.525	146.873	0.000	1	-122.969	0.000	2
	4:CARGA VIVA	1.525	188.654	1.525	2	-163.187	1.525	4
	5:CARGA VIVA	1.525	260.953	1.525	2	-234.025	1.525	4
	6:CARGA VIVA	1.525	346.746	1.525	2	-318.329	1.525	4
	7:CARGA VIVA	1.525	449.063	1.525	2	-419.183	1.525	4
	8:CARGA VIVA	1.525	560.852	1.525	2	-529.599	1.525	4
	9:CARGA VIVA	1.525	662.274	1.525	2	-629.618	1.525	4
	10:CARGA VIV	1.525	761.626	1.525	2	-727.544	1.525	4
	11:CARGA VIV	1.525	823.887	1.525	2	-788.440	1.525	4
	12:CARGA VIV	1.525	865.353	1.525	2	-828.591	1.525	4
	13:CARGA VIV	1.525	886.198	1.525	2	-848.181	1.525	4



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 6	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
14:CARGA VIV		1.525	865.646	1.525	2	-826.457	1.525	4
15:CARGA VIV		1.525	826.293	1.525	2	-786.023	1.525	4
16:CARGA VIV		1.525	784.602	1.525	2	-743.471	1.525	4
17:CARGA VIV		1.525	742.918	1.525	2	-700.904	1.525	4
18:CARGA VIV		1.525	704.739	1.525	2	-662.179	1.525	4
19:CARGA VIV		1.525	665.635	1.525	2	-622.665	1.525	4
20:CARGA VIV		1.525	633.072	1.525	2	-590.013	1.525	4
21:CARGA VIV		1.525	621.978	1.525	2	-579.111	1.525	4
22:CARGA VIV		1.525	626.976	1.525	2	-584.555	1.525	4
23:CARGA VIV		1.525	637.537	1.525	2	-595.743	1.525	4
24:CARGA VIV		1.525	662.412	1.525	2	-621.246	1.525	4
25:CARGA VIV		1.525	704.662	1.525	2	-664.130	1.525	4
26:CARGA VIV		1.525	747.975	1.525	2	-707.944	1.525	4
27:CARGA VIV		1.525	808.639	1.525	2	-768.937	1.525	4
28:CARGA VIV		1.525	832.706	1.525	2	-793.261	1.525	4
29:CARGA VIV		1.525	856.839	1.525	2	-817.613	1.525	4
30:CARGA VIV		1.525	869.918	1.525	2	-830.740	1.525	4
31:CARGA VIV		1.525	849.644	1.525	2	-810.602	1.525	4
32:CARGA VIV		1.525	811.879	1.525	2	-773.006	1.525	4
33:CARGA VIV		1.525	730.769	1.525	2	-691.981	1.525	4
34:MODOS DE		1.525	209.441	0.000	2	-218.065	0.000	1
35:PP+CM+CV		1.525	298.763	1.525	2	-254.719	1.525	4
36:PP+CM+CV		1.525	364.678	1.525	2	-318.426	1.525	4
37:PP+CM+CV		1.525	466.779	1.525	2	-418.464	1.525	4
38:PP+CM+CV		1.525	587.935	1.525	2	-537.518	1.525	4
39:PP+CM+CV		1.525	732.427	1.525	2	-679.944	1.525	4
40:PP+CM+CV		1.525	890.296	1.525	2	-835.873	1.525	4
41:PP+CM+CV		1.525	1.03E+3	1.525	2	-977.120	1.525	4
42:PP+CM+CV		1.525	1.17E+3	1.525	2	-1.12E+3	1.525	4
43:PP+CM+CV		1.525	1.26E+3	1.525	2	-1.2E+3	1.525	4
44:PP+CM+CV		1.525	1.32E+3	1.525	2	-1.26E+3	1.525	4
45:PP+CM+CV		1.525	1.35E+3	1.525	2	-1.29E+3	1.525	4
46:PP+CM+CV		1.525	1.32E+3	1.525	2	-1.26E+3	1.525	4
47:PP+CM+CV		1.525	1.27E+3	1.525	2	-1.2E+3	1.525	4
48:PP+CM+CV		1.525	1.21E+3	1.525	2	-1.14E+3	1.525	4
49:PP+CM+CV		1.525	1.15E+3	1.525	2	-1.08E+3	1.525	4
50:PP+CM+CV		1.525	1.09E+3	1.525	2	-1.02E+3	1.525	4
51:PP+CM+CV		1.525	1.04E+3	1.525	2	-967.302	1.525	4
52:PP+CM+CV		1.525	992.284	1.525	2	-921.190	1.525	4
53:PP+CM+CV		1.525	976.618	1.525	2	-905.794	1.525	4
54:PP+CM+CV		1.525	983.676	1.525	2	-913.483	1.525	4
55:PP+CM+CV		1.525	998.590	1.525	2	-929.282	1.525	4
56:PP+CM+CV		1.525	1.03E+3	1.525	2	-965.298	1.525	4
57:PP+CM+CV		1.525	1.09E+3	1.525	2	-1.03E+3	1.525	4



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

7

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	58:PP+CM+CV	1.525	1.15E+3	1.525	2	-1.09E+3	1.525	4
	59:PP+CM+CV	1.525	1.24E+3	1.525	2	-1.17E+3	1.525	4
	60:PP+CM+CV	1.525	1.27E+3	1.525	2	-1.21E+3	1.525	4
	61:PP+CM+CV	1.525	1.31E+3	1.525	2	-1.24E+3	1.525	4
	62:PP+CM+CV	1.525	1.33E+3	1.525	2	-1.26E+3	1.525	4
	63:PP+CM+CV	1.525	1.3E+3	1.525	2	-1.23E+3	1.525	4
	64:PP+CM+CV	1.525	1.24E+3	1.525	2	-1.18E+3	1.525	4
	65:PP+CM+CV	1.525	1.13E+3	1.525	2	-1.07E+3	1.525	4
105	1:PESO PROP	1.525	51.161	1.525	2	-45.844	1.525	4
	2:CARGA MUE	1.525	54.657	1.525	2	-52.480	1.525	4
	3:CARGA VIVA	1.525	118.956	0.000	1	-103.589	0.000	2
	4:CARGA VIVA	1.525	127.036	0.000	1	-110.514	0.000	2
	5:CARGA VIVA	1.525	134.939	0.000	1	-117.265	0.000	2
	6:CARGA VIVA	1.525	143.139	0.000	1	-124.264	0.000	2
	7:CARGA VIVA	1.525	151.412	0.000	1	-131.305	0.000	2
	8:CARGA VIVA	1.525	159.449	0.000	1	-138.133	0.000	2
	9:CARGA VIVA	1.525	167.560	0.000	1	-145.021	0.000	2
	10:CARGA VIV	1.525	175.767	0.000	1	-151.987	0.000	2
	11:CARGA VIV	1.525	201.451	1.525	2	-176.513	1.525	4
	12:CARGA VIV	1.525	263.855	1.525	2	-237.821	1.525	4
	13:CARGA VIV	1.525	339.222	1.525	2	-312.140	1.525	4
	14:CARGA VIV	1.525	441.087	1.525	2	-413.060	1.525	4
	15:CARGA VIV	1.525	552.573	1.525	2	-523.676	1.525	4
	16:CARGA VIV	1.525	653.184	1.525	2	-623.585	1.525	4
	17:CARGA VIV	1.525	753.946	1.525	2	-723.622	1.525	4
	18:CARGA VIV	1.525	827.581	1.525	2	-796.791	1.525	4
	19:CARGA VIV	1.525	882.755	1.525	2	-851.640	1.525	4
	20:CARGA VIV	1.525	905.153	1.525	2	-873.986	1.525	4
	21:CARGA VIV	1.525	897.084	1.525	2	-866.066	1.525	4
	22:CARGA VIV	1.525	872.325	1.525	2	-841.623	1.525	4
	23:CARGA VIV	1.525	825.855	1.525	2	-795.631	1.525	4
	24:CARGA VIV	1.525	784.779	1.525	2	-754.984	1.525	4
	25:CARGA VIV	1.525	745.352	1.525	2	-715.948	1.525	4
	26:CARGA VIV	1.525	710.487	1.525	2	-681.373	1.525	4
	27:CARGA VIV	1.525	667.753	1.525	2	-638.787	1.525	4
	28:CARGA VIV	1.525	659.801	1.525	2	-630.956	1.525	4
	29:CARGA VIV	1.525	650.630	1.525	2	-621.885	1.525	4
	30:CARGA VIV	1.525	658.796	1.525	2	-630.027	1.525	4
	31:CARGA VIV	1.525	682.458	1.525	2	-653.778	1.525	4
	32:CARGA VIV	1.525	717.462	1.525	2	-688.913	1.525	4
	33:CARGA VIV	1.525	812.817	1.525	2	-784.320	1.525	4
	34:MODOS DE	1.525	435.462	0.000	2	-441.948	0.000	1
	35:PP+CM+CV	1.525	220.365	0.000	1	-191.169	0.000	2
	36:PP+CM+CV	1.525	231.775	0.000	1	-200.949	0.000	2



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 8	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA

Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	37:PP+CM+CV	1.525	242.936	0.000	1	-210.483	0.000	2
	38:PP+CM+CV	1.525	254.516	0.000	1	-220.367	0.000	2
	39:PP+CM+CV	1.525	266.199	0.000	1	-230.310	0.000	2
	40:PP+CM+CV	1.525	277.548	0.000	1	-239.952	0.000	2
	41:PP+CM+CV	1.525	293.039	1.525	2	-253.715	1.525	4
	42:PP+CM+CV	1.525	323.843	1.525	2	-282.768	1.525	4
	43:PP+CM+CV	1.525	390.306	1.525	2	-347.595	1.525	4
	44:PP+CM+CV	1.525	478.433	1.525	2	-434.174	1.525	4
	45:PP+CM+CV	1.525	584.867	1.525	2	-539.128	1.525	4
	46:PP+CM+CV	1.525	728.720	1.525	2	-681.648	1.525	4
	47:PP+CM+CV	1.525	886.162	1.525	2	-837.859	1.525	4
	48:PP+CM+CV	1.525	1.03E+3	1.525	2	-978.950	1.525	4
	49:PP+CM+CV	1.525	1.17E+3	1.525	2	-1.12E+3	1.525	4
	50:PP+CM+CV	1.525	1.27E+3	1.525	2	-1.22E+3	1.525	4
	51:PP+CM+CV	1.525	1.35E+3	1.525	2	-1.3E+3	1.525	4
	52:PP+CM+CV	1.525	1.38E+3	1.525	2	-1.33E+3	1.525	4
	53:PP+CM+CV	1.525	1.37E+3	1.525	2	-1.32E+3	1.525	4
	54:PP+CM+CV	1.525	1.34E+3	1.525	2	-1.29E+3	1.525	4
	55:PP+CM+CV	1.525	1.27E+3	1.525	2	-1.22E+3	1.525	4
	56:PP+CM+CV	1.525	1.21E+3	1.525	2	-1.16E+3	1.525	4
	57:PP+CM+CV	1.525	1.16E+3	1.525	2	-1.11E+3	1.525	4
	58:PP+CM+CV	1.525	1.11E+3	1.525	2	-1.06E+3	1.525	4
	59:PP+CM+CV	1.525	1.05E+3	1.525	2	-1E+3	1.525	4
	60:PP+CM+CV	1.525	1.04E+3	1.525	2	-989.360	1.525	4
	61:PP+CM+CV	1.525	1.02E+3	1.525	2	-976.550	1.525	4
	62:PP+CM+CV	1.525	1.04E+3	1.525	2	-988.048	1.525	4
	63:PP+CM+CV	1.525	1.07E+3	1.525	2	-1.02E+3	1.525	4
	64:PP+CM+CV	1.525	1.12E+3	1.525	2	-1.07E+3	1.525	4
	65:PP+CM+CV	1.525	1.25E+3	1.525	2	-1.21E+3	1.525	4
112	1:PESO PROP	2.130	31.662	1.065	1	-23.134	1.065	3
	2:CARGA MUE	2.130	46.368	2.130	1	-42.835	2.130	3
	3:CARGA VIVA	2.130	727.046	0.000	1	-695.699	0.000	3
	4:CARGA VIVA	2.130	786.591	0.000	1	-753.557	0.000	3
	5:CARGA VIVA	2.130	811.089	0.000	1	-776.397	0.000	3
	6:CARGA VIVA	2.130	811.768	0.000	1	-775.288	0.000	3
	7:CARGA VIVA	2.130	793.652	0.000	1	-755.381	0.000	3
	8:CARGA VIVA	2.130	744.464	0.000	1	-704.444	0.000	3
	9:CARGA VIVA	2.130	701.897	0.000	1	-660.169	0.000	3
	10:CARGA VIV	2.130	659.298	0.000	1	-615.854	0.000	3
	11:CARGA VIV	2.130	622.888	0.000	1	-577.940	0.000	3
	12:CARGA VIV	2.130	580.586	0.000	1	-534.209	0.000	3
	13:CARGA VIV	2.130	558.061	0.000	1	-510.539	0.000	3
	14:CARGA VIV	2.130	547.947	0.000	1	-499.564	0.000	3
	15:CARGA VIV	2.130	555.860	0.000	1	-506.905	0.000	3



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 9	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
16:CARGA VIV		2.130	570.279	0.000	1	-521.008	0.000	3
17:CARGA VIV		2.130	598.819	2.130	1	-549.305	2.130	3
18:CARGA VIV		2.130	646.444	2.130	1	-597.045	2.130	3
19:CARGA VIV		2.130	696.772	2.130	1	-647.515	2.130	3
20:CARGA VIV		2.130	746.242	2.130	1	-697.300	2.130	3
21:CARGA VIV		2.130	778.338	2.130	1	-729.800	2.130	3
22:CARGA VIV		2.130	789.157	2.130	1	-741.159	2.130	3
23:CARGA VIV		2.130	791.630	2.130	1	-744.190	2.130	3
24:CARGA VIV		2.130	776.164	2.130	1	-729.272	2.130	3
25:CARGA VIV		2.130	731.808	2.130	1	-685.362	2.130	3
26:CARGA VIV		2.130	693.039	2.130	1	-646.928	2.130	3
27:CARGA VIV		2.130	657.867	2.130	1	-611.859	2.130	3
28:CARGA VIV		2.130	624.916	2.130	1	-579.098	2.130	3
29:CARGA VIV		2.130	595.000	2.130	1	-549.323	2.130	3
30:CARGA VIV		2.130	572.266	2.130	1	-526.648	2.130	3
31:CARGA VIV		2.130	558.722	2.130	1	-513.364	2.130	3
32:CARGA VIV		2.130	550.089	2.130	1	-505.113	2.130	3
33:CARGA VIV		2.130	529.144	2.130	1	-484.748	2.130	3
34:MODOS DE		2.130	85.611	0.000	2	-95.930	0.000	1
35:PP+CM+CV		2.130	1.1E+3	0.000	1	-1.05E+3	0.000	3
36:PP+CM+CV		2.130	1.19E+3	0.000	1	-1.13E+3	0.000	3
37:PP+CM+CV		2.130	1.22E+3	0.000	1	-1.16E+3	0.000	3
38:PP+CM+CV		2.130	1.22E+3	0.000	1	-1.16E+3	0.000	3
39:PP+CM+CV		2.130	1.2E+3	0.000	1	-1.13E+3	0.000	3
40:PP+CM+CV		2.130	1.13E+3	0.000	1	-1.06E+3	0.000	3
41:PP+CM+CV		2.130	1.07E+3	0.000	1	-996.999	0.000	3
42:PP+CM+CV		2.130	1.01E+3	0.000	1	-934.418	0.000	3
43:PP+CM+CV		2.130	956.411	0.000	1	-880.875	0.000	3
44:PP+CM+CV		2.130	896.671	0.000	1	-819.118	0.000	3
45:PP+CM+CV		2.130	864.862	0.000	1	-785.692	0.000	3
46:PP+CM+CV		2.130	850.579	0.000	1	-770.193	0.000	3
47:PP+CM+CV		2.130	861.753	0.000	1	-780.560	0.000	3
48:PP+CM+CV		2.130	882.116	0.000	1	-800.475	0.000	3
49:PP+CM+CV		2.130	922.820	2.130	1	-840.836	2.130	3
50:PP+CM+CV		2.130	990.076	2.130	1	-908.255	2.130	3
51:PP+CM+CV		2.130	1.06E+3	2.130	1	-979.528	2.130	3
52:PP+CM+CV		2.130	1.13E+3	2.130	1	-1.05E+3	2.130	3
53:PP+CM+CV		2.130	1.18E+3	2.130	1	-1.1E+3	2.130	3
54:PP+CM+CV		2.130	1.19E+3	2.130	1	-1.11E+3	2.130	3
55:PP+CM+CV		2.130	1.2E+3	2.130	1	-1.12E+3	2.130	3
56:PP+CM+CV		2.130	1.17E+3	2.130	1	-1.09E+3	2.130	3
57:PP+CM+CV		2.130	1.11E+3	2.130	1	-1.03E+3	2.130	3
58:PP+CM+CV		2.130	1.06E+3	2.130	1	-978.700	2.130	3
59:PP+CM+CV		2.130	1.01E+3	2.130	1	-929.174	2.130	3



