

aat 1844



Vicerrectorado Académico  
Dirección General de los Estudios de Postgrado  
Área: Ingeniería  
Programa: Ingeniería Estructural

Trabajo Especial de Grado como requisito parcial para optar al Título  
**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

**“EVALUACIÓN PATOLÓGICA DEL PUENTE DE ACERO ESTRUCTURAL Y  
MADERA LAGUNILLAS LG-8 UBICADO EN EL ESTADO ZULIA”**

Autor:

Danny Andara

Asesor:

MSc. Carlos Romero

Septiembre de 2015

Caracas, 04 de Septiembre de 2015

Señores  
Directores  
Consejo de Área de Ingeniería  
UCAB,  
Presentes.-

**Referencia: Carta de Aceptación del Asesor**

Estimados Señores:

Por medio de la presente hago constar que he leído y revisado el Trabajo Especial de Grado titulado **“EVALUACIÓN PATOLÓGICA DEL PUENTE DE ACERO ESTRUCTURAL Y MADERA LAGUNILLAS LG-8 UBICADO EN EL ESTADO ZULIA”**, desarrollado por el Ing. Danny Andara, titular de la cédula de identidad número 14.598.808, como requisito parcial para optar al Título de **Especialista en Ingeniería Estructural**.

A partir de dicha lectura y revisión considero que el mencionado **Trabajo Especial de Grado** cumple con los requisitos y reúne los méritos suficientes para su evaluación por parte del distinguido **Jurado Evaluador** que tengan a bien designar.

Sin otro particular, quedo de ustedes con un cordial saludo,

Atentamente,

CARLOS R

---

Ing. Carlos Romero  
MSc. en Ingeniería Estructural



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
ÁREA DE INGENIERIA  
PROGRAMA: INGENIERIA ESTRUCTURAL

## **EVALUACIÓN PATOLÓGICA DEL PUENTE DE ACERO ESTRUCTURAL Y MADERA LAGUNILLAS LG-8 UBICADO EN EL ESTADO ZULIA**

Autor: Ing. Danny Andara  
Asesor: MSc. Carlos Romero  
Fecha: Septiembre, 2015

### **RESUMEN**

En la Carretera Nacional de Lagunillas del estado Zulia, se encuentra el puente Lagunillas LG-8 cuya función es la de comunicar los campos residenciales petroleros con las diversas áreas operacionales de PDVSA. El puente está constituido por un tablero de madera y una carpeta de rodamiento de concreto asfáltico, las vigas principales y secundarias son de acero estructural, mientras que las pilas son de madera y acero estructural. Actualmente, el puente presenta apreciables socavaciones en la carpeta de rodamiento, lo que muestra un deterioro apreciable del tablero de madera y concreto asfáltico, además que se constató la ausencia de dos (02) pilas de apoyo. En virtud ello se requiere evaluar la patología del puente con el propósito de establecer recomendaciones para recuperarlo o demolerlo. La metodología a emplear consiste en una investigación aplicada del tipo evaluativa y documental, con diseño de campo, no experimental. Para ello se establecieron tres fases metodológicas donde se destaca en primer lugar la elaboración del anteproyecto, en segundo lugar recopilación de los datos, y en tercer lugar se analizan los datos para la evaluación patológica del puente utilizando el programa Staad Pro para el análisis estructural y la metodología del MTC para la evaluación primaria. Los resultados de la evaluación contribuirán a tomar acciones correctivas.

Palabras Clave: *Evaluación, patología, puente, acero, madera.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>4</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
Objetivo General .....	9
Objetivos Específicos .....	9
JUSTIFICACIÓN .....	9
ALCANCE .....	11
LIMITACIONES.....	12
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>13</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
ANTECEDENTES.....	13
BASES LEGALES .....	15
Normativa Nacional .....	15
Normativa Internacional.....	17
PUENTES .....	19
TIPOS DE PUENTES .....	19
PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS .....	20
PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE ACERO ESTRUCTURAL .....	24
PATOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS DE MADERA.....	39
PATOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO .....	50
PATOLOGÍA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	52
EVALUACIÓN BÁSICA DE PUENTES.....	53
EVALUACIÓN DETALLADA DE PUENTES.....	56
UBICACIÓN DE LOS PUENTES .....	57
ELECCIÓN DEL TIPO DE PUENTE .....	58
CARACTERÍSTICAS DE LOS PUENTES .....	58
REQUERIMIENTOS GEOMÉTRICOS PARA EL DISEÑO DE PUENTES .....	59