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 10	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	60:PP+CM+CV	2.130	959.674	2.130	1	-882.910	2.130	3
	61:PP+CM+CV	2.130	917.426	2.130	1	-840.861	2.130	3
	62:PP+CM+CV	2.130	885.321	2.130	1	-808.840	2.130	3
	63:PP+CM+CV	2.130	866.194	2.130	1	-790.081	2.130	3
	64:PP+CM+CV	2.130	854.003	2.130	1	-778.428	2.130	3
	65:PP+CM+CV	2.130	824.425	2.130	1	-749.669	2.130	3
113	1:PESO PROP	1.525	30.704	0.000	1	-22.367	0.000	3
	2:CARGA MUE	1.525	46.328	0.000	1	-42.875	0.000	3
	3:CARGA VIVA	1.525	718.735	0.000	1	-688.141	0.000	3
	4:CARGA VIVA	1.525	777.379	0.000	1	-745.138	0.000	3
	5:CARGA VIVA	1.525	801.416	0.000	1	-767.552	0.000	3
	6:CARGA VIVA	1.525	801.978	0.000	1	-766.368	0.000	3
	7:CARGA VIVA	1.525	783.978	0.000	1	-746.619	0.000	3
	8:CARGA VIVA	1.525	735.332	0.000	1	-696.262	0.000	3
	9:CARGA VIVA	1.525	693.229	0.000	1	-652.495	0.000	3
	10:CARGA VIV	1.525	651.106	0.000	1	-608.701	0.000	3
	11:CARGA VIV	1.525	615.123	0.000	1	-571.250	0.000	3
	12:CARGA VIV	1.525	573.366	0.000	1	-528.095	0.000	3
	13:CARGA VIV	1.525	551.093	0.000	1	-504.699	0.000	3
	14:CARGA VIV	1.525	541.089	0.000	1	-493.843	0.000	3
	15:CARGA VIV	1.525	548.843	0.000	1	-501.026	0.000	3
	16:CARGA VIV	1.525	564.411	0.000	1	-516.270	0.000	3
	17:CARGA VIV	1.525	598.258	0.000	1	-549.867	0.000	3
	18:CARGA VIV	1.525	645.888	0.000	1	-597.602	0.000	3
	19:CARGA VIV	1.525	696.220	0.000	1	-648.067	0.000	3
	20:CARGA VIV	1.525	745.694	0.000	1	-697.849	0.000	3
	21:CARGA VIV	1.525	777.793	0.000	1	-730.345	0.000	3
	22:CARGA VIV	1.525	788.616	0.000	1	-741.700	0.000	3
	23:CARGA VIV	1.525	791.092	0.000	1	-744.728	0.000	3
	24:CARGA VIV	1.525	775.630	0.000	1	-729.806	0.000	3
	25:CARGA VIV	1.525	731.280	0.000	1	-685.890	0.000	3
	26:CARGA VIV	1.525	692.513	0.000	1	-647.454	0.000	3
	27:CARGA VIV	1.525	657.340	0.000	1	-612.386	0.000	3
	28:CARGA VIV	1.525	624.392	0.000	1	-579.622	0.000	3
	29:CARGA VIV	1.525	594.478	0.000	1	-549.845	0.000	3
	30:CARGA VIV	1.525	571.747	0.000	1	-527.167	0.000	3
	31:CARGA VIV	1.525	558.208	0.000	1	-513.878	0.000	3
	32:CARGA VIV	1.525	549.584	0.000	1	-505.617	0.000	3
	33:CARGA VIV	1.525	528.657	0.000	1	-485.236	0.000	3
	34:MODOS DE	1.525	306.926	1.525	1	-325.359	1.525	3
	35:PP+CM+CV	1.525	1.09E+3	0.000	1	-1.04E+3	0.000	3
	36:PP+CM+CV	1.525	1.17E+3	0.000	1	-1.12E+3	0.000	3
	37:PP+CM+CV	1.525	1.21E+3	0.000	1	-1.15E+3	0.000	3
	38:PP+CM+CV	1.525	1.21E+3	0.000	1	-1.15E+3	0.000	3



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 11	Rev
Part	Ref	
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	39:PP+CM+CV	1.525	1.18E+3	0.000	1	-1.12E+3	0.000	3
	40:PP+CM+CV	1.525	1.11E+3	0.000	1	-1.05E+3	0.000	3
	41:PP+CM+CV	1.525	1.05E+3	0.000	1	-985.234	0.000	3
	42:PP+CM+CV	1.525	995.063	0.000	1	-923.389	0.000	3
	43:PP+CM+CV	1.525	944.249	0.000	1	-870.501	0.000	3
	44:PP+CM+CV	1.525	885.280	0.000	1	-809.557	0.000	3
	45:PP+CM+CV	1.525	853.825	0.000	1	-776.517	0.000	3
	46:PP+CM+CV	1.525	839.697	0.000	1	-761.186	0.000	3
	47:PP+CM+CV	1.525	850.648	0.000	1	-771.330	0.000	3
	48:PP+CM+CV	1.525	874.094	0.000	1	-794.319	0.000	3
	49:PP+CM+CV	1.525	921.892	0.000	1	-841.764	0.000	3
	50:PP+CM+CV	1.525	989.155	0.000	1	-909.175	0.000	3
	51:PP+CM+CV	1.525	1.06E+3	0.000	1	-980.442	0.000	3
	52:PP+CM+CV	1.525	1.13E+3	0.000	1	-1.05E+3	0.000	3
	53:PP+CM+CV	1.525	1.18E+3	0.000	1	-1.1E+3	0.000	3
	54:PP+CM+CV	1.525	1.19E+3	0.000	1	-1.11E+3	0.000	3
	55:PP+CM+CV	1.525	1.19E+3	0.000	1	-1.12E+3	0.000	3
	56:PP+CM+CV	1.525	1.17E+3	0.000	1	-1.1E+3	0.000	3
	57:PP+CM+CV	1.525	1.11E+3	0.000	1	-1.03E+3	0.000	3
	58:PP+CM+CV	1.525	1.05E+3	0.000	1	-979.577	0.000	3
	59:PP+CM+CV	1.525	1.01E+3	0.000	1	-930.053	0.000	3
	60:PP+CM+CV	1.525	958.799	0.000	1	-883.784	0.000	3
	61:PP+CM+CV	1.525	916.555	0.000	1	-841.733	0.000	3
	62:PP+CM+CV	1.525	884.453	0.000	1	-809.708	0.000	3
	63:PP+CM+CV	1.525	865.334	0.000	1	-790.940	0.000	3
	64:PP+CM+CV	1.525	853.155	0.000	1	-779.275	0.000	3
	65:PP+CM+CV	1.525	823.602	0.000	1	-750.492	0.000	3
114	1:PESO PROP	2.130	47.072	1.065	2	-39.663	1.065	4
	2:CARGA MUE	2.130	52.615	2.130	2	-49.540	2.130	4
	3:CARGA VIVA	2.130	144.888	2.130	2	-120.761	2.130	4
	4:CARGA VIVA	2.130	191.903	2.130	2	-166.173	2.130	4
	5:CARGA VIVA	2.130	264.387	2.130	2	-237.152	2.130	4
	6:CARGA VIVA	2.130	350.235	2.130	2	-321.466	2.130	4
	7:CARGA VIVA	2.130	452.526	2.130	2	-422.243	2.130	4
	8:CARGA VIVA	2.130	564.133	2.130	2	-532.426	2.130	4
	9:CARGA VIVA	2.130	665.399	2.130	2	-632.237	2.130	4
	10:CARGA VIV	2.130	764.589	2.130	2	-729.949	2.130	4
	11:CARGA VIV	2.130	826.705	2.130	2	-790.653	2.130	4
	12:CARGA VIV	2.130	867.979	2.130	2	-830.573	2.130	4
	13:CARGA VIV	2.130	888.744	2.130	2	-850.043	2.130	4
	14:CARGA VIV	2.130	868.162	2.130	2	-828.257	2.130	4
	15:CARGA VIV	2.130	828.881	2.130	2	-787.863	2.130	4
	16:CARGA VIV	2.130	787.300	2.130	2	-745.393	2.130	4
	17:CARGA VIV	2.130	745.804	2.130	2	-702.983	2.130	4



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 12	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	18:CARGA VIV	2.130	707.885	2.130	2	-664.493	2.130	4
	19:CARGA VIV	2.130	669.049	2.130	2	-625.231	2.130	4
	20:CARGA VIV	2.130	636.745	2.130	2	-592.831	2.130	4
	21:CARGA VIV	2.130	625.821	2.130	2	-582.099	2.130	4
	22:CARGA VIV	2.130	630.885	2.130	2	-587.614	2.130	4
	23:CARGA VIV	2.130	641.459	2.130	2	-598.829	2.130	4
	24:CARGA VIV	2.130	666.267	2.130	2	-624.273	2.130	4
	25:CARGA VIV	2.130	708.306	2.130	2	-666.952	2.130	4
	26:CARGA VIV	2.130	751.436	2.130	2	-710.586	2.130	4
	27:CARGA VIV	2.130	811.937	2.130	2	-771.413	2.130	4
	28:CARGA VIV	2.130	835.846	2.130	2	-795.578	2.130	4
	29:CARGA VIV	2.130	859.836	2.130	2	-819.786	2.130	4
	30:CARGA VIV	2.130	872.808	2.130	2	-832.802	2.130	4
	31:CARGA VIV	2.130	852.465	2.130	2	-812.598	2.130	4
	32:CARGA VIV	2.130	814.653	2.130	2	-774.963	2.130	4
	33:CARGA VIV	2.130	733.433	2.130	2	-693.834	2.130	4
	34:MODOS DE	2.130	223.766	2.130	1	-241.191	2.130	3
	35:PP+CM+CV	2.130	303.414	2.130	2	-258.858	2.130	4
	36:PP+CM+CV	2.130	369.810	2.130	2	-322.990	2.130	4
	37:PP+CM+CV	2.130	472.171	2.130	2	-423.226	2.130	4
	38:PP+CM+CV	2.130	593.406	2.130	2	-542.295	2.130	4
	39:PP+CM+CV	2.130	737.861	2.130	2	-684.612	2.130	4
	40:PP+CM+CV	2.130	895.473	2.130	2	-840.213	2.130	4
	41:PP+CM+CV	2.130	1.04E+3	2.130	2	-981.165	2.130	4
	42:PP+CM+CV	2.130	1.18E+3	2.130	2	-1.12E+3	2.130	4
	43:PP+CM+CV	2.130	1.27E+3	2.130	2	-1.2E+3	2.130	4
	44:PP+CM+CV	2.130	1.32E+3	2.130	2	-1.26E+3	2.130	4
	45:PP+CM+CV	2.130	1.35E+3	1.952	2	-1.29E+3	1.952	4
	46:PP+CM+CV	2.130	1.32E+3	1.952	2	-1.26E+3	1.952	4
	47:PP+CM+CV	2.130	1.27E+3	1.952	2	-1.2E+3	1.952	4
	48:PP+CM+CV	2.130	1.21E+3	2.130	2	-1.14E+3	2.130	4
	49:PP+CM+CV	2.130	1.15E+3	2.130	2	-1.08E+3	2.130	4
	50:PP+CM+CV	2.130	1.1E+3	2.130	2	-1.03E+3	2.130	4
	51:PP+CM+CV	2.130	1.04E+3	2.130	2	-971.272	2.130	4
	52:PP+CM+CV	2.130	998.015	2.130	2	-925.517	2.130	4
	53:PP+CM+CV	2.130	982.589	2.130	2	-910.361	2.130	4
	54:PP+CM+CV	2.130	989.739	2.130	2	-918.149	2.130	4
	55:PP+CM+CV	2.130	1E+3	2.130	2	-933.987	2.130	4
	56:PP+CM+CV	2.130	1.04E+3	2.130	2	-969.919	2.130	4
	57:PP+CM+CV	2.130	1.1E+3	2.130	2	-1.03E+3	2.130	4
	58:PP+CM+CV	2.130	1.16E+3	2.130	2	-1.09E+3	2.130	4
	59:PP+CM+CV	2.130	1.25E+3	2.130	2	-1.18E+3	2.130	4
	60:PP+CM+CV	2.130	1.28E+3	2.130	2	-1.21E+3	2.130	4
	61:PP+CM+CV	2.130	1.31E+3	2.130	2	-1.25E+3	2.130	4



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 13	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	62:PP+CM+CV	2.130	1.33E+3	2.130	2	-1.26E+3	2.130	4
	63:PP+CM+CV	2.130	1.3E+3	2.130	2	-1.24E+3	2.130	4
	64:PP+CM+CV	2.130	1.25E+3	2.130	2	-1.18E+3	2.130	4
	65:PP+CM+CV	2.130	1.13E+3	1.952	2	-1.07E+3	1.952	4
115	1:PESO PROP	1.525	46.120	0.000	1	-38.849	0.000	3
	2:CARGA MUE	1.525	52.586	0.000	1	-49.569	0.000	3
	3:CARGA VIVA	1.525	151.164	1.525	1	-127.251	1.525	2
	4:CARGA VIVA	1.525	191.777	0.000	1	-166.300	0.000	4
	5:CARGA VIVA	1.525	264.238	0.000	1	-237.300	0.000	3
	6:CARGA VIVA	1.525	350.064	0.000	1	-321.638	0.000	3
	7:CARGA VIVA	1.525	452.329	0.000	1	-422.439	0.000	3
	8:CARGA VIVA	1.525	563.911	0.000	1	-532.649	0.000	3
	9:CARGA VIVA	1.525	665.150	0.000	1	-632.485	0.000	3
	10:CARGA VIV	1.525	764.314	0.000	1	-730.224	0.000	3
	11:CARGA VIV	1.525	826.406	0.000	1	-790.951	0.000	3
	12:CARGA VIV	1.525	867.661	0.000	1	-830.892	0.000	3
	13:CARGA VIV	1.525	888.405	0.000	1	-850.382	0.000	3
	14:CARGA VIV	1.525	867.807	0.000	1	-828.612	0.000	3
	15:CARGA VIV	1.525	828.510	0.000	1	-788.234	0.000	3
	16:CARGA VIV	1.525	786.916	0.000	1	-745.778	0.000	3
	17:CARGA VIV	1.525	745.404	0.000	1	-703.383	0.000	3
	18:CARGA VIV	1.525	707.473	0.000	1	-664.905	0.000	3
	19:CARGA VIV	1.525	668.629	0.000	1	-625.651	0.000	3
	20:CARGA VIV	1.525	636.322	0.000	1	-593.254	0.000	3
	21:CARGA VIV	1.525	625.399	0.000	1	-582.522	0.000	3
	22:CARGA VIV	1.525	630.465	0.000	1	-588.034	0.000	3
	23:CARGA VIV	1.525	641.046	0.000	1	-599.242	0.000	3
	24:CARGA VIV	1.525	665.858	0.000	1	-624.682	0.000	3
	25:CARGA VIV	1.525	707.900	0.000	1	-667.358	0.000	3
	26:CARGA VIV	1.525	751.031	0.000	1	-710.991	0.000	3
	27:CARGA VIV	1.525	811.530	0.000	1	-771.820	0.000	3
	28:CARGA VIV	1.525	835.439	0.000	1	-795.986	0.000	3
	29:CARGA VIV	1.525	859.428	0.000	1	-820.194	0.000	3
	30:CARGA VIV	1.525	872.398	0.000	1	-833.212	0.000	3
	31:CARGA VIV	1.525	852.056	0.000	1	-813.007	0.000	3
	32:CARGA VIV	1.525	814.248	0.000	1	-775.368	0.000	3
	33:CARGA VIV	1.525	733.031	0.000	1	-694.237	0.000	3
	34:MODOS DE	1.525	222.595	0.000	1	-242.363	0.000	2
	35:PP+CM+CV	1.525	303.165	0.000	1	-259.108	0.000	4
	36:PP+CM+CV	1.525	369.533	0.000	1	-323.267	0.000	3
	37:PP+CM+CV	1.525	471.864	0.000	1	-423.534	0.000	3
	38:PP+CM+CV	1.525	593.066	0.000	1	-542.635	0.000	3
	39:PP+CM+CV	1.525	737.486	0.000	1	-684.987	0.000	3
	40:PP+CM+CV	1.525	895.061	0.000	1	-840.624	0.000	3



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 14	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	41:PP+CM+CV	1.525	1.04E+3	0.000	1	-981.614	0.000	3
	42:PP+CM+CV	1.525	1.18E+3	0.000	1	-1.12E+3	0.000	3
	43:PP+CM+CV	1.525	1.27E+3	0.000	1	-1.21E+3	0.000	3
	44:PP+CM+CV	1.525	1.32E+3	0.000	1	-1.26E+3	0.000	3
	45:PP+CM+CV	1.525	1.35E+3	0.000	1	-1.29E+3	0.000	3
	46:PP+CM+CV	1.525	1.32E+3	0.000	1	-1.26E+3	0.000	3
	47:PP+CM+CV	1.525	1.27E+3	0.000	1	-1.2E+3	0.000	3
	48:PP+CM+CV	1.525	1.21E+3	0.000	1	-1.14E+3	0.000	3
	49:PP+CM+CV	1.525	1.15E+3	0.000	1	-1.08E+3	0.000	3
	50:PP+CM+CV	1.525	1.1E+3	0.000	1	-1.03E+3	0.000	3
	51:PP+CM+CV	1.525	1.04E+3	0.000	1	-971.962	0.000	3
	52:PP+CM+CV	1.525	997.321	0.000	1	-926.212	0.000	3
	53:PP+CM+CV	1.525	981.895	0.000	1	-911.055	0.000	3
	54:PP+CM+CV	1.525	989.049	0.000	1	-918.840	0.000	3
	55:PP+CM+CV	1.525	1E+3	0.000	1	-934.668	0.000	3
	56:PP+CM+CV	1.525	1.04E+3	0.000	1	-970.594	0.000	3
	57:PP+CM+CV	1.525	1.1E+3	0.000	1	-1.03E+3	0.000	3
	58:PP+CM+CV	1.525	1.16E+3	0.000	1	-1.09E+3	0.000	3
	59:PP+CM+CV	1.525	1.24E+3	0.000	1	-1.18E+3	0.000	3
	60:PP+CM+CV	1.525	1.28E+3	0.000	1	-1.21E+3	0.000	3
	61:PP+CM+CV	1.525	1.31E+3	0.000	1	-1.25E+3	0.000	3
	62:PP+CM+CV	1.525	1.33E+3	0.000	1	-1.27E+3	0.000	3
	63:PP+CM+CV	1.525	1.3E+3	0.000	1	-1.24E+3	0.000	3
	64:PP+CM+CV	1.525	1.25E+3	0.000	1	-1.18E+3	0.000	3
	65:PP+CM+CV	1.525	1.13E+3	0.000	1	-1.07E+3	0.000	3
116	1:PESO PROP	2.130	52.317	1.065	2	-46.785	1.065	4
	2:CARGA MUE	2.130	54.771	2.130	2	-52.504	2.130	4
	3:CARGA VIVA	2.130	79.801	2.130	3	-64.019	2.130	1
	4:CARGA VIVA	2.130	85.306	2.130	3	-68.329	2.130	1
	5:CARGA VIVA	2.130	90.683	2.130	3	-72.510	2.130	1
	6:CARGA VIVA	2.130	96.249	2.130	2	-76.829	2.130	1
	7:CARGA VIVA	2.130	101.864	2.130	2	-81.165	2.130	1
	8:CARGA VIVA	2.130	114.485	2.130	2	-92.527	2.130	4
	9:CARGA VIVA	2.130	133.920	2.130	2	-110.684	2.130	4
	10:CARGA VIV	2.130	155.695	2.130	2	-131.163	2.130	4
	11:CARGA VIV	2.130	202.732	2.130	2	-176.978	2.130	4
	12:CARGA VIV	2.130	265.095	2.130	2	-238.179	2.130	4
	13:CARGA VIV	2.130	340.463	2.130	2	-312.427	2.130	4
	14:CARGA VIV	2.130	442.350	2.130	2	-413.292	2.130	4
	15:CARGA VIV	2.130	553.897	2.130	2	-523.887	2.130	4
	16:CARGA VIV	2.130	654.576	2.130	2	-623.794	2.130	4
	17:CARGA VIV	2.130	755.435	2.130	2	-723.855	2.130	4
	18:CARGA VIV	2.130	829.183	2.130	2	-797.085	2.130	4
	19:CARGA VIV	2.130	884.468	2.130	2	-852.006	2.130	4



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 15	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	20:CARGA VIV	2.130	906.963	2.130	2	-874.435	2.130	4
	21:CARGA VIV	2.130	898.949	2.130	2	-866.577	2.130	4
	22:CARGA VIV	2.130	874.205	2.130	2	-842.169	2.130	4
	23:CARGA VIV	2.130	827.725	2.130	2	-796.202	2.130	4
	24:CARGA VIV	2.130	786.612	2.130	2	-755.548	2.130	4
	25:CARGA VIV	2.130	747.099	2.130	2	-716.454	2.130	4
	26:CARGA VIV	2.130	712.160	2.130	2	-681.827	2.130	4
	27:CARGA VIV	2.130	669.359	2.130	2	-639.194	2.130	4
	28:CARGA VIV	2.130	661.349	2.130	2	-631.311	2.130	4
	29:CARGA VIV	2.130	652.126	2.130	2	-622.193	2.130	4
	30:CARGA VIV	2.130	660.256	2.130	2	-630.294	2.130	4
	31:CARGA VIV	2.130	683.899	2.130	2	-654.018	2.130	4
	32:CARGA VIV	2.130	718.894	2.130	2	-689.132	2.130	4
	33:CARGA VIV	2.130	814.230	2.130	2	-784.482	2.130	4
	34:MODOS DE	2.130	229.458	2.130	1	-245.650	2.130	3
	35:PP+CM+CV	2.130	219.082	1.420	2	-188.995	1.420	4
	36:PP+CM+CV	2.130	226.813	1.420	2	-195.038	1.420	4
	37:PP+CM+CV	2.130	234.395	1.597	2	-200.932	1.597	4
	38:PP+CM+CV	2.130	242.257	1.597	2	-207.033	1.597	4
	39:PP+CM+CV	2.130	250.198	1.597	2	-213.168	1.597	4
	40:PP+CM+CV	2.130	268.144	1.420	2	-229.335	1.420	4
	41:PP+CM+CV	2.130	295.620	1.420	2	-255.006	1.420	4
	42:PP+CM+CV	2.130	326.402	1.420	2	-283.957	1.420	4
	43:PP+CM+CV	2.130	392.854	1.420	2	-348.685	1.420	4
	44:PP+CM+CV	2.130	480.959	1.420	2	-435.148	1.420	4
	45:PP+CM+CV	2.130	587.409	1.420	2	-540.018	1.420	4
	46:PP+CM+CV	2.130	731.302	1.420	2	-682.467	1.420	4
	47:PP+CM+CV	2.130	888.819	1.420	2	-838.640	1.420	4
	48:PP+CM+CV	2.130	1.03E+3	1.420	2	-979.713	1.420	4
	49:PP+CM+CV	2.130	1.17E+3	1.420	2	-1.12E+3	1.420	4
	50:PP+CM+CV	2.130	1.28E+3	1.420	2	-1.22E+3	1.420	4
	51:PP+CM+CV	2.130	1.36E+3	1.420	2	-1.3E+3	1.420	4
	52:PP+CM+CV	2.130	1.39E+3	1.597	2	-1.33E+3	1.597	4
	53:PP+CM+CV	2.130	1.38E+3	1.597	2	-1.32E+3	1.597	4
	54:PP+CM+CV	2.130	1.34E+3	1.597	2	-1.29E+3	1.597	4
	55:PP+CM+CV	2.130	1.28E+3	1.597	2	-1.22E+3	1.597	4
	56:PP+CM+CV	2.130	1.22E+3	1.597	2	-1.17E+3	1.597	4
	57:PP+CM+CV	2.130	1.16E+3	1.597	2	-1.11E+3	1.597	4
	58:PP+CM+CV	2.130	1.11E+3	1.420	2	-1.06E+3	1.420	4
	59:PP+CM+CV	2.130	1.05E+3	1.420	2	-1E+3	1.420	4
	60:PP+CM+CV	2.130	1.04E+3	1.420	2	-990.258	1.420	4
	61:PP+CM+CV	2.130	1.03E+3	1.420	2	-977.404	1.420	4
	62:PP+CM+CV	2.130	1.04E+3	1.420	2	-988.862	1.420	4
	63:PP+CM+CV	2.130	1.07E+3	1.420	2	-1.02E+3	1.420	4



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 16	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13	

Job Title PUENTE LA LANA
Client ARAGON

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	64:PP+CM+CV	2.130	1.12E+3	1.420	2	-1.07E+3	1.420	4
	65:PP+CM+CV	2.130	1.26E+3	1.420	2	-1.21E+3	1.420	4
117	1:PESO PROP	1.525	51.246	0.000	1	-45.929	0.000	3
	2:CARGA MUE	1.525	54.726	0.000	1	-52.549	0.000	3
	3:CARGA VIVA	1.525	118.641	1.525	1	-103.270	1.525	2
	4:CARGA VIVA	1.525	126.691	1.525	1	-110.165	1.525	2
	5:CARGA VIVA	1.525	134.573	1.525	1	-116.895	1.525	2
	6:CARGA VIVA	1.525	142.759	1.525	1	-123.879	1.525	2
	7:CARGA VIVA	1.525	151.021	1.525	1	-130.910	1.525	2
	8:CARGA VIVA	1.525	159.045	1.525	1	-137.725	1.525	2
	9:CARGA VIVA	1.525	167.181	1.525	1	-144.638	1.525	2
	10:CARGA VIV	1.525	175.414	1.525	1	-151.631	1.525	2
	11:CARGA VIV	1.525	202.325	0.000	2	-177.384	0.000	1
	12:CARGA VIV	1.525	264.655	0.000	1	-238.618	0.000	3
	13:CARGA VIV	1.525	339.987	0.000	1	-312.903	0.000	3
	14:CARGA VIV	1.525	441.836	0.000	1	-413.807	0.000	3
	15:CARGA VIV	1.525	553.342	0.000	1	-524.442	0.000	3
	16:CARGA VIV	1.525	653.986	0.000	1	-624.384	0.000	3
	17:CARGA VIV	1.525	754.809	0.000	1	-724.481	0.000	3
	18:CARGA VIV	1.525	828.531	0.000	1	-797.737	0.000	3
	19:CARGA VIV	1.525	883.796	0.000	1	-852.678	0.000	3
	20:CARGA VIV	1.525	906.284	0.000	1	-875.113	0.000	3
	21:CARGA VIV	1.525	898.274	0.000	1	-867.252	0.000	3
	22:CARGA VIV	1.525	873.540	0.000	1	-842.834	0.000	3
	23:CARGA VIV	1.525	827.077	0.000	1	-796.849	0.000	3
	24:CARGA VIV	1.525	785.980	0.000	1	-756.180	0.000	3
	25:CARGA VIV	1.525	746.481	0.000	1	-717.072	0.000	3
	26:CARGA VIV	1.525	711.553	0.000	1	-682.435	0.000	3
	27:CARGA VIV	1.525	668.762	0.000	1	-639.792	0.000	3
	28:CARGA VIV	1.525	660.754	0.000	1	-631.906	0.000	3
	29:CARGA VIV	1.525	651.533	0.000	1	-622.785	0.000	3
	30:CARGA VIV	1.525	659.661	0.000	1	-630.889	0.000	3
	31:CARGA VIV	1.525	683.300	0.000	1	-654.617	0.000	3
	32:CARGA VIV	1.525	718.289	0.000	1	-689.736	0.000	3
	33:CARGA VIV	1.525	813.606	0.000	1	-785.106	0.000	3
	34:MODOS DE	1.525	271.820	1.525	1	-292.766	1.525	3
	35:PP+CM+CV	1.525	219.806	1.525	4	-190.605	1.525	2
	36:PP+CM+CV	1.525	231.150	1.525	1	-200.318	1.525	2
	37:PP+CM+CV	1.525	242.274	1.525	1	-209.815	1.525	2
	38:PP+CM+CV	1.525	253.845	1.525	1	-219.689	1.525	2
	39:PP+CM+CV	1.525	265.535	1.525	1	-229.639	1.525	2
	40:PP+CM+CV	1.525	276.923	1.525	1	-239.321	1.525	2
	41:PP+CM+CV	1.525	294.604	0.000	2	-255.274	0.000	1
	42:PP+CM+CV	1.525	325.315	0.000	2	-284.235	0.000	1



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

17

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	43:PP+CM+CV	1.525	391.695	0.000	1	-348.980	0.000	4
	44:PP+CM+CV	1.525	479.718	0.000	1	-435.454	0.000	3
	45:PP+CM+CV	1.525	586.102	0.000	1	-540.359	0.000	3
	46:PP+CM+CV	1.525	729.932	0.000	1	-682.855	0.000	3
	47:PP+CM+CV	1.525	887.401	0.000	1	-839.094	0.000	3
	48:PP+CM+CV	1.525	1.03E+3	0.000	1	-980.233	0.000	3
	49:PP+CM+CV	1.525	1.17E+3	0.000	1	-1.12E+3	0.000	3
	50:PP+CM+CV	1.525	1.28E+3	0.000	1	-1.23E+3	0.000	3
	51:PP+CM+CV	1.525	1.35E+3	0.000	1	-1.3E+3	0.000	3
	52:PP+CM+CV	1.525	1.39E+3	0.000	1	-1.33E+3	0.000	3
	53:PP+CM+CV	1.525	1.37E+3	0.000	1	-1.32E+3	0.000	3
	54:PP+CM+CV	1.525	1.34E+3	0.000	1	-1.29E+3	0.000	3
	55:PP+CM+CV	1.525	1.27E+3	0.000	1	-1.22E+3	0.000	3
	56:PP+CM+CV	1.525	1.22E+3	0.000	1	-1.17E+3	0.000	3
	57:PP+CM+CV	1.525	1.16E+3	0.000	1	-1.11E+3	0.000	3
	58:PP+CM+CV	1.525	1.11E+3	0.000	1	-1.06E+3	0.000	3
	59:PP+CM+CV	1.525	1.05E+3	0.000	1	-1E+3	0.000	3
	60:PP+CM+CV	1.525	1.04E+3	0.000	1	-990.855	0.000	3
	61:PP+CM+CV	1.525	1.03E+3	0.000	1	-977.975	0.000	3
	62:PP+CM+CV	1.525	1.04E+3	0.000	1	-989.419	0.000	3
	63:PP+CM+CV	1.525	1.07E+3	0.000	1	-1.02E+3	0.000	3
	64:PP+CM+CV	1.525	1.12E+3	0.000	1	-1.07E+3	0.000	3
	65:PP+CM+CV	1.525	1.25E+3	0.000	1	-1.21E+3	0.000	3
500	1:PESO PROP	11.633	174.619	11.633	3			
	2:CARGA MUE	11.633	52.935	0.000	1			
	3:CARGA VIVA	11.633	601.965	0.000	1			
	4:CARGA VIVA	11.633	630.491	0.000	1			
	5:CARGA VIVA	11.633	659.204	0.000	1			
	6:CARGA VIVA	11.633	681.178	0.000	1			
	7:CARGA VIVA	11.633	699.758	0.000	1			
	8:CARGA VIVA	11.633	714.250	0.000	1			
	9:CARGA VIVA	11.633	721.471	0.000	1			
	10:CARGA VIV	11.633	724.164	0.000	1			
	11:CARGA VIV	11.633	725.857	0.000	1			
	12:CARGA VIV	11.633	728.661	0.000	1			
	13:CARGA VIV	11.633	728.172	0.000	1			
	14:CARGA VIV	11.633	727.367	0.000	1			
	15:CARGA VIV	11.633	724.298	0.000	1			
	16:CARGA VIV	11.633	721.393	0.000	1			
	17:CARGA VIV	11.633	717.616	0.000	1			
	18:CARGA VIV	11.633	709.495	0.000	1			
	19:CARGA VIV	11.633	704.132	0.000	1			
	20:CARGA VIV	11.633	698.858	0.000	1			
	21:CARGA VIV	11.633	692.881	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 18	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	22:CARGA VIV	11.633	686.462	0.000	1			
	23:CARGA VIV	11.633	679.897	0.000	1			
	24:CARGA VIV	11.633	673.169	0.000	1			
	25:CARGA VIV	11.633	666.476	0.000	1			
	26:CARGA VIV	11.633	660.458	0.000	1			
	27:CARGA VIV	11.633	655.388	0.000	1			
	28:CARGA VIV	11.633	650.579	0.000	1			
	29:CARGA VIV	11.633	646.582	0.000	1			
	30:CARGA VIV	11.633	643.548	0.000	1			
	31:CARGA VIV	11.633	640.253	0.000	1			
	32:CARGA VIV	11.633	636.278	0.000	1			
	33:CARGA VIV	11.633	629.611	0.000	1			
	34:MODOS DE	11.633	1.09E+3	0.000	2	-1.08E+3	0.000	1
	35:PP+CM+CV	11.633	1.03E+3	11.633	3			
	36:PP+CM+CV	11.633	1.07E+3	11.633	3			
	37:PP+CM+CV	11.633	1.11E+3	1.939	1			
	38:PP+CM+CV	11.633	1.14E+3	1.939	1			
	39:PP+CM+CV	11.633	1.16E+3	1.939	1			
	40:PP+CM+CV	11.633	1.18E+3	1.939	1			
	41:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	11.633	3			
	42:PP+CM+CV	11.633	1.2E+3	11.633	3			
	43:PP+CM+CV	11.633	1.21E+3	11.633	3			
	44:PP+CM+CV	11.633	1.21E+3	11.633	3			
	45:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	11.633	3			
	46:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	11.633	3			
	47:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	11.633	3			
	48:PP+CM+CV	11.633	1.21E+3	11.633	3			
	49:PP+CM+CV	11.633	1.21E+3	11.633	3			
	50:PP+CM+CV	11.633	1.2E+3	11.633	3			
	51:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	11.633	3			
	52:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	11.633	3			
	53:PP+CM+CV	11.633	1.18E+3	11.633	3			
	54:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	11.633	3			
	55:PP+CM+CV	11.633	1.16E+3	11.633	3			
	56:PP+CM+CV	11.633	1.15E+3	11.633	3			
	57:PP+CM+CV	11.633	1.14E+3	11.633	3			
	58:PP+CM+CV	11.633	1.13E+3	11.633	3			
	59:PP+CM+CV	11.633	1.12E+3	11.633	3			
	60:PP+CM+CV	11.633	1.12E+3	11.633	3			
	61:PP+CM+CV	11.633	1.11E+3	11.633	3			
	62:PP+CM+CV	11.633	1.11E+3	11.633	3			
	63:PP+CM+CV	11.633	1.1E+3	11.633	3			
	64:PP+CM+CV	11.633	1.09E+3	11.633	3			
	65:PP+CM+CV	11.633	1.08E+3	11.633	3			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 19	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
501	1:PESO PROP	7.370	166.616	0.000	1			
	2:CARGA MUE	7.370	51.670	7.370	1			
	3:CARGA VIVA	7.370	549.757	7.370	1			
	4:CARGA VIVA	7.370	569.251	7.370	1			
	5:CARGA VIVA	7.370	583.698	7.370	1			
	6:CARGA VIVA	7.370	601.811	7.370	1			
	7:CARGA VIVA	7.370	618.097	7.370	1			
	8:CARGA VIVA	7.370	632.867	7.370	1			
	9:CARGA VIVA	7.370	649.840	7.370	1			
	10:CARGA VIV	7.370	668.586	7.370	1			
	11:CARGA VIV	7.370	686.465	7.370	1			
	12:CARGA VIV	7.370	704.880	7.370	1			
	13:CARGA VIV	7.370	718.414	7.370	1			
	14:CARGA VIV	7.370	729.421	7.370	1			
	15:CARGA VIV	7.370	735.315	7.370	1			
	16:CARGA VIV	7.370	736.446	7.370	1			
	17:CARGA VIV	7.370	735.114	7.370	1			
	18:CARGA VIV	7.370	728.605	7.370	1			
	19:CARGA VIV	7.370	723.725	7.370	1			
	20:CARGA VIV	7.370	718.220	7.370	1			
	21:CARGA VIV	7.370	711.627	7.370	1			
	22:CARGA VIV	7.370	701.746	7.370	1			
	23:CARGA VIV	7.370	694.257	7.370	1			
	24:CARGA VIV	7.370	683.760	7.370	1			
	25:CARGA VIV	7.370	673.237	7.370	1			
	26:CARGA VIV	7.370	664.002	7.370	1			
	27:CARGA VIV	7.370	657.609	7.370	1			
	28:CARGA VIV	7.370	651.603	7.370	1			
	29:CARGA VIV	7.370	646.637	7.370	1			
	30:CARGA VIV	7.370	642.849	7.370	1			
	31:CARGA VIV	7.370	638.694	7.370	1			
	32:CARGA VIV	7.370	633.613	7.370	1			
	33:CARGA VIV	7.370	625.166	7.370	1			
	34:MODOS DE	7.370	120.953	7.370	2	-131.655	7.370	4
	35:PP+CM+CV	7.370	955.129	0.000	1			
	36:PP+CM+CV	7.370	983.973	0.000	1			
	37:PP+CM+CV	7.370	1.01E+3	0.000	1			
	38:PP+CM+CV	7.370	1.03E+3	0.000	1			
	39:PP+CM+CV	7.370	1.05E+3	0.000	1			
	40:PP+CM+CV	7.370	1.07E+3	0.000	1			
	41:PP+CM+CV	7.370	1.1E+3	0.000	1			
	42:PP+CM+CV	7.370	1.12E+3	0.000	1			
	43:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	0.000	1			
	44:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