ACCIONES PARA EL DISEÑO DE PUENTES .....	60
ACCIONES PERMANENTES .....	60
ACCIONES VARIABLES .....	60
FACTOR DE IMPACTO .....	63
DISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS DEL CAMIÓN DE DISEÑO EN VIGAS PRINCIPALES.....	63
ACCIONES DE VIENTO.....	64
ACCIONES SÍSMICAS .....	65
ACCIONES HORIZONTALES POR EFECTO DE FRENADO .....	65
ACCIONES HORIZONTALES POR CORRIENTES DE AGUA .....	65
ACCIONES HORIZONTALES POR COLISIONES .....	66
ACCIONES POR EMPUJE DEL TERRENO .....	66
ACCIONES PARA EL DISEÑO DE COLUMNAS DE MADERA .....	67
COMBINACIONES DE ACCIONES.....	68
CONSERVACIÓN DE ESTRUCTURAS DE PUENTES .....	69
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>72</b>
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>75</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>75</b>
CONSIDERACIONES GENERALES.....	75
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	75
Objetivo General .....	75
Objetivos Específicos .....	75
TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	76
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	76
DISEÑO DE LAS FASES METODOLÓGICAS .....	77
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	78
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	78
TÉCNICAS DE ANÁLISIS O PROCESAMIENTO DE LOS DATOS .....	79
OPERACIONALIZACIÓN DE OBJETIVOS .....	87
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>90</b>
<b>PRESENTACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS .....</b>	<b>90</b>
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>130</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>130</b>
<b>REFERENCIAS CONSULTADAS .....</b>	<b>132</b>
<b>APÉNDICE A .....</b>	<b>138</b>
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	139
<b>APÉNDICE B .....</b>	<b>140</b>

ASESORÍA TÉCNICA DEL PROFESOR GUILLERMO BONILLA.....	141
<b>APÉNDICE C .....</b>	<b>143</b>
SIMULACIONES ESTRUCTURALES DEL PUENTE LAGUNILLAS LG-8 UTILIZANDO EL PROGRAMA STAAD PRO V8I .....	144
VIGA LONGITUDINAL DEL PUENTE EN CONDICIÓN DE SERVICIO (CHEQUEO DE LA FLECHA).....	144
VIGA LONGITUDINAL DEL PUENTE CON CARGAS MAYORADAS (DISEÑO DE LA VIGA) ...	145
PUENTE COMPLETO EN SU CONDICIÓN ORIGINAL (DISEÑO DE LAS VIGAS TRANSVERSALES, PILOTES DE ACERO, Y COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO).....	147
PUENTE COMPLETO EN SU CONDICIÓN ACTUAL (DISEÑO DE LAS VIGAS TRANSVERSALES, PILOTES DE ACERO, Y COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO).....	167
<b>APÉNDICE D .....</b>	<b>188</b>
PLANOS DEL LEVANTAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO DE ABRIL DE 2014 .....	189

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <b>Incendio de Lagunillas de Agua del 13/11/1939.</b> Nota: Información tomada del Bracho (2009).....	4
Figura 2: <b>Mapa de distribución de Lagunillas, estado Zulia.</b> Nota: Información tomada de <a href="http://www.wikipedia.org">www.wikipedia.org</a> (27/11/2014). ....	6
Figura 3. <b>Mapa de distribución de Lagunillas, estado Zulia.</b> Nota: Fotografías tomadas por el autor (22/05/2014).....	8
Figura 4. <b>Flujograma de la Patología de un Puente.</b> Nota: Datos Tomados de López, Rojas y Martínez (1993).....	21
Figura 5. <b>Diagrama idealizado tensión - deformación.</b> Nota: Datos tomados de Alonso (2012).....	26
Figura 6. <b>Diferentes tipos de soldadura.</b> Nota: Datos tomados de Fratelli (2005). ....	28
Figura 7. <b>Fallas más comunes en soldaduras.</b> Nota: Datos tomados de Jeffus (2008).....	32
Figura 8. <b>Circuito Básico de Corrosión.</b> Nota: Datos tomados de Nouel (s.f.). ....	36
Figura 9. <b>Protección Catódica con Ánodos de Sacrificio.</b> Nota: Datos tomados de Nouel (s.f.). ....	37
Figura 10. <b>Protección Catódica con Corriente Impresa.</b> Nota: Datos tomados de Nouel (s.f.). ....	37
Figura 11. <b>Fallas comunes en la madera.</b> Nota: Datos tomados de Rodríguez (2011).....	45
Figura 12. <b>Anchos totales para vías de 2 trochas.</b> Nota: Datos tomados de Arnal (2000).....	59
Figura 13. <b>Tren de carga normal tipo H (2 ejes).</b> Nota: Datos tomados de Arnal (2000).....	61
Figura 14. <b>Tren de carga normal tipo H (3 ejes).</b> Nota: Datos tomados de Arnal (2000).....	62
Figura 15. <b>Trocha de diseño para la AASHTO Standard.</b> Nota: Datos tomados de Arnal (2000). ....	62
Figura 16. <b>Agrietamiento, deterioro y deformación del concreto asfáltico.</b> Nota: Datos tomados del autor (2014). ....	104
Figura 17. <b>Deterioro, agrietamientos y desprendimiento de la madera del tablero.</b> Nota: Datos tomados del autor (2014).....	105