20

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	45:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	0.000	1			
	46:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	0.000	1			
	47:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	0.000	1			
	48:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	0.000	1			
	49:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	0.000	1			
	50:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	0.000	1			
	51:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	0.000	1			
	52:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	0.000	1			
	53:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	0.000	1			
	54:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	0.000	1			
	55:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	0.000	1			
	56:PP+CM+CV	7.370	1.15E+3	0.000	1			
	57:PP+CM+CV	7.370	1.13E+3	0.000	1			
	58:PP+CM+CV	7.370	1.12E+3	0.000	1			
	59:PP+CM+CV	7.370	1.11E+3	0.000	1			
	60:PP+CM+CV	7.370	1.1E+3	0.000	1			
	61:PP+CM+CV	7.370	1.09E+3	0.000	1			
	62:PP+CM+CV	7.370	1.09E+3	0.000	1			
	63:PP+CM+CV	7.370	1.08E+3	0.000	1			
	64:PP+CM+CV	7.370	1.08E+3	0.000	1			
	65:PP+CM+CV	7.370	1.06E+3	0.000	1			
502	1:PESO PROP	7.370	144.967	3.685	1			
	2:CARGA MUE	7.370	53.788	0.000	1			
	3:CARGA VIVA	7.370	535.369	0.000	1			
	4:CARGA VIVA	7.370	569.476	7.370	2			
	5:CARGA VIVA	7.370	596.869	7.370	1			
	6:CARGA VIVA	7.370	620.792	7.370	1			
	7:CARGA VIVA	7.370	640.870	7.370	1			
	8:CARGA VIVA	7.370	653.326	7.370	2			
	9:CARGA VIVA	7.370	667.013	7.370	2			
	10:CARGA VIV	7.370	683.905	0.000	1			
	11:CARGA VIV	7.370	701.039	0.000	1			
	12:CARGA VIV	7.370	716.455	0.000	1			
	13:CARGA VIV	7.370	729.527	0.000	1			
	14:CARGA VIV	7.370	739.624	0.000	1			
	15:CARGA VIV	7.370	747.003	0.000	1			
	16:CARGA VIV	7.370	750.960	0.000	1			
	17:CARGA VIV	7.370	754.842	0.000	1			
	18:CARGA VIV	7.370	755.627	0.000	1			
	19:CARGA VIV	7.370	760.498	7.370	2			
	20:CARGA VIV	7.370	767.619	7.370	2			
	21:CARGA VIV	7.370	770.234	7.370	1			
	22:CARGA VIV	7.370	766.484	7.370	1			
	23:CARGA VIV	7.370	761.015	7.370	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 21	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	24:CARGA VIV	7.370	751.384	7.370	1			
	25:CARGA VIV	7.370	736.375	7.370	1			
	26:CARGA VIV	7.370	723.939	7.370	1			
	27:CARGA VIV	7.370	715.527	7.370	2			
	28:CARGA VIV	7.370	705.726	7.370	2			
	29:CARGA VIV	7.370	697.271	7.370	2			
	30:CARGA VIV	7.370	691.154	7.370	2			
	31:CARGA VIV	7.370	684.200	7.370	2			
	32:CARGA VIV	7.370	676.602	7.370	2			
	33:CARGA VIV	7.370	662.349	7.370	2			
	34:MODOS DE	7.370	55.459	0.000	2	-99.620	0.000	1
	35:PP+CM+CV	7.370	953.063	3.685	1			
	36:PP+CM+CV	7.370	998.119	3.685	1			
	37:PP+CM+CV	7.370	1.03E+3	3.685	1			
	38:PP+CM+CV	7.370	1.07E+3	3.685	1			
	39:PP+CM+CV	7.370	1.1E+3	3.685	1			
	40:PP+CM+CV	7.370	1.12E+3	3.685	1			
	41:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	3.685	1			
	42:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	3.685	1			
	43:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	3.071	1			
	44:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	3.071	1			
	45:PP+CM+CV	7.370	1.22E+3	3.071	1			
	46:PP+CM+CV	7.370	1.23E+3	3.071	1			
	47:PP+CM+CV	7.370	1.24E+3	3.071	1			
	48:PP+CM+CV	7.370	1.25E+3	3.071	1			
	49:PP+CM+CV	7.370	1.26E+3	3.071	1			
	50:PP+CM+CV	7.370	1.26E+3	3.685	1			
	51:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	3.685	1			
	52:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	3.685	1			
	53:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	4.299	1			
	54:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	4.299	1			
	55:PP+CM+CV	7.370	1.26E+3	4.299	1			
	56:PP+CM+CV	7.370	1.25E+3	4.299	1			
	57:PP+CM+CV	7.370	1.23E+3	4.299	1			
	58:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	4.299	1			
	59:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	3.685	1			
	60:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	3.685	1			
	61:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	3.685	1			
	62:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	3.685	1			
	63:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	3.685	1			
	64:PP+CM+CV	7.370	1.15E+3	3.685	1			
	65:PP+CM+CV	7.370	1.13E+3	3.685	1			
503	1:PESO PROP	7.370	145.010	3.685	1			
	2:CARGA MUE	7.370	53.806	7.370	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 22	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
3:CARGA VIVA		7.370	552.621	0.000	1			
4:CARGA VIVA		7.370	586.691	0.000	1			
5:CARGA VIVA		7.370	611.904	0.000	1			
6:CARGA VIVA		7.370	633.838	0.000	1			
7:CARGA VIVA		7.370	651.531	0.000	1			
8:CARGA VIVA		7.370	661.587	0.000	1			
9:CARGA VIVA		7.370	673.203	0.000	1			
10:CARGA VIV		7.370	685.269	0.000	1			
11:CARGA VIV		7.370	700.624	7.370	1			
12:CARGA VIV		7.370	715.932	7.370	1			
13:CARGA VIV		7.370	729.075	7.370	1			
14:CARGA VIV		7.370	737.252	7.370	1			
15:CARGA VIV		7.370	742.993	7.370	1			
16:CARGA VIV		7.370	746.082	7.370	1			
17:CARGA VIV		7.370	750.098	7.370	1			
18:CARGA VIV		7.370	752.246	0.000	1			
19:CARGA VIV		7.370	760.615	0.000	1			
20:CARGA VIV		7.370	767.379	0.000	1			
21:CARGA VIV		7.370	769.532	0.000	1			
22:CARGA VIV		7.370	765.121	0.000	1			
23:CARGA VIV		7.370	759.398	0.000	1			
24:CARGA VIV		7.370	749.038	0.000	1			
25:CARGA VIV		7.370	733.150	0.000	1			
26:CARGA VIV		7.370	719.844	7.370	1			
27:CARGA VIV		7.370	717.506	7.370	1			
28:CARGA VIV		7.370	711.747	7.370	1			
29:CARGA VIV		7.370	707.093	7.370	1			
30:CARGA VIV		7.370	703.611	7.370	1			
31:CARGA VIV		7.370	696.735	7.370	1			
32:CARGA VIV		7.370	687.840	7.370	1			
33:CARGA VIV		7.370	671.134	7.370	1			
34:MODOS DE		7.370	111.371	7.370	2	-110.663	7.370	4
35:PP+CM+CV		7.370	948.334	1.842	1			
36:PP+CM+CV		7.370	995.927	1.842	1			
37:PP+CM+CV		7.370	1.03E+3	1.842	1			
38:PP+CM+CV		7.370	1.07E+3	2.457	1			
39:PP+CM+CV		7.370	1.1E+3	2.457	1			
40:PP+CM+CV		7.370	1.12E+3	3.071	1			
41:PP+CM+CV		7.370	1.14E+3	3.071	1			
42:PP+CM+CV		7.370	1.16E+3	3.685	1			
43:PP+CM+CV		7.370	1.18E+3	3.685	1			
44:PP+CM+CV		7.370	1.2E+3	4.299	1			
45:PP+CM+CV		7.370	1.22E+3	4.299	1			
46:PP+CM+CV		7.370	1.23E+3	4.299	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 23	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	47:PP+CM+CV	7.370	1.24E+3	4.299	1			
	48:PP+CM+CV	7.370	1.24E+3	4.299	1			
	49:PP+CM+CV	7.370	1.25E+3	3.685	1			
	50:PP+CM+CV	7.370	1.26E+3	3.685	1			
	51:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	3.685	1			
	52:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	3.685	1			
	53:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	3.071	1			
	54:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	3.071	1			
	55:PP+CM+CV	7.370	1.26E+3	3.071	1			
	56:PP+CM+CV	7.370	1.25E+3	3.071	1			
	57:PP+CM+CV	7.370	1.23E+3	3.685	1			
	58:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	3.685	1			
	59:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	4.299	1			
	60:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	4.299	1			
	61:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	4.299	1			
	62:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	4.299	1			
	63:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	4.299	1			
	64:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	4.299	1			
	65:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	4.299	1			
504	1:PESO PROP	7.370	166.645	7.370	3			
	2:CARGA MUE	7.370	51.662	0.000	1			
	3:CARGA VIVA	7.370	400.091	0.000	1			
	4:CARGA VIVA	7.370	432.435	0.000	1			
	5:CARGA VIVA	7.370	465.509	0.000	1			
	6:CARGA VIVA	7.370	500.388	0.000	1			
	7:CARGA VIVA	7.370	536.699	0.000	1			
	8:CARGA VIVA	7.370	571.478	0.000	1			
	9:CARGA VIVA	7.370	605.381	0.000	1			
	10:CARGA VIV	7.370	639.378	0.000	1			
	11:CARGA VIV	7.370	665.650	0.000	1			
	12:CARGA VIV	7.370	686.828	0.000	1			
	13:CARGA VIV	7.370	704.061	0.000	1			
	14:CARGA VIV	7.370	712.673	0.000	1			
	15:CARGA VIV	7.370	717.230	0.000	1			
	16:CARGA VIV	7.370	718.884	0.000	1			
	17:CARGA VIV	7.370	721.338	0.000	1			
	18:CARGA VIV	7.370	721.426	0.000	1			
	19:CARGA VIV	7.370	720.507	0.000	1			
	20:CARGA VIV	7.370	717.653	0.000	1			
	21:CARGA VIV	7.370	714.891	0.000	1			
	22:CARGA VIV	7.370	710.725	0.000	1			
	23:CARGA VIV	7.370	705.740	0.000	1			
	24:CARGA VIV	7.370	701.716	0.000	1			
	25:CARGA VIV	7.370	698.917	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

24

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	26:CARGA VIV	7.370	698.215	0.000	1			
	27:CARGA VIV	7.370	703.339	0.000	1			
	28:CARGA VIV	7.370	702.153	0.000	1			
	29:CARGA VIV	7.370	701.751	0.000	1			
	30:CARGA VIV	7.370	701.519	0.000	1			
	31:CARGA VIV	7.370	694.460	0.000	1			
	32:CARGA VIV	7.370	683.823	0.000	1			
	33:CARGA VIV	7.370	663.865	0.000	1			
	34:MODOS DE	7.370	198.229	7.370	1	-146.025	7.370	3
	35:PP+CM+CV	7.370	774.256	7.370	3			
	36:PP+CM+CV	7.370	817.944	7.370	3			
	37:PP+CM+CV	7.370	861.215	7.370	3			
	38:PP+CM+CV	7.370	906.178	7.370	3			
	39:PP+CM+CV	7.370	952.236	7.370	3			
	40:PP+CM+CV	7.370	995.417	7.370	3			
	41:PP+CM+CV	7.370	1.04E+3	7.370	3			
	42:PP+CM+CV	7.370	1.08E+3	7.370	3			
	43:PP+CM+CV	7.370	1.11E+3	7.370	3			
	44:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	7.370	3			
	45:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	46:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	7.370	3			
	47:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	7.370	3			
	48:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	49:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	50:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	51:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	52:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	53:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	54:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	7.370	3			
	55:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	7.370	3			
	56:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	7.370	3			
	57:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	58:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	59:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	60:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	61:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	62:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	63:PP+CM+CV	7.370	1.15E+3	7.370	3			
	64:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	7.370	3			
	65:PP+CM+CV	7.370	1.11E+3	7.370	3			
505	1:PESO PROP	11.633	174.650	0.000	1			
	2:CARGA MUE	11.633	52.968	11.633	1			
	3:CARGA VIVA	11.633	327.223	0.000	1			
	4:CARGA VIVA	11.633	352.929	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 25	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
5:CARGA VIVA		11.633	378.400	0.000	1			
6:CARGA VIVA		11.633	404.832	0.000	1			
7:CARGA VIVA		11.633	431.914	0.000	1			
8:CARGA VIVA		11.633	458.800	0.000	1			
9:CARGA VIVA		11.633	486.626	0.000	1			
10:CARGA VIV		11.633	515.035	0.000	1			
11:CARGA VIV		11.633	543.987	0.000	1			
12:CARGA VIV		11.633	573.565	0.000	1			
13:CARGA VIV		11.633	603.630	0.000	1			
14:CARGA VIV		11.633	638.439	11.633	1			
15:CARGA VIV		11.633	674.329	11.633	1			
16:CARGA VIV		11.633	705.059	11.633	1			
17:CARGA VIV		11.633	736.485	11.633	1			
18:CARGA VIV		11.633	758.459	11.633	1			
19:CARGA VIV		11.633	774.382	11.633	1			
20:CARGA VIV		11.633	779.386	11.633	1			
21:CARGA VIV		11.633	775.383	11.633	1			
22:CARGA VIV		11.633	765.286	11.633	1			
23:CARGA VIV		11.633	748.244	11.633	1			
24:CARGA VIV		11.633	733.198	11.633	1			
25:CARGA VIV		11.633	719.179	11.633	1			
26:CARGA VIV		11.633	708.032	11.633	1			
27:CARGA VIV		11.633	698.744	11.633	1			
28:CARGA VIV		11.633	695.198	11.633	1			
29:CARGA VIV		11.633	691.895	11.633	1			
30:CARGA VIV		11.633	693.869	11.633	1			
31:CARGA VIV		11.633	695.677	11.633	1			
32:CARGA VIV		11.633	698.320	11.633	1			
33:CARGA VIV		11.633	711.874	11.633	1			
34:MODOS DE		11.633	1.31E+3	11.633	2	-1.15E+3	11.633	1
35:PP+CM+CV		11.633	687.052	0.000	1			
36:PP+CM+CV		11.633	723.354	0.000	1			
37:PP+CM+CV		11.633	759.325	0.000	1			
38:PP+CM+CV		11.633	796.652	0.000	1			
39:PP+CM+CV		11.633	834.896	0.000	1			
40:PP+CM+CV		11.633	872.865	0.000	1			
41:PP+CM+CV		11.633	912.161	0.000	1			
42:PP+CM+CV		11.633	952.281	0.000	1			
43:PP+CM+CV		11.633	992.271	0.000	1			
44:PP+CM+CV		11.633	1.03E+3	0.000	1			
45:PP+CM+CV		11.633	1.07E+3	0.000	1			
46:PP+CM+CV		11.633	1.11E+3	0.000	1			
47:PP+CM+CV		11.633	1.16E+3	0.000	1			
48:PP+CM+CV		11.633	1.19E+3	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 26	Rev
Part	Ref	
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	49:PP+CM+CV	11.633	1.23E+3	0.000	1			
	50:PP+CM+CV	11.633	1.25E+3	0.000	1			
	51:PP+CM+CV	11.633	1.27E+3	0.000	1			
	52:PP+CM+CV	11.633	1.28E+3	0.000	1			
	53:PP+CM+CV	11.633	1.27E+3	0.000	1			
	54:PP+CM+CV	11.633	1.26E+3	0.000	1			
	55:PP+CM+CV	11.633	1.24E+3	0.000	1			
	56:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	0.000	1			
	57:PP+CM+CV	11.633	1.2E+3	0.000	1			
	58:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	0.000	1			
	59:PP+CM+CV	11.633	1.18E+3	0.000	1			
	60:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.000	1			
	61:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.000	1			
	62:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.000	1			
	63:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.000	1			
	64:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.000	1			
	65:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	0.000	1			
506	1:PESO PROP	11.633	172.849	11.633	3			
	2:CARGA MUE	11.633	53.180	0.000	1			
	3:CARGA VIVA	11.633	605.142	0.000	1			
	4:CARGA VIVA	11.633	634.057	0.000	1			
	5:CARGA VIVA	11.633	662.985	0.000	1			
	6:CARGA VIVA	11.633	685.026	0.000	1			
	7:CARGA VIVA	11.633	703.580	0.000	1			
	8:CARGA VIVA	11.633	717.870	0.000	1			
	9:CARGA VIVA	11.633	724.914	0.000	1			
	10:CARGA VIV	11.633	727.422	0.000	1			
	11:CARGA VIV	11.633	728.943	0.000	1			
	12:CARGA VIV	11.633	731.520	0.000	1			
	13:CARGA VIV	11.633	730.929	0.000	1			
	14:CARGA VIV	11.633	730.075	0.000	1			
	15:CARGA VIV	11.633	727.073	0.000	1			
	16:CARGA VIV	11.633	724.281	0.000	1			
	17:CARGA VIV	11.633	720.706	0.000	1			
	18:CARGA VIV	11.633	712.877	0.000	1			
	19:CARGA VIV	11.633	707.814	0.000	1			
	20:CARGA VIV	11.633	702.834	0.000	1			
	21:CARGA VIV	11.633	697.053	0.000	1			
	22:CARGA VIV	11.633	690.715	0.000	1			
	23:CARGA VIV	11.633	684.174	0.000	1			
	24:CARGA VIV	11.633	677.378	0.000	1			
	25:CARGA VIV	11.633	670.452	0.000	1			
	26:CARGA VIV	11.633	664.237	0.000	1			
	27:CARGA VIV	11.633	658.992	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

27

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	28:CARGA VIV	11.633	654.007	0.000	1			
	29:CARGA VIV	11.633	649.850	0.000	1			
	30:CARGA VIV	11.633	646.695	0.000	1			
	31:CARGA VIV	11.633	643.318	0.000	1			
	32:CARGA VIV	11.633	639.285	0.000	1			
	33:CARGA VIV	11.633	632.479	0.000	1			
	34:MODOS DE	11.633	911.854	0.000	2	-1.29E+3	0.000	1
	35:PP+CM+CV	11.633	1.04E+3	11.633	4			
	36:PP+CM+CV	11.633	1.07E+3	11.633	4			
	37:PP+CM+CV	11.633	1.11E+3	1.939	2			
	38:PP+CM+CV	11.633	1.14E+3	0.969	2			
	39:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.969	2			
	40:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	0.969	2			
	41:PP+CM+CV	11.633	1.2E+3	11.633	4			
	42:PP+CM+CV	11.633	1.21E+3	11.633	4			
	43:PP+CM+CV	11.633	1.21E+3	11.633	4			
	44:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	11.633	4			
	45:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	11.633	4			
	46:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	11.633	4			
	47:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	11.633	3			
	48:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	11.633	3			
	49:PP+CM+CV	11.633	1.21E+3	11.633	3			
	50:PP+CM+CV	11.633	1.2E+3	11.633	3			
	51:PP+CM+CV	11.633	1.2E+3	11.633	3			
	52:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	11.633	3			
	53:PP+CM+CV	11.633	1.18E+3	11.633	3			
	54:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	11.633	3			
	55:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	11.633	3			
	56:PP+CM+CV	11.633	1.16E+3	11.633	3			
	57:PP+CM+CV	11.633	1.14E+3	11.633	3			
	58:PP+CM+CV	11.633	1.14E+3	11.633	3			
	59:PP+CM+CV	11.633	1.13E+3	11.633	3			
	60:PP+CM+CV	11.633	1.12E+3	11.633	3			
	61:PP+CM+CV	11.633	1.11E+3	11.633	3			
	62:PP+CM+CV	11.633	1.11E+3	11.633	3			
	63:PP+CM+CV	11.633	1.11E+3	11.633	3			
	64:PP+CM+CV	11.633	1.1E+3	11.633	3			
	65:PP+CM+CV	11.633	1.09E+3	11.633	3			
507	1:PESO PROP	7.370	164.150	0.000	1			
	2:CARGA MUE	7.370	52.562	7.370	1			
	3:CARGA VIVA	7.370	557.045	7.370	1			
	4:CARGA VIVA	7.370	577.490	7.370	1			
	5:CARGA VIVA	7.370	592.654	7.370	1			
	6:CARGA VIVA	7.370	611.337	7.370	1			



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

28

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
7:CARGA VIVA		7.370	628.108	7.370	1			
8:CARGA VIVA		7.370	643.107	7.370	1			
9:CARGA VIVA		7.370	660.372	7.370	1			
10:CARGA VIV		7.370	679.426	7.370	1			
11:CARGA VIV		7.370	697.499	7.370	1			
12:CARGA VIV		7.370	715.927	7.370	1			
13:CARGA VIV		7.370	729.614	7.370	1			
14:CARGA VIV		7.370	740.701	7.370	1			
15:CARGA VIV		7.370	746.793	7.370	1			
16:CARGA VIV		7.370	748.141	7.370	1			
17:CARGA VIV		7.370	747.183	7.370	1			
18:CARGA VIV		7.370	741.167	7.370	1			
19:CARGA VIV		7.370	736.754	7.370	1			
20:CARGA VIV		7.370	731.668	7.370	1			
21:CARGA VIV		7.370	725.359	7.370	1			
22:CARGA VIV		7.370	715.576	7.370	1			
23:CARGA VIV		7.370	708.080	7.370	1			
24:CARGA VIV		7.370	697.467	7.370	1			
25:CARGA VIV		7.370	686.612	7.370	1			
26:CARGA VIV		7.370	677.124	7.370	1			
27:CARGA VIV		7.370	670.610	7.370	1			
28:CARGA VIV		7.370	664.366	7.370	1			
29:CARGA VIV		7.370	659.193	7.370	1			
30:CARGA VIV		7.370	655.250	7.370	1			
31:CARGA VIV		7.370	650.875	7.370	1			
32:CARGA VIV		7.370	645.549	7.370	1			
33:CARGA VIV		7.370	636.594	7.370	1			
34:MODOS DE		7.370				-234.717	1.842	2
35:PP+CM+CV		7.370	957.305	0.000	1			
36:PP+CM+CV		7.370	986.676	0.000	1			
37:PP+CM+CV		7.370	1.01E+3	0.000	1			
38:PP+CM+CV		7.370	1.03E+3	0.000	1			
39:PP+CM+CV		7.370	1.06E+3	0.000	1			
40:PP+CM+CV		7.370	1.08E+3	0.000	1			
41:PP+CM+CV		7.370	1.1E+3	0.000	1			
42:PP+CM+CV		7.370	1.12E+3	0.000	1			
43:PP+CM+CV		7.370	1.15E+3	0.000	1			
44:PP+CM+CV		7.370	1.17E+3	0.000	1			
45:PP+CM+CV		7.370	1.19E+3	0.000	1			
46:PP+CM+CV		7.370	1.2E+3	0.000	1			
47:PP+CM+CV		7.370	1.21E+3	0.000	1			
48:PP+CM+CV		7.370	1.21E+3	0.000	1			
49:PP+CM+CV		7.370	1.21E+3	0.000	1			
50:PP+CM+CV		7.370	1.2E+3	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 29	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	51:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	0.000	1			
	52:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	0.000	1			
	53:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	0.000	1			
	54:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	0.000	1			
	55:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	0.000	1			
	56:PP+CM+CV	7.370	1.15E+3	0.000	1			
	57:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	0.000	1			
	58:PP+CM+CV	7.370	1.12E+3	0.000	1			
	59:PP+CM+CV	7.370	1.11E+3	0.000	1			
	60:PP+CM+CV	7.370	1.11E+3	0.000	1			
	61:PP+CM+CV	7.370	1.1E+3	0.000	1			
	62:PP+CM+CV	7.370	1.09E+3	0.000	1			
	63:PP+CM+CV	7.370	1.09E+3	0.000	1			
	64:PP+CM+CV	7.370	1.08E+3	0.000	1			
	65:PP+CM+CV	7.370	1.07E+3	0.000	1			
508	1:PESO PROP	7.370	149.168	3.071	1			
	2:CARGA MUE	7.370	54.046	7.370	1			
	3:CARGA VIVA	7.370	536.856	7.370	1			
	4:CARGA VIVA	7.370	572.823	7.370	1			
	5:CARGA VIVA	7.370	600.421	7.370	1			
	6:CARGA VIVA	7.370	624.439	7.370	1			
	7:CARGA VIVA	7.370	644.532	7.370	1			
	8:CARGA VIVA	7.370	656.830	7.370	1			
	9:CARGA VIVA	7.370	670.416	7.370	1			
	10:CARGA VIV	7.370	684.287	7.370	1			
	11:CARGA VIV	7.370	696.136	7.370	1			
	12:CARGA VIV	7.370	705.809	0.000	1			
	13:CARGA VIV	7.370	718.667	0.000	1			
	14:CARGA VIV	7.370	728.641	0.000	1			
	15:CARGA VIV	7.370	735.836	0.000	1			
	16:CARGA VIV	7.370	739.616	0.000	1			
	17:CARGA VIV	7.370	746.973	7.370	1			
	18:CARGA VIV	7.370	755.393	7.370	1			
	19:CARGA VIV	7.370	764.358	7.370	1			
	20:CARGA VIV	7.370	771.673	7.370	1			
	21:CARGA VIV	7.370	774.494	7.370	1			
	22:CARGA VIV	7.370	770.831	7.370	1			
	23:CARGA VIV	7.370	765.408	7.370	1			
	24:CARGA VIV	7.370	755.722	7.370	1			
	25:CARGA VIV	7.370	740.493	7.370	1			
	26:CARGA VIV	7.370	727.874	7.370	1			
	27:CARGA VIV	7.370	719.323	7.370	1			
	28:CARGA VIV	7.370	709.349	7.370	1			
	29:CARGA VIV	7.370	700.798	7.370	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 30	Rev
Part	Ref	
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	30:CARGA VIV	7.370	694.649	7.370	1			
	31:CARGA VIV	7.370	687.655	7.370	1			
	32:CARGA VIV	7.370	680.009	7.370	1			
	33:CARGA VIV	7.370	665.665	7.370	1			
	34:MODOS DE	7.370				-235.076	0.000	1
	35:PP+CM+CV	7.370	954.972	3.685	1			
	36:PP+CM+CV	7.370	1E+3	3.685	1			
	37:PP+CM+CV	7.370	1.04E+3	3.685	1			
	38:PP+CM+CV	7.370	1.07E+3	3.685	1			
	39:PP+CM+CV	7.370	1.1E+3	3.685	1			
	40:PP+CM+CV	7.370	1.12E+3	3.685	1			
	41:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	3.685	1			
	42:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	3.685	1			
	43:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	3.685	1			
	44:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	3.071	1			
	45:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	3.071	1			
	46:PP+CM+CV	7.370	1.23E+3	3.071	1			
	47:PP+CM+CV	7.370	1.24E+3	3.071	1			
	48:PP+CM+CV	7.370	1.24E+3	3.071	1			
	49:PP+CM+CV	7.370	1.25E+3	3.685	1			
	50:PP+CM+CV	7.370	1.26E+3	3.685	1			
	51:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	3.685	1			
	52:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	4.299	1			
	53:PP+CM+CV	7.370	1.28E+3	4.299	1			
	54:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	4.299	1			
	55:PP+CM+CV	7.370	1.26E+3	4.299	1			
	56:PP+CM+CV	7.370	1.25E+3	4.299	1			
	57:PP+CM+CV	7.370	1.23E+3	4.299	1			
	58:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	4.299	1			
	59:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	4.299	1			
	60:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	4.299	1			
	61:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	3.685	1			
	62:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	3.685	1			
	63:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	3.685	1			
	64:PP+CM+CV	7.370	1.15E+3	3.685	1			
	65:PP+CM+CV	7.370	1.13E+3	3.685	1			
509	1:PESO PROP	7.370	144.963	3.685	1			
	2:CARGA MUE	7.370	53.969	0.000	1			
	3:CARGA VIVA	7.370	553.758	0.000	1			
	4:CARGA VIVA	7.370	588.131	0.000	1			
	5:CARGA VIVA	7.370	613.537	0.000	1			
	6:CARGA VIVA	7.370	635.588	0.000	1			
	7:CARGA VIVA	7.370	653.354	0.000	1			
	8:CARGA VIVA	7.370	663.450	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No