Figura 18. <b>Las barandas metálicas no presentan problemas. Nota: Datos tomados del autor (2014).</b> .....	105
Figura 19. <b>Las vigas del tablero presentan corrosión, deterioro del material y de las conexiones. Nota: Datos tomados del autor (2014).</b> .....	106
Figura 20. <b>Las vigas de soporte del tablero presentan corrosión, deterioro del material y deterioro de las conexiones. Las juntas de unión presentan socavación y falta de material de aporte. Nota: Datos tomados del autor (2014).</b> .....	106
Figura 21. <b>La viga soporte del tablero metálico (eje I) no posee columnas. Simplemente se encuentra arriostrando horizontalmente las vigas del entramado del tablero (vigas longitudinales). Nota: Datos tomados del autor (2014).</b> .....	107
Figura 22. <b>Las pilas de madera presentan asentamiento, agrietamientos y deterioro del material. Se observa que están recubiertas con aguas contaminadas con hidrocarburos provenientes de la actividad petrolera. Los ejes C1 y G5 no disponen de pilas de madera. Nota: Datos tomados del autor (2014).</b> .....	107
Figura 23. <b>Las pilas de acero presentan corrosión leve. Se observa un eje que en la parte inferior de un eje está protegido de concreto, pero en otro eje está sumergido en las aguas del canal. Nota: Datos tomados del autor (2014).</b> .....	108
Figura 24. <b>La aleta o muro de retorno que se muestra se encuentra en buen estado. Nota: Datos tomados del autor (2014).</b> .....	108
Figura 25. <b>Canal de aguas de lluvia. En la imagen de la izquierda se muestra el canal aguas arriba del puente. Se observa en la misma imagen tres tuberías azules las cuales descargas aguas contaminadas con hidrocarburos al canal. En la imagen de la derecha se muestra el canal aguas abajo del puente. Nota: Datos tomados del autor (2014).</b> .....	109

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <b>Condiciones meteorológicas y ambientales</b> .....	10
Tabla 2. <b>Espesor mínimo de soldaduras de filete</b> .....	29
Tabla 3. <b>Comparación entre protección catódica con ánodos de sacrificio y corriente impresa</b> .....	38
Tabla 4. <b>Denominación de la madera en función del contenido de humedad</b> .....	41
Tabla 5. <b>Posible ataque de organismos xilófagos en la madera</b> .....	46
Tabla 6. <b>Resumen de clase de riesgo y método de tratamiento de la madera</b> .....	48
Tabla 7. <b>Sobrecargas equivalentes para los diversos trenes de carga, en kg</b> .....	63
Tabla 8. <b>Distribución de las cargas de diseño sobre las vigas principales</b> .....	64
Tabla 9. <b>Cantidad de deterioro de un puente</b> .....	80
Tabla 10. <b>Gravedad del deterioro de un puente</b> .....	80
Tabla 11. <b>Combinación de la gravedad y cantidad de deterioro de un puente</b> .....	81
Tabla 13. <b>Posibles combinaciones del Índice de Vulnerabilidad (IV) de un puente, y sus resultados</b> .....	86
Tabla 14. <b>Periodos y aceleraciones elásticos e inelásticos</b> .....	116
Tabla 15. <b>Relaciones demanda / capacidad de las vigas longitudinales. Puente en condición original</b> .....	120
Tabla 16. <b>Relaciones demanda / capacidad de las vigas transversales. Puente en condición original</b> .....	121
Tabla 17. <b>Relaciones demanda / capacidad de las pilas de acero estructural. Puente en condición original</b> .....	124
Tabla 18. <b>Relaciones demanda / capacidad de las vigas transversales. Puente en condición actual</b> .....	127