Sheet No

31

Rev

Part

Job Title PUENTE LA LANA

Ref

By DMR

Date 25-May-21

Chd

Client ARAGON

File PUENTE LA LANA.std

Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
9:CARGA VIVA		7.370	675.218	0.000	1			
10:CARGA VIV		7.370	687.442	0.000	1			
11:CARGA VIV		7.370	700.559	7.370	2			
12:CARGA VIV		7.370	715.799	7.370	2			
13:CARGA VIV		7.370	728.900	7.370	2			
14:CARGA VIV		7.370	737.053	7.370	2			
15:CARGA VIV		7.370	742.797	7.370	2			
16:CARGA VIV		7.370	745.900	7.370	2			
17:CARGA VIV		7.370	749.946	7.370	2			
18:CARGA VIV		7.370	754.895	0.000	1			
19:CARGA VIV		7.370	763.328	0.000	1			
20:CARGA VIV		7.370	770.145	0.000	1			
21:CARGA VIV		7.370	772.338	0.000	1			
22:CARGA VIV		7.370	767.945	0.000	1			
23:CARGA VIV		7.370	762.221	0.000	1			
24:CARGA VIV		7.370	751.856	0.000	1			
25:CARGA VIV		7.370	735.942	0.000	1			
26:CARGA VIV		7.370	722.514	0.000	1			
27:CARGA VIV		7.370	717.448	7.370	2			
28:CARGA VIV		7.370	711.660	7.370	2			
29:CARGA VIV		7.370	706.978	7.370	2			
30:CARGA VIV		7.370	703.475	7.370	2			
31:CARGA VIV		7.370	696.594	7.370	2			
32:CARGA VIV		7.370	687.701	7.370	2			
33:CARGA VIV		7.370	670.994	7.370	2			
34:MODOS DE		7.370				-196.341	7.370	1
35:PP+CM+CV		7.370	949.622	1.842	1			
36:PP+CM+CV		7.370	997.518	1.842	1			
37:PP+CM+CV		7.370	1.03E+3	1.842	1			
38:PP+CM+CV		7.370	1.07E+3	2.457	2			
39:PP+CM+CV		7.370	1.1E+3	2.457	1			
40:PP+CM+CV		7.370	1.12E+3	3.071	2			
41:PP+CM+CV		7.370	1.14E+3	3.071	1			
42:PP+CM+CV		7.370	1.17E+3	3.685	2			
43:PP+CM+CV		7.370	1.19E+3	3.685	1			
44:PP+CM+CV		7.370	1.2E+3	4.299	2			
45:PP+CM+CV		7.370	1.22E+3	4.299	2			
46:PP+CM+CV		7.370	1.23E+3	4.299	2			
47:PP+CM+CV		7.370	1.24E+3	4.299	2			
48:PP+CM+CV		7.370	1.25E+3	4.299	2			
49:PP+CM+CV		7.370	1.26E+3	3.685	2			
50:PP+CM+CV		7.370	1.26E+3	3.685	2			
51:PP+CM+CV		7.370	1.27E+3	3.685	2			
52:PP+CM+CV		7.370	1.28E+3	3.071	2			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 32	Rev
Part	Ref	
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	53:PP+CM+CV	7.370	1.28E+3	3.071	2			
	54:PP+CM+CV	7.370	1.27E+3	3.071	2			
	55:PP+CM+CV	7.370	1.26E+3	3.071	2			
	56:PP+CM+CV	7.370	1.25E+3	3.071	2			
	57:PP+CM+CV	7.370	1.23E+3	3.685	2			
	58:PP+CM+CV	7.370	1.22E+3	3.685	2			
	59:PP+CM+CV	7.370	1.21E+3	3.685	2			
	60:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	4.299	2			
	61:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	4.299	2			
	62:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	4.299	2			
	63:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	4.299	2			
	64:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	4.299	2			
	65:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	4.299	2			
510	1:PESO PROP	7.370	166.640	7.370	3			
	2:CARGA MUE	7.370	51.650	0.000	1			
	3:CARGA VIVA	7.370	400.355	0.000	1			
	4:CARGA VIVA	7.370	432.688	0.000	1			
	5:CARGA VIVA	7.370	465.732	0.000	1			
	6:CARGA VIVA	7.370	500.569	0.000	1			
	7:CARGA VIVA	7.370	536.824	0.000	1			
	8:CARGA VIVA	7.370	571.536	0.000	1			
	9:CARGA VIVA	7.370	605.375	0.000	1			
	10:CARGA VIV	7.370	639.306	0.000	1			
	11:CARGA VIV	7.370	665.531	0.000	1			
	12:CARGA VIV	7.370	686.670	0.000	1			
	13:CARGA VIV	7.370	703.874	0.000	1			
	14:CARGA VIV	7.370	712.479	0.000	1			
	15:CARGA VIV	7.370	717.037	0.000	1			
	16:CARGA VIV	7.370	718.696	0.000	1			
	17:CARGA VIV	7.370	721.156	0.000	1			
	18:CARGA VIV	7.370	721.252	0.000	1			
	19:CARGA VIV	7.370	720.347	0.000	1			
	20:CARGA VIV	7.370	717.508	0.000	1			
	21:CARGA VIV	7.370	714.754	0.000	1			
	22:CARGA VIV	7.370	710.588	0.000	1			
	23:CARGA VIV	7.370	705.602	0.000	1			
	24:CARGA VIV	7.370	701.566	0.000	1			
	25:CARGA VIV	7.370	698.742	0.000	1			
	26:CARGA VIV	7.370	698.013	0.000	1			
	27:CARGA VIV	7.370	703.104	0.000	1			
	28:CARGA VIV	7.370	701.899	0.000	1			
	29:CARGA VIV	7.370	701.479	0.000	1			
	30:CARGA VIV	7.370	701.235	0.000	1			
	31:CARGA VIV	7.370	694.180	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 33	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	32:CARGA VIV	7.370	683.556	0.000	1			
	33:CARGA VIV	7.370	663.623	0.000	1			
	34:MODOS DE	7.370	91.762	7.370	1	-349.881	7.370	3
	35:PP+CM+CV	7.370	774.894	7.370	3			
	36:PP+CM+CV	7.370	818.648	7.370	3			
	37:PP+CM+CV	7.370	861.947	7.370	3			
	38:PP+CM+CV	7.370	906.905	7.370	3			
	39:PP+CM+CV	7.370	952.937	7.370	3			
	40:PP+CM+CV	7.370	996.055	7.370	3			
	41:PP+CM+CV	7.370	1.04E+3	7.370	3			
	42:PP+CM+CV	7.370	1.08E+3	7.370	3			
	43:PP+CM+CV	7.370	1.11E+3	7.370	3			
	44:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	7.370	3			
	45:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	46:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	7.370	3			
	47:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	7.370	3			
	48:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	49:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	50:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	51:PP+CM+CV	7.370	1.2E+3	7.370	3			
	52:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	53:PP+CM+CV	7.370	1.19E+3	7.370	3			
	54:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	7.370	3			
	55:PP+CM+CV	7.370	1.18E+3	7.370	3			
	56:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	7.370	3			
	57:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	58:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	59:PP+CM+CV	7.370	1.17E+3	7.370	3			
	60:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	61:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	62:PP+CM+CV	7.370	1.16E+3	7.370	3			
	63:PP+CM+CV	7.370	1.15E+3	7.370	3			
	64:PP+CM+CV	7.370	1.14E+3	7.370	3			
	65:PP+CM+CV	7.370	1.11E+3	7.370	3			
511	1:PESO PROP	11.633	174.486	0.000	1			
	2:CARGA MUE	11.633	53.103	11.633	2			
	3:CARGA VIVA	11.633	327.293	0.000	1			
	4:CARGA VIVA	11.633	352.977	0.000	1			
	5:CARGA VIVA	11.633	378.414	0.000	1			
	6:CARGA VIVA	11.633	404.805	0.000	1			
	7:CARGA VIVA	11.633	431.837	0.000	1			
	8:CARGA VIVA	11.633	458.877	0.000	1			
	9:CARGA VIVA	11.633	487.052	0.000	1			
	10:CARGA VIV	11.633	515.876	0.000	1			



Software licensed to ccp

Job No	Sheet No 34	Rev
Part	Ref	
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	11:CARGA VIV	11.633	545.359	0.000	1			
	12:CARGA VIV	11.633	574.803	0.000	1			
	13:CARGA VIV	11.633	604.804	0.000	1			
	14:CARGA VIV	11.633	639.862	11.633	1			
	15:CARGA VIV	11.633	675.790	11.633	1			
	16:CARGA VIV	11.633	706.589	11.633	1			
	17:CARGA VIV	11.633	738.141	11.633	2			
	18:CARGA VIV	11.633	760.298	11.633	2			
	19:CARGA VIV	11.633	776.409	11.633	2			
	20:CARGA VIV	11.633	781.598	11.633	2			
	21:CARGA VIV	11.633	777.720	11.633	2			
	22:CARGA VIV	11.633	767.676	11.633	2			
	23:CARGA VIV	11.633	750.651	11.633	2			
	24:CARGA VIV	11.633	735.564	11.633	2			
	25:CARGA VIV	11.633	721.401	11.633	2			
	26:CARGA VIV	11.633	710.130	11.633	2			
	27:CARGA VIV	11.633	700.730	11.633	2			
	28:CARGA VIV	11.633	697.074	11.633	1			
	29:CARGA VIV	11.633	693.672	11.633	1			
	30:CARGA VIV	11.633	695.570	11.633	1			
	31:CARGA VIV	11.633	697.330	11.633	2			
	32:CARGA VIV	11.633	699.942	11.633	2			
	33:CARGA VIV	11.633	713.418	11.633	2			
	34:MODOS DE	11.633	1.04E+3	11.633	2	-1.39E+3	11.633	1
	35:PP+CM+CV	11.633	684.720	0.000	1			
	36:PP+CM+CV	11.633	720.732	0.000	1			
	37:PP+CM+CV	11.633	756.534	0.000	1			
	38:PP+CM+CV	11.633	793.803	0.000	1			
	39:PP+CM+CV	11.633	832.053	0.000	1			
	40:PP+CM+CV	11.633	870.156	0.000	1			
	41:PP+CM+CV	11.633	909.572	0.000	1			
	42:PP+CM+CV	11.633	949.820	0.000	1			
	43:PP+CM+CV	11.633	989.934	0.000	1			
	44:PP+CM+CV	11.633	1.03E+3	0.000	1			
	45:PP+CM+CV	11.633	1.07E+3	0.000	1			
	46:PP+CM+CV	11.633	1.12E+3	0.000	1			
	47:PP+CM+CV	11.633	1.16E+3	0.000	1			
	48:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	0.000	1			
	49:PP+CM+CV	11.633	1.23E+3	0.000	1			
	50:PP+CM+CV	11.633	1.26E+3	0.000	1			
	51:PP+CM+CV	11.633	1.27E+3	0.000	1			
	52:PP+CM+CV	11.633	1.28E+3	0.000	1			
	53:PP+CM+CV	11.633	1.28E+3	0.000	1			
	54:PP+CM+CV	11.633	1.26E+3	0.000	1			



Software licensed to ccp

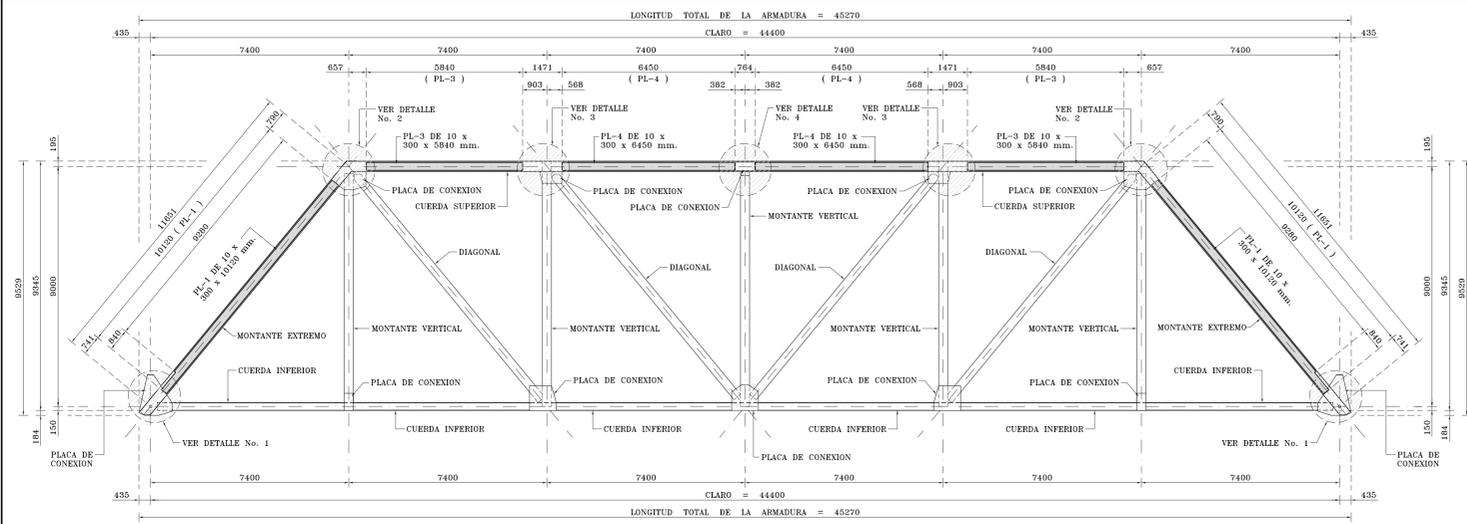
Job No	Sheet No 35	Rev
Part		
Ref		
By DMR	Date 25-May-21	Chd
Client ARAGON	File PUENTE LA LANA.std	Date/Time 10-Jun-2021 23:13

Job Title PUENTE LA LANA

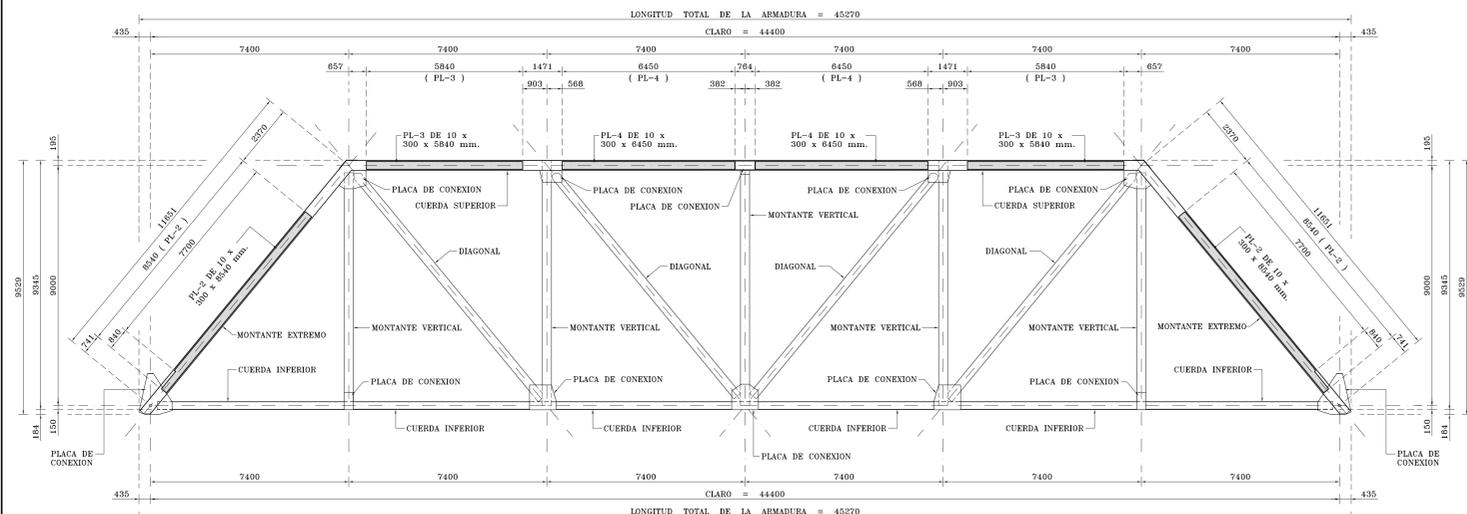
Beam Combined Axial and Bending Stresses Summary Cont...