## INTRODUCCIÓN

Las puentes así como cualquier tipo de estructuras deben considerarse como seres vivos, en la cual envejecen y se enferman trayendo como consecuencia, que en algunos casos, los mismos no puedan cumplir con el objetivo para el cual fueron diseñados, motivado a esto surge la patología de estructuras, que consiste en el estudio de los defectos de las estructuras, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición. En relación a lo anterior, a una estructura enferma se le puede aplicar una cura o tratamiento con la esperanza de recuperar su capacidad de carga original, sin embargo, tal como sucede con los seres vivos, en algunos casos el tratamiento no puede restablecer las condiciones originales de la estructura, e incluso en algunos casos la estructura está condenada a morir o lo que es lo mismo, a ser demolida.

Con respecto a la evaluación patológica de los puentes, no existen muchos trabajos de investigación en las Universidades del país, y los pocos que se lograron conseguir están enfocados a realizar una evaluación básica con metodologías creadas por los mismos autores. En este trabajo de investigación se incluye una evaluación básica utilizando la metodología adoptada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC (1991), tal como lo recomienda Torres (2006) y Lobo (2009), así como una evaluación detallada utilizando el programa de cálculo estructural Staad Pro V8.1, basado en elementos finitos.

Por otra parte, los puentes de madera que fueron construidos en Caracas y el estado Vargas durante el siglo XVIII y XIX tuvieron que ser sustituidos debido a que resultaron inadecuados, incluso con el uso de las maderas más fuertes, las cuales se encuentran en el corazón del árbol (duramen), así lo manifiestan Grases, Gutiérrez y Salas (2012).

De esta manera, en la Carretera Nacional de Lagunillas, ubicada en el estado Zulia, se encuentra el puente Lagunillas LG-8 que pasa por encima

de un canal de aguas pluviales que conduce las aguas de lluvia desde algunos Sectores de Lagunillas hasta un sistema de bombeo ubicado en las cercanías del Lago, para posteriormente disponer las aguas en el Lago de Maracaibo. La función principal del puente es la de comunicar a los diversos sectores de Lagunillas tales como áreas operacionales y residenciales del personal que labora en Petróleos de Venezuela, S.A (PDVSA).

La población de Lagunillas está compuesta por campos petroleros y sectores construidos alrededor de estos, los cuales se encuentran bajo el nivel del mar por lo que el muro de contención es una preocupación para los habitantes de la zona, razón por la cual los suelos son blandos, de baja capacidad de carga y con un nivel freático alto.

El puente Lagunillas LG-8 tiene una longitud de 46 metros (m), con dos (02) trochas de circulación y está constituido por: un tablero de madera, una carpeta de rodamiento de concreto asfáltico, vigas longitudinales y transversales de acero estructural, pilas de apoyo de madera y acero estructural. Actualmente, el puente presenta deterioro general de la madera y acero estructural, razón por la cual surge la necesidad de evaluar la patología del puente Lagunillas LG-8, ubicado en el estado Zulia, con el propósito de establecer acciones correctivas que respondan a la interrogante de si el mismo debe ser demolido o puede ser recuperado. En consecuencia, con el objeto de facilitar la lectura y comprensión de esta investigación, la misma se encuentra estructurada de la siguiente manera:

En el Capítulo I, se desarrolla de forma detallada el planteamiento del problema, el cual describe de manera amplia la situación objeto de estudio, ubicándola en un contexto que permita comprender su origen, relaciones e incógnita por responder, a partir de allí se definen el objetivo general y los objetivos específicos. Seguidamente se presenta la justificación y el alcance del trabajo de investigación, y por último se describen las limitaciones que se tienen para el desarrollo de la investigación, que en definitiva pudieran afectar la validez de los resultados finales.

El Capítulo II presenta el marco teórico que se inicia con cinco (05) trabajos de investigación que fueron elaborados anteriormente, los cuales están relacionados a la presente investigación y sirven para obtener información importante que contribuye al desarrollo de ésta, en el caso de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) no presenta trabajos de investigación relacionados a este tema. Seguidamente se indican las bases legales y las bases teóricas que permiten sustentar y fundamentar la presente investigación. En las bases teóricas se definen las patologías de estructuras, patologías de los materiales que conforman el puente, evaluación de las condiciones del puente, el análisis estructural del puente, medidas preventivas y correctivas. Finalmente, se culmina el marco teórico con la definición de términos básicos o glosario.

En el Capítulo III se establece el marco metodológico de la investigación definiéndola del tipo aplicada, específicamente evaluativa y documental. Se establece el diseño de la investigación como de campo, no experimental, y se describen las tres (03) fases en las cuales estará dividida la misma. En la primera fase destaca la elaboración del anteproyecto, en la segunda fase, se recopilan los datos, y en la tercera fase, se analizan o procesan los datos para la evaluación patológica del puente utilizando el programa Staad Pro V8.1 para el análisis estructural y la metodología del MTC para la evaluación primaria. Los datos recolectados provienen en su mayoría de la observación. Por último, se presenta la operacionalización de los objetivos, donde se muestran las dimensiones e indicadores producto de la descomposición de los objetivos específicos de la investigación, que en definitiva conducirán al objetivo general.

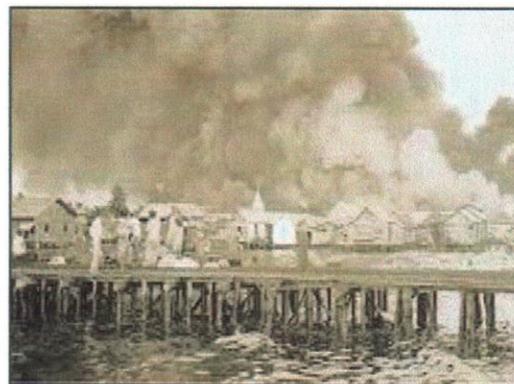
## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### Planteamiento del Problema

A principios del siglo XX comenzó la explotación petrolera en la Costa Oriental del Lago, luego de la perforación del pozo Zumaque I en 1914 comenzó la explotación del campo Lagunillas por la empresa holandesa Royal Dutch Shell, donde se construyeron los campos petroleros para los trabajadores en tierra firme fundándose Lagunillas de Tierra (la actual Lagunillas).

El 19 de enero de 1937 el Presidente Eleazar López Contreras decreta la fundación de Ciudad Ojeda como un núcleo para albergar a la población de Lagunillas de Agua que vivían precariamente en palafitos expuestos a los riesgos de la industria petrolera. El 13 de noviembre de 1939 un fuerte incendio destruyó Lagunillas de Agua con un saldo de más de 200 muertos. La causa del incendio fue debido a una capa aceitosa que se formó sobre el Lago de Maracaibo proveniente de la explotación petrolera, que destruyó los palafitos de madera existentes. El Presidente ordena la reubicación de los sobrevivientes del siniestro en la nueva Ciudad Ojeda (ver Figura 1).



**Figura 1: Incendio de Lagunillas de Agua del 13/11/1939. Nota: Información tomada del Bracho (2009).**

La actual Lagunillas está compuesta por campos petroleros y sectores construidos alrededor de estos, los cuales se encuentran bajo el nivel del mar (aproximadamente 7 metros) por lo que el muro de contención es una preocupación para los habitantes de la zona, razón por la cual los suelos son blandos, de baja capacidad de carga y con un nivel freático alto. Entre los sitios que destacan en Lagunillas se encuentran: los muelles Norte y Sur, que es donde los trabajadores petroleros toman las lanchas para trasladarse hasta las instalaciones industriales ubicadas en el Lago de Maracaibo; patios de tanque de crudo Zulima y Campo Mío, Estadio 5 de Julio, un supermercado, dos (02) clínicas de PDVSA, escuelas de PDVSA, edificaciones administrativas de PDVSA, la Iglesia Católica Santa Rosa de Lima, entre otros.

Todos estos campos petroleros y las diversas instalaciones mencionadas se comunican de manera rápida a través de la Carretera Nacional de Lagunillas, cuya longitud total está en el orden de los ocho (8) kilómetros. En dicha carretera se encuentra construido un puente que pasa por encima del canal de aguas pluviales LG-8, cuya función de éste último consiste en conducir las aguas de lluvia hacia un sistema de bombeo ubicado cerca del Lago, para luego disponerlas en el Lago de Maracaibo (ver Figura 2).

El canal de aguas pluviales que pasa por debajo del puente Lagunillas LG-8 tiene una sección trapezoidal y posee un recubrimiento de concreto en los taludes de ambas márgenes del canal a todo lo ancho del puente. Este canal conduce las aguas de lluvia que provienen de algunos Sectores de Lagunillas, y debido al pobre drenaje natural de la zona (grandes planicies), normalmente este canal siempre permanece con agua, incluso contaminada proveniente de la actividad petrolera.