Beam	L/C	Length (m)	Max Comp			Max Tens		
			Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner	Stress (kg/cm ²)	d (m)	Corner
	55:PP+CM+CV	11.633	1.24E+3	0.000	1			
	56:PP+CM+CV	11.633	1.22E+3	0.000	1			
	57:PP+CM+CV	11.633	1.21E+3	0.000	1			
	58:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	0.000	1			
	59:PP+CM+CV	11.633	1.18E+3	0.000	1			
	60:PP+CM+CV	11.633	1.18E+3	0.000	1			
	61:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.000	1			
	62:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.000	1			
	63:PP+CM+CV	11.633	1.17E+3	0.000	1			
	64:PP+CM+CV	11.633	1.18E+3	0.000	1			
	65:PP+CM+CV	11.633	1.19E+3	0.000	1			

Anexo A.9. Proyecto de reparación

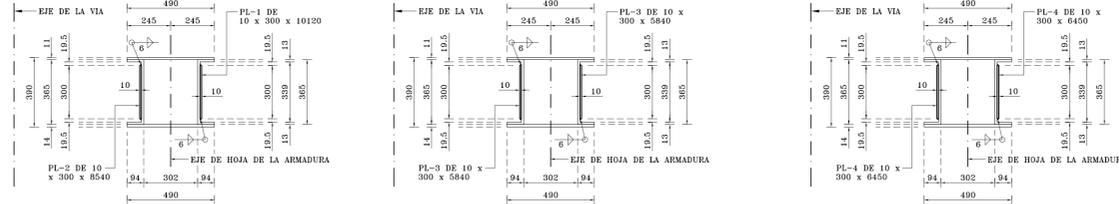


ARMADURA - ELEVACION
(REFORZAMIENTO DE ARMADURA CARA EXTERIOR PARA TRAMOS 2-3 Y 3-4)
ESC. 1 : 100

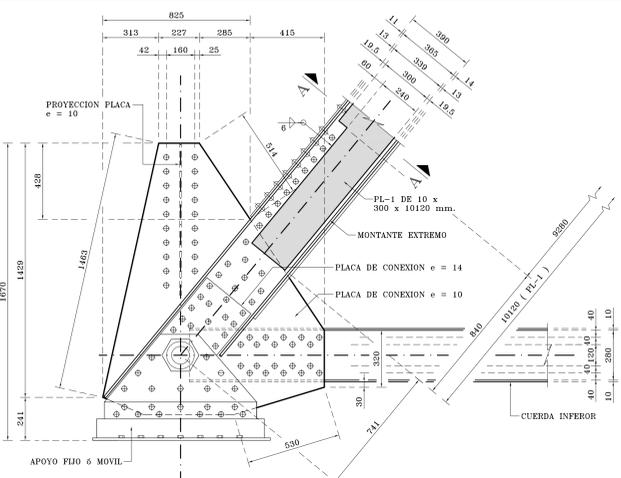


ARMADURA - ELEVACION
(REFORZAMIENTO DE ARMADURA CARA INTERIOR PARA TRAMOS 2-3 Y 3-4)
ESC. 1 : 100

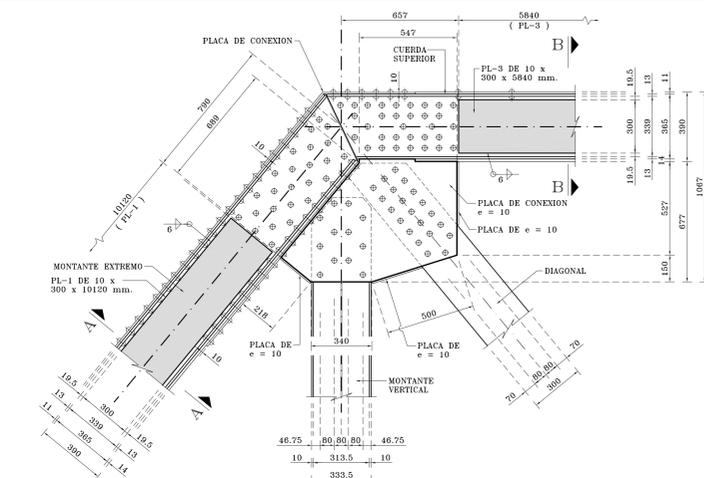
NOTAS :
1.- LAS DIMENSIONES DE LAS PLACAS DE REFORZO EN LOS MONTANTES EXTREMOS Y CUERDA SUPERIOR DE LAS ARMADURAS SE DEBERAN CONTRAR EN CAMPO, PARA ASSEGURAR QUE DICHAS PLACAS ACOPLEN CORRECTAMENTE CON LA GEOMETRIA Y DIMENSION DE LOS ELEMENTOS A REFORZAR Y NO INTERFERAN CON LOS REMACHES EXISTENTES.
2.- PREVIAMENTE A LA COLOCACION DE LAS PLACAS DE REFORZAMIENTO EN LA CUERDA SUPERIOR Y MONTANTES EXTREMOS SE DEBERA RETIRAR LA PROTECCION ANTICORROSION EN LA FORMA QUE SE TENGA UNA SUPERFICIE LIMPIA EN LAS ZONAS EN QUE SE APLICARA LA SOLDADURA.



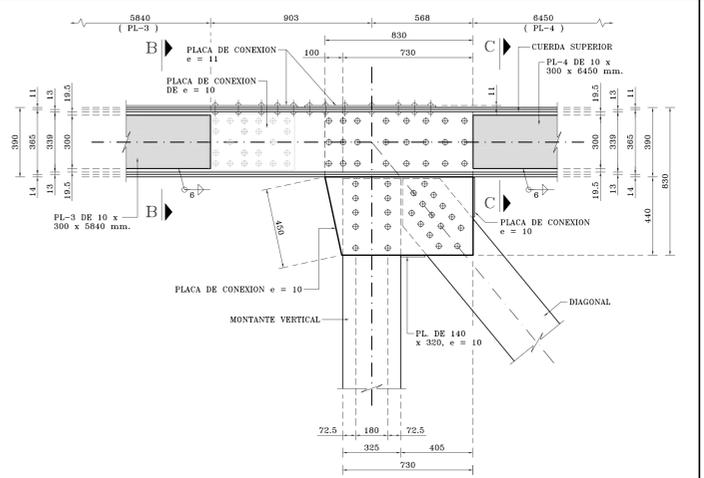
CORTE A - A ESC. 1 : 15
CORTE B - B ESC. 1 : 15
CORTE C - C ESC. 1 : 15



DETALLE No. 1
ESC. 1 : 15

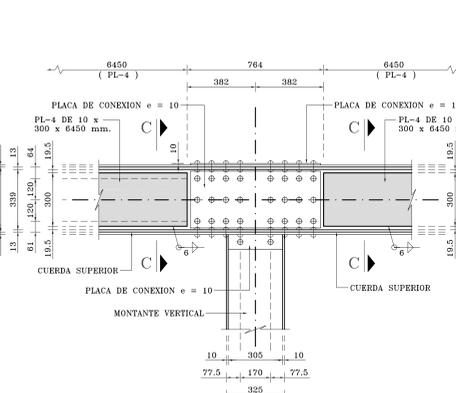


DETALLE No. 2
ESC. 1 : 15



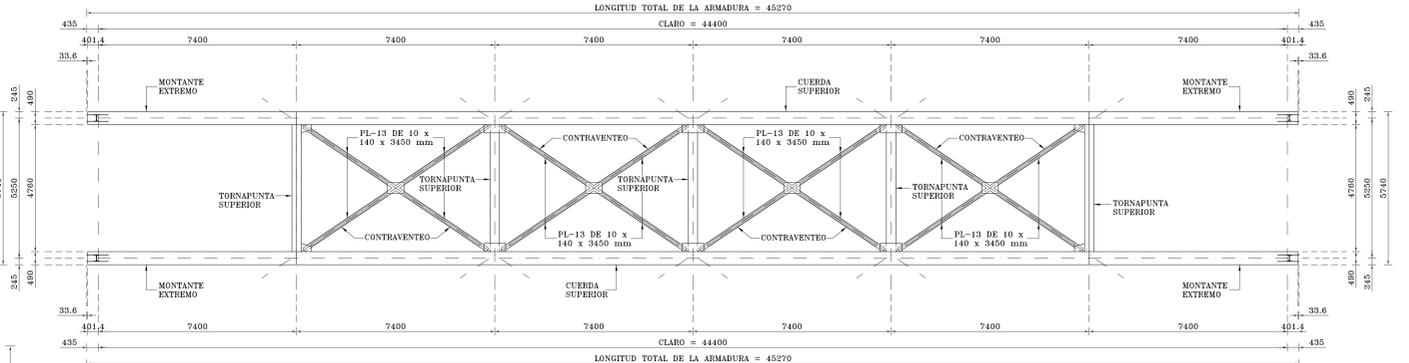
DETALLE No. 3
ESC. 1 : 15

NOTAS :
GENERALIDADES - DIMENSIONES EN MILIMETROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
ESPECIFICACIONES - LA ULTIMA EDICION DE LA NORMATIVIDAD PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE DE LA S.C.T. Y A LO ESTABLECIDO EN LAS NORMAS A.N.S.

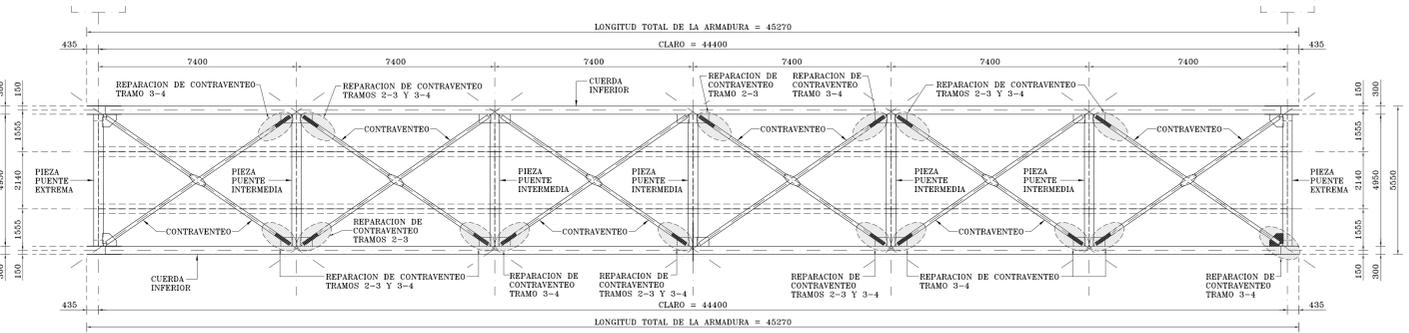


DETALLE No. 4
ESC. 1 : 15

NOTA :
PARA EL CASO DE LA RESTITUCION PARCIAL DEL CONTRAVIENTO HORIZONTAL SE PRESENTAN DIVERSAS CONFIGURACIONES DE CONEXION DE ESTE ELEMENTO CON LA CUERDA INFERIOR POR LO QUE SE DEBERA ADECUAR LA UNION DE LAS PLACAS PL-7 Y PL-8 A LA CUERDA INFERIOR RESPECTO A LO INDICADO EN LA VISTA E - E' Y EN EL CASO PARTICULAR DE NO EXISTIR ANGULO DE APOYO SE COLOCARA UNA SOLDADURA DE FILETE DE 8 mm EN TODO EL CONTORNO DE LA UNION DE LAS PLACAS ANTES MENCIONADAS CON LA CUERDA INFERIOR.



PLANTA - CONTRAVIENTO EN CUERDA SUPERIOR
(REFORZAMIENTO DE ARMADURA CARAS SUPERIOR E INFERIOR PARA TRAMOS 2-3 Y 3-4)
ESC. 1 : 100

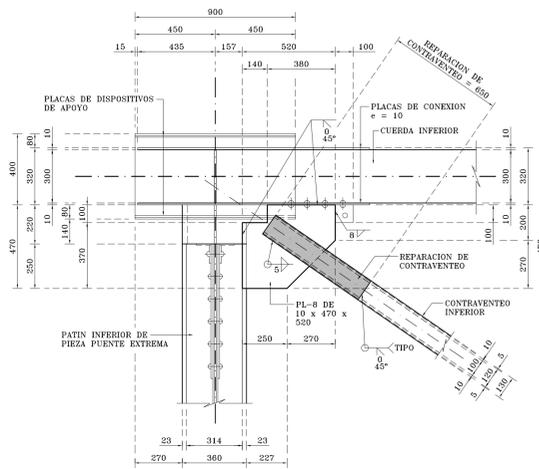


PLANTA - REPARACION DE CONTRAVIENTO INFERIOR
(ZONAS A REPARAR TRAMO 2-3 = 9 PIEZAS Y TRAMO 3-4 = 14 PIEZAS - TOTAL = 23 PIEZAS)
ESC. 1 : 100

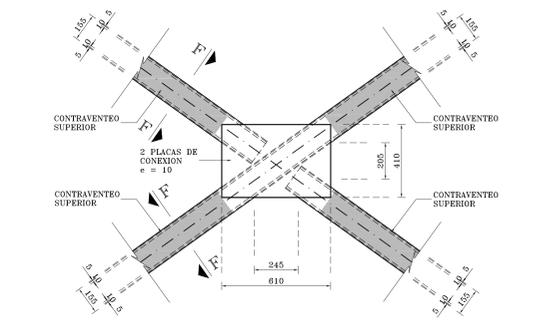
NOTA :
LAS REPARACIONES INDICADAS SON LAS QUE SE DETECTARON AL MOMENTO DE LA INSPECCION, SI AL TIEMPO EN QUE SE REALICEN LOS TRABAJOS DE REHABILITACION SE PRESENTAN MAS ZONAS DAÑADAS SE DEBERA SEGUIR EL MISMO PROCEDIMIENTO.

CROQUIS DE LOCALIZACION

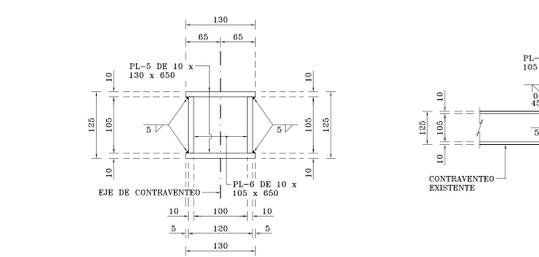
PROYECTO PUENTE FERROVIARIO "LA LANA" T. BLANCA - MEDIAS AGUAS		
TITULO DEL PLANO REFORZAMIENTO DE SUPERESTRUCTURA		
UBICACION LINEA "C" PUENTE "LA LANA" TRAMO: T. BLANCA - MEDIAS AGUAS KM. 0-275+420		
PLANO No. 1/2		
ESC. INDICADA	FECHA OCTUBRE 2021	REV. [Logo]



REPARACION EN CONTRAVIENTO INFERIOR
ZONA EXTREMA A REPARAR VER PLANTA
ESC. 1 : 15

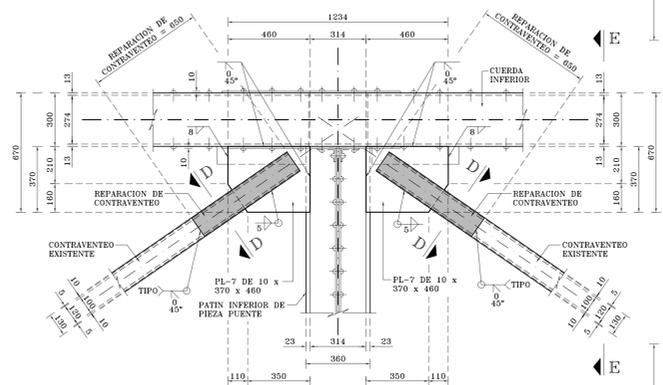


REPARACION EN CONTRAVIENTO SUPERIOR
ESC. 1 : 15



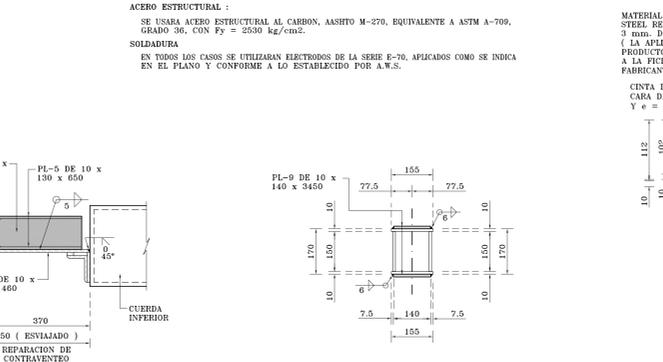
CORTE D - D
ESC. 1 : 5

MATERIALES		UNIDAD
TRAMO 2-3 Y 3-4		
ARMADURAS		
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-709 GRADO 35 CON FY = 2500 kg/cm ²	14251.0	kg
REPARACION DE REMACHES CON SOLDADURA DE TAPON INCLUYE PROTECCION ANTICORROSIVA	150.0	pzas
SUSTITUCION DE REMACHES POR TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA A-409 DE e = 22.2 mm. Y l = 110 mm. (INCLUYE TORNILLOS, TUERCAS Y BORNANAS CARRABOSOS)	210.0	pzas
PROTECCION ANTICORROSIVA (MONTANTES EXTERIORS, CUERDA SUPERIOR, CONTRAVIENTO INFERIOR Y PIEZAS PUENTE)	108.7	m ²
PROTECCION ANTICORROSIVA EN CONEXIONES DE CUERDA INFERIOR CON MONTANTES Y DIAGONALES (120.0 m ²)	28.0	pzas
APLICACION DE RESINA EPOXICA ATLAS STEEL REBUILD 1008 INCLUYE CALZAS	242.6	kg
CINTA DE ESPUMA UNA CARA DE 25 mm. (1") Y e = 3 mm. (1/8")	159.5	m
CORTE Y RETIRO DE ACERO ESTRUCTURAL DAÑADO EN CONTRAVIENTO HORIZONTAL Y PLACAS DE TAPON	23.0	pzas
CORTE, PERFILADO Y RETIRO DE ACERO ESTRUCTURAL DAÑADO EN PATIN INFERIOR DE PIEZAS PUENTE INTERMEDIAS	10.0	pzas
CORTE Y RETIRO DE CUBREPLACA EN PATIN INFERIOR DE PIEZAS PUENTE EXTERMAS	4.0	pzas
REHABILITACION DE FRACTURA EN PIEZA EXTREMA PUENTE CON APLICACION DE SOLDADURA	1.0	pzas