La Carretera Nacional de Lagunillas se estima que fue construida entre los años 1976 y 1979, así lo afirman los Ingenieros más experimentados de PDVSA, ya que no existe información para avalar tal

afirmación. De aquí se deduce que la Carretera Nacional así como el puente Lagunillas LG-8 tiene una edad aproximada de 38 años.



**Figura 2: Mapa de distribución de Lagunillas, estado Zulia.** Nota: Información tomada de [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) (27/11/2014).

El puente Lagunillas LG-8 tiene 46 metros (m) de longitud por un ancho de 12 m, posee dos (02) trochas de circulación y está conformado por la superestructura e infraestructura. La superestructura consta de: un tablero de listones de madera de 0,20 m de espesor, una carpeta de rodamiento de concreto asfáltico de 0,10 m de espesor, barandas de tuberías de acero de 4" de diámetro, una pasarela de concreto adosada a un lado del puente,

vigas longitudinales de acero estructural tipo I de 0,50 m de altura separadas cada 2,00 m para un total de 6 vigas (ejes 1 al 6); dichas vigas longitudinales se apoyan sobre otras vigas transversales de acero estructural tipo I de 0,30 m de altura, separadas cada 5,50 m para un total de 12 vigas (ejes A hasta L).

Por su parte, la infraestructura consta de 12 ejes de apoyo (ejes A hasta L), de los cuales, los ejes A y L están apoyados directamente sobre el terreno, no se observan pilas o estribos, los ejes B, C, E, F, G, I y K están apoyados cada uno sobre 6 pilas de madera de sección cuadrada (0,30 x 0,30) m separadas cada 2,00 m, y los ejes D, H y J están apoyados sobre 5 pilas de acero estructural de sección circular 12" de diámetro separadas cada 2,50 m. Con respecto a los apoyos de los extremos o estribos no se observan, sólo se observa un revestimiento de concreto para proteger ambos taludes de las corrientes de aguas del canal. Por su parte, las vigas longitudinales están simplemente apoyadas sobre las vigas transversales, fijadas con conexiones empernadas. Las vigas transversales están simplemente apoyadas sobre las pilas de madera con conexiones empernadas tipo macho – hembra, mientras que las conexiones entre las vigas transversales y las pilas de acero estructural son soldadas.

Actualmente, el puente presenta apreciables socavaciones en la carpeta de rodamiento, lo que muestra un deterioro apreciable del tablero de madera y concreto asfáltico del puente, además que se constató la ausencia de una pila de apoyo de madera en los ejes C1 y G5 (ver Figura 3), así como corrosión general del acero estructural, sin embargo, los usuarios de vehículos livianos siguen usando el puente como vía de comunicación entre los diversos Sectores de Lagunillas. En virtud de ello, se presenta la siguiente interrogante: ¿el puente de acero estructural y madera Lagunillas LG-8 ubicado en el estado Zulia, puede ser recuperado o debe ser demolido?.



Deterioro de la carpeta de rodamiento



Deterioro general de la estructura



Deterioro de la madera



Deterioro del acero estructural



Ausencia de la pila de madera C1



Corrosión en juntas metálicas

**Figura 3. Mapa de distribución de Lagunillas, estado Zulia. Nota: Fotografías tomadas por el autor (22/05/2014).**

Por otra parte, la perforación y extracción de crudos en la zona ha generado hundimientos del terreno denominados subsidencia, y dado que las zonas adyacentes al Lago, habitadas y/o con instalaciones de PDVSA, son planas y alcanzan cotas que escasamente superan las del Lago (Contreras, 2006), razón por la cual se construyeron los diques de la Costa Oriental del Lago. En virtud de lo anterior, la población de Lagunillas se encuentra alrededor de siete (07) metros por debajo del nivel del Lago, razón por la cual es importante mantener todas las vías de escape disponibles y en buen estado, ya que en caso de ocurrir una posible inundación de Lagunillas, se puedan cumplir con las planes de emergencia que se tienen previstos.

Además de las consideraciones anteriores, el Sector de Lagunillas cuenta con unas condiciones ambientales agresivas, y una posible falla del puente ocasionaría problemas para que las personas de la comunidad puedan dirigirse hasta su sitio de trabajo de manera rápida, lo que traería como consecuencia una desmejora en la calidad de vida de la población de esa zona (ver Tabla 1).