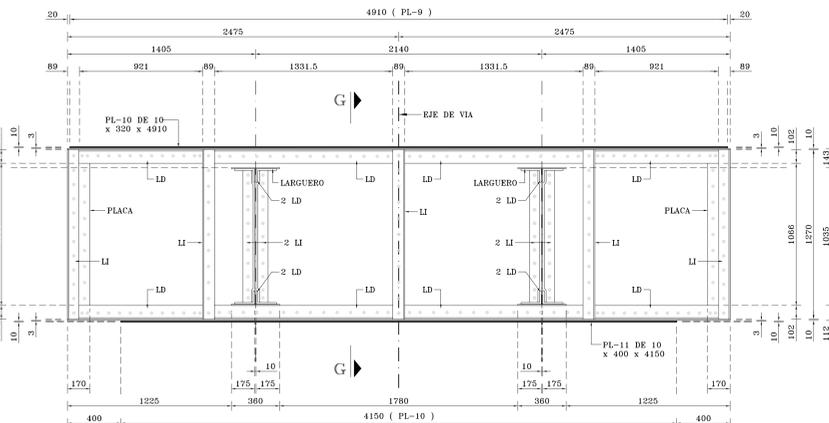


REPARACION EN CONTRAVIENTO INFERIOR
ZONAS INTERMEDIAS A REPARAR VER PLANTA
ESC. 1 : 15

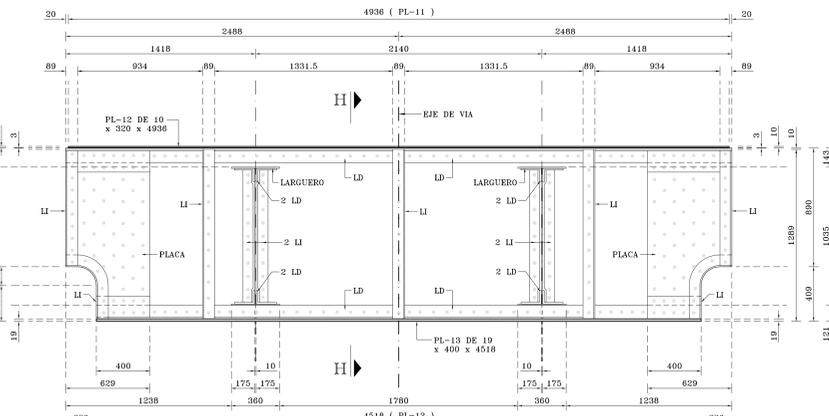
NOTAS:
GENERALIDADES:
DIMENSIONES:
EN MILIMETROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
ESPECIFICACIONES:
LA ÚLTIMA EDICION DE LA NORMATIVIDAD PARA LA INGENIERIA DEL TRANSPORTE DE LA S.C.T. SE HARÁ REFERENCIA ESPECIAL A LOS SIGUIENTES CAPITULOS:
N-CTE-CAR-1-02-008 ESTRUCTURAS DE ACERO
N-CTE-CAR-1-02-012 RECUBRIMIENTO CON PINTURA
MATERIALES:
TODOS LOS MATERIALES DEBERAN SER APROBADOS POR LA SUPERVISION Y CUMPLIRAN CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES:
ACERO ESTRUCTURAL N-CMT-2-03-093
ELECTRODOS PARA SOLDADURA N-CMT-2-04-001
PINTURA N-CMT-2-07
EJECUCION N-CAL-1-01
ACERO ESTRUCTURAL:
SE USARÁ ACERO ESTRUCTURAL AL CARBON, AASHTO M-270, EQUIVALENTE A ASTM A-709, GRADO 35, CON FY = 2500 kg/cm².
SOLDADURA
EN TODOS LOS CASOS SE UTILIZARAN ELECTRODOS DE LA SERIE E-70, APLICADOS COMO SE INDICA EN EL PLANO Y CONFORME A LO ESTABLECIDO POR A.W.S.
MATERIAL EPOXICO ATLAS STEEL REBUILD 1008 DE 3 mm. DE ESPESOR (LA APLICACION DE ESTE PRODUCTO SERA DE ACUERDO A LA FICHA TECNICA DEL FABRICANTE)
CINTA DE ESPUMA UNA CARA DE 25 mm. (1") Y e = 3 mm. (1/8")
CINTA DE ESPUMA UNA CARA DE 25 mm. (1") Y e = 3 mm. (1/8")
CALZAS DE 3 mm. DE ESPESOR PARA COLOCACION DE MATERIAL EPOXICO
CINTA DE ESPUMA UNA CARA DE 25 mm. (1") Y e = 3 mm. (1/8")
MATERIAL EPOXICO ATLAS STEEL REBUILD 1008 DE 3 mm. DE ESPESOR (LA APLICACION DE ESTE PRODUCTO SERA DE ACUERDO A LA FICHA TECNICA DEL FABRICANTE)



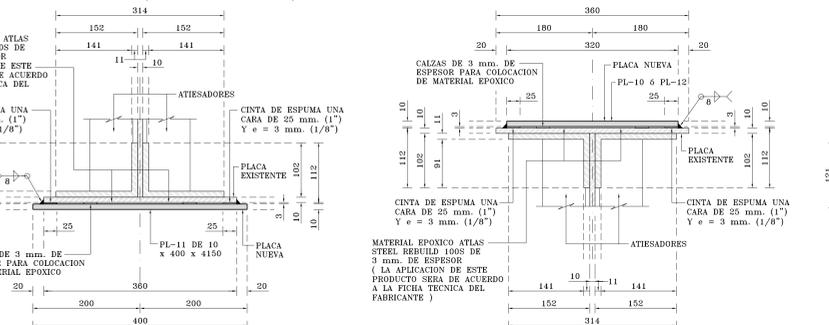
VISTA E - E
CORTE F - F
ESC. 1 : 10



REPARACION DE PIEZA PUENTE INTERMEDIA
(10 PIEZAS PUENTE A REPARAR)
ESC. 1 : 20

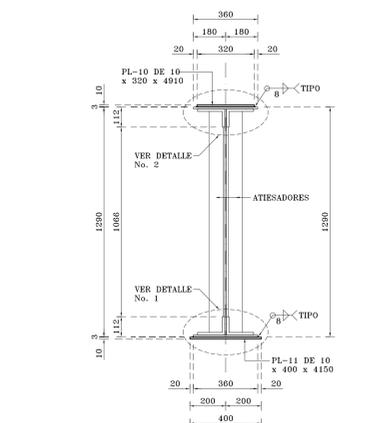


REPARACION DE PIEZA PUENTE EXTREMA
(4 PIEZAS PUENTE A REPARAR)
ESC. 1 : 20

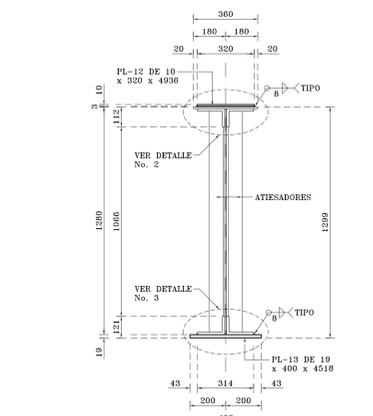


DETALLE No. 1
DETALLE No. 2
ESC. 1 : 5

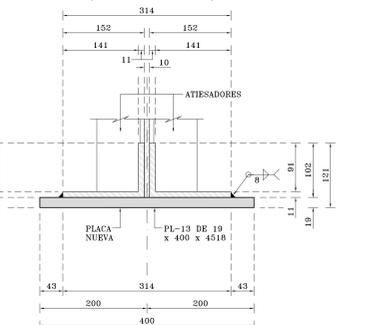
- EN FUNCIÓN A LAS PROPIEDADES GENERALES DEL COMPUESTO EPOXICO SE DEBERA PREPARAR SOLO LA CANTIDAD QUE SE PUEDA COLOCAR DURANTE EL TIEMPO DE VIDA DE LA RESINA, POR LO QUE SE RECOMIENDA MANEJAR LA APLICACION DEL COMPUESTO EPOXICO Y LA COLOCACION DE LAS PLACAS POR SECCIONES PARA GARANTIZAR LA CORRECTA ADHERENCIA ENTRE PLACAS (PLACA NUEVA Y PLACA EXISTENTE DE LOS PATINES QUE CONFORMAN A LAS PIEZAS PUENTE EXTERMAS E INTERMEDIAS).
- SE COLOCARÁ CINTA DE ESPUMA UNA CARA DE 25 mm. (1") Y e = 3 mm. (1/8") EN TODO EL PERIMETRO DE LA PLACA PARA DE ESTA FORMA EVITAR EL CONTACTO DEL COMPUESTO EPOXICO CON LA SOLDADURA AL MOMENTO DE PEGAR LA PLACA PL-9, PL-10 ó PL-11 QUE FORMARAN PARTE DE LOS PATINES DE LAS PIEZAS PUENTE. TAMBIEN SE COLOCARAN CALZAS DE 3 mm. DE ESPESOR PARA ASEGURAR QUE LAS PLACAS A COLOCAR ASIENTEN DE FORMA CORRECTA Y ASI GARANTIZAR UN ESPESOR HOMOGENEO DEL COMPUESTO EPOXICO.
- PARA EL CASO DE LAS PIEZAS PUENTE EXTERMAS SE SUSTITUIRA LA CUBREPLACA EXISTENTE EN EL PATIN INFERIOR DEBIDO AL ESTADO DE LAMINACION Y PERDIDA DE SECCION QUE PRESENTAN, RETIRANDOLA POR MEDIOS MECANICOS O OXICORTE EVITANDO DAÑOS A LOS ANGULOS EXISTENTES.



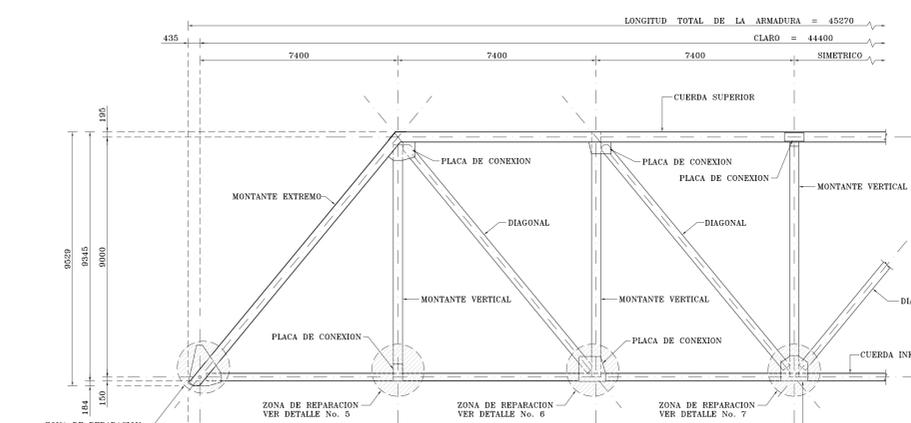
CORTE G - G
(PIEZA PUENTE INTERMEDIA)
ESC. 1 : 15



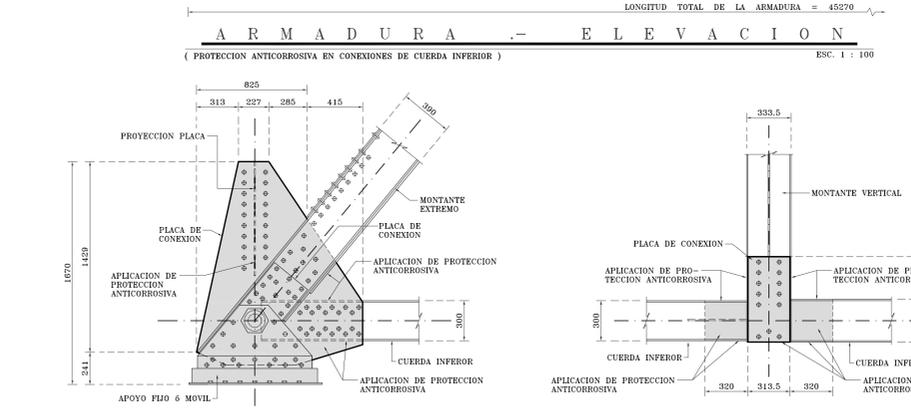
CORTE H - H
(PIEZA PUENTE EXTREMA)
ESC. 1 : 15



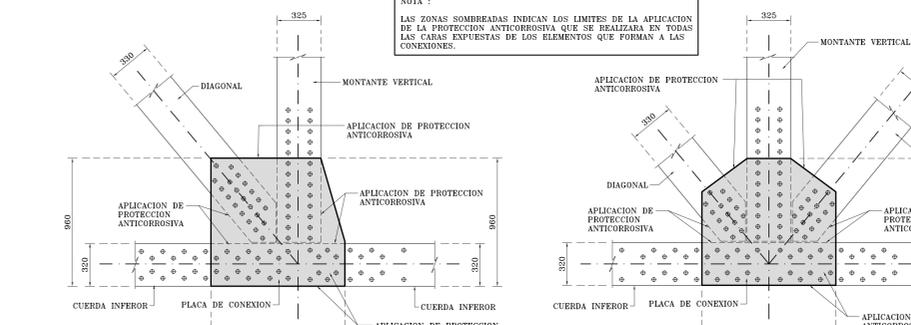
DETALLE No. 3
ESC. 1 : 5



ARMADURA - ELEVACION
(PROTECCION ANTICORROSIVA EN CONEXIONES DE CUERDA INFERIOR)
ESC. 1 : 100



DETALLE No. 4
(8 PIEZAS)
ESC. 1 : 20



DETALLE No. 5
(8 PIEZAS)
ESC. 1 : 20

NOTA:
LAS ZONAS SOMBRADAS INDICAN LOS LIMITES DE LA APLICACION DE LA PROTECCION ANTICORROSIVA QUE SE REALIZARA EN TODAS LAS CARAS EXPOSTAS DE LOS ELEMENTOS QUE FORMAN A LAS CONEXIONES.
- EN FUNCIÓN A LAS PROPIEDADES GENERALES DEL COMPUESTO EPOXICO SE DEBERA PREPARAR SOLO LA CANTIDAD QUE SE PUEDA COLOCAR DURANTE EL TIEMPO DE VIDA DE LA RESINA, POR LO QUE SE RECOMIENDA MANEJAR LA APLICACION DEL COMPUESTO EPOXICO Y LA COLOCACION DE LAS PLACAS POR SECCIONES PARA GARANTIZAR LA CORRECTA ADHERENCIA ENTRE PLACAS (PLACA NUEVA Y PLACA EXISTENTE DE LOS PATINES QUE CONFORMAN A LAS PIEZAS PUENTE EXTERMAS E INTERMEDIAS).
- SE COLOCARÁ CINTA DE ESPUMA UNA CARA DE 25 mm. (1") Y e = 3 mm. (1/8") EN TODO EL PERIMETRO DE LA PLACA PARA DE ESTA FORMA EVITAR EL CONTACTO DEL COMPUESTO EPOXICO CON LA SOLDADURA AL MOMENTO DE PEGAR LA PLACA PL-9, PL-10 ó PL-11 QUE FORMARAN PARTE DE LOS PATINES DE LAS PIEZAS PUENTE. TAMBIEN SE COLOCARAN CALZAS DE 3 mm. DE ESPESOR PARA ASEGURAR QUE LAS PLACAS A COLOCAR ASIENTEN DE FORMA CORRECTA Y ASI GARANTIZAR UN ESPESOR HOMOGENEO DEL COMPUESTO EPOXICO.
- PARA EL CASO DE LAS PIEZAS PUENTE EXTERMAS SE SUSTITUIRA LA CUBREPLACA EXISTENTE EN EL PATIN INFERIOR DEBIDO AL ESTADO DE LAMINACION Y PERDIDA DE SECCION QUE PRESENTAN, RETIRANDOLA POR MEDIOS MECANICOS O OXICORTE EVITANDO DAÑOS A LOS ANGULOS EXISTENTES.



CROQUIS DE LOCALIZACION

PROYECTO PUENTE FERROVIARIO "LA LANA" T. BLANCA - MEDIAS AGUAS		
TITULO DEL PLANO REFORZAMIENTO DE SUPERESTRUCTURA		
UBICACION LINEA "C" PUENTE "LA LANA" TRAMO: T. BLANCA - MEDIAS AGUAS KM. 6+275+420		
PLANO No. 2/2		
ESC. INDICADA	FECHA OCTUBRE 2021	REV. [Logo]