Tabla 1. **Condiciones meteorológicas y ambientales.**

ATMÓSFERA:	CORROSIVA, SALINA.
CONDICIÓN AMBIENTAL	HUMEDALES, PANTANOS.
ALTITUD:	+0,000 m SOBRE EL NIVEL DEL MAR. NIVEL DEL LAGO DE MARACAIBO
ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO:	6 PULG/MES (152,4 mm/mes)
TEMPERATURA AMBIENTAL MÍNIMA:	82,4 °F (28 °C)
TEMPERATURA AMBIENTAL MÁXIMA:	104 °F (40 °C)
HUMEDAD RELATIVA:	90% MÍNIMO – 100% MÁXIMA
VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO:	109,3 PIE/S (120 km/h)
DIRECCIÓN DOMINANTE DEL VIENTO:	NORESTE (48 %) – OESTE (31 %)
ZONA SÍSMICA:	3

Nota: Datos tomados del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana, Estación Mene Grande, período (1961 – 1990).

## Alcance

La presente investigación tiene como alcance la evaluación patológica del puente de acero estructural y madera Lagunillas LG-8 ubicado en el estado Zulia, con el propósito de presentar recomendaciones con respecto a recuperar o demoler el puente.

Para ello se utilizará la metodología de evaluación básica de puentes elaborada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) en el año 1991. Esta metodología consiste en el llenado de unas planillas que contienen matrices donde se evalúa el grado de deterioro y la cantidad de deterioro presentes en el puente, a través de la combinación de los índices de daños y severidad, dando como resultado el índice de vulnerabilidad del puente.

Ahora bien, para llenar las planillas de la evaluación básica de puentes utilizadas por el MTC, es necesario conocer la patología de los materiales que conforman el puente, tales como: acero estructural, madera, concreto armado y concreto asfáltico, teniendo presente que la patología de estructuras consiste en el estudio de los defectos de las estructuras, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición.

Debido a que no se cuenta con información del puente, se deberá realizar el análisis estructural del puente para determinar la capacidad de carga original y la capacidad de carga actual para luego compararlas, información que es necesaria para establecer las recomendaciones finales. De esta manera, las recomendaciones finales indicarán las acciones a tomar en el puente clasificadas en función del tipo de deterioro presente, tales como: mantenimiento rutinario, reparaciones, reforzamiento o demolición. Es importante destacar, que en Venezuela no existen Normas para el diseño de puentes, razón por la cual se utilizarán las Normas Internacionales de la

Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras (American Association of States Highway and Transportation Officials, AASHTO) vigentes.

### **Limitaciones**

Este trabajo de investigación presenta limitaciones tales como: ausencia de los planos originales del puente, no existe un estudio de suelos del área en evaluación, no se cuenta con información hidrológica de la zona, no se dispone de andamios para realizar la inspección visual de los miembros estructurales que se encuentran por debajo del puente en la parte central, por lo tanto, la inspección de los miembros centrales del puente serán hechas a la distancia ya que el puente pasa sobre un canal de aguas de lluvias contaminadas con hidrocarburos de acceso restringido. De igual manera, la inspección visual de las pilas de madera sumergidas bajo el agua no podrá ser realizada, así como las fundaciones de las mismas y las demás fundaciones. Por último, en caso de que se requiera, no se dispone de equipos para realizar ensayos de los materiales que conforman el puente.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### Antecedentes

En este capítulo, se presenta una serie de elementos conceptuales derivados del resultado de la revisión bibliográfica realizada, que tienen como finalidad sustentar teóricamente la investigación basados en conocimientos existentes de autores que han hecho referencia al tema, tal como se muestra a continuación:

Arroyo y Rodríguez (2009), *Evaluación de la Estructura del Puente O'leary del Municipio Maracaibo*, realizaron la evaluación del puente utilizando una lista de chequeo que permite identificar de manera fácil y efectiva los criterios de evaluación y el diagnóstico de los elementos más críticos que puedan comprometer la estructura del puente desde el punto de vista de sus condiciones físicas, presentaron medidas correctivas y preventivas para prolongar su vida útil dada la importancia del puente como una obra histórico – cultural. Se concluyó que la estructura del puente O'leary presenta diversos problemas en la actualidad, siendo la razón fundamental la falta de un plan de mantenimiento sistemático y programado. El trabajo de investigación utilizará de Arroyo y Rodríguez (2009), los objetivos específicos, los cuales serán utilizados como referencia, así como los resultados obtenidos.

Guerra (2013), *Diseñar un Plan de Mantenimiento Correctivo – Preventivo Vial de la Autopista Francisco Fajardo, Tramo Caricuaio Puente los Leones Caracas*, el estudio se fundamenta en la evaluación de las condiciones actuales de la vía mediante inspecciones realizadas en campo a través de recolección de datos como planillas, memoria fotográfica, e investigación de campo apoyado en documentación técnica, permitiendo

determinar los parámetros para realizar un plan de mantenimiento para dicha vía, donde demuestra daños en el pavimento, falta de limpieza y barrido de drenajes longitudinales, deficiencia de iluminación, defensas deterioradas y faltantes, deterioro de la señalización y crecimiento de vegetación, por lo que se diseña un plan de mantenimiento correctivo preventivo vial programado. El trabajo de investigación utilizará de Guerra (2013), los tipos de mantenimiento que deben realizarse a los puentes.

Pinto (2008), *Comportamiento de Tableros de Puentes no Regulares*, realizó un estudio numérico mediante el modelado de puentes con diferentes ángulos de esviaje, siguiendo la formulación propuesta por la Norma AASHTO Standard 2002, los resultados obtenidos permitieron la determinación del factor de rueda para las condiciones de máximo momento flector y fuerza cortante, valores que fueron comparados con los que se obtienen siguiendo la Norma AASHTO Standard y los calculados por líneas de influencia. Se concluyó que a medida que aumenta el ángulo de esviaje, el momento torsor y fuerza cortante en las vigas aumenta, mientras que el momento flector máximo disminuye. El trabajo de investigación utilizará de Pinto (2008), los criterios de diseño de puentes aplicando la Norma AASHTO Standard, así como las conclusiones obtenidas.

López, Rojas y Martínez (1993), *Patología de los Puentes del Municipio Vargas D.F.*, recopila la evaluación de los puentes ubicados en el Municipio Vargas, donde destacan los principales problemas: flechas excesivas, estribos o pilas dañados con socavación como principal problema, daños en el pavimento, juntas de expansión en mal estado así como los aparatos de apoyo, drenajes deficientes, entre otros. Se concluyó que los diversos daños de los puentes inspeccionados pueden estar originados a la combinación de las siguientes causas: severidad del medio ambiente marino, deficiencias en la colocación, compactación y calidad del concreto, recubrimientos deficientes, mantenimiento precario, incremento de las cargas rodantes, insuficiencia de mantenimiento a los cauces. El trabajo de

investigación utilizará de López, Rojas y Martínez (1993), las causas de la falla de los puentes, así como las conclusiones obtenidas.

Parra y Sedano (2011), *Desarrollo de una Metodología para la Evaluación del Estado de Puentes Existentes*, presentó una metodología para la evaluación del estado de los puentes existentes en Colombia, con el fin de prestar a las diferentes entidades administradoras una herramienta que les permita priorizar y mejorar el proceso de la toma de decisiones para la inversión de los recursos. La metodología creada está organizada a través de módulos con el fin de hacer más fácil el acceso a la información. Se crearon los módulos de inventario, inspección, mantenimiento, rehabilitación y costos, de igual forma se creó un módulo de toma de decisiones que se basan en la relación entre las diferentes variables que afectan los puentes, cuyo objetivo es priorizar el orden de la intervención de los puentes del sistema. El trabajo de investigación utilizará Parra y Sedano (2011), las variables internas y externas que afectan los puentes.

### **Bases Legales**

A continuación se presentan los códigos que servirán de apoyo para la presente investigación:

#### ***Normativa Nacional***

1. COVENIN-MINDUR 1756:2001-1“Edificaciones Sismorresistentes. Articulado y Comentarios”.

Esta Norma se aplicará para el análisis estructural del puente Lagunillas LG-8 en su condición original y condición actual, con el propósito de compararlos y de esta manera establecer recomendaciones. Se incluye la determinación del espectro de diseño en función de los parámetros indicados en la Norma.

2. COVENIN 1618:1998 "Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites".

A pesar que esta Norma corresponde al Método de los Estados Límites y no al Método de las Tensiones Admisibles, se utilizará parte de la terminología, así como los criterios para la evaluación de estructuras existentes, el cual se explica de forma general y es independiente del Método empleado.

3. COVENIN-MINDUR (PROVISIONAL) 2002 – 88 "Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones".

Esta Norma se aplicará para el análisis estructural del puente Lagunillas LG-8 en su condición original y condición actual, aportando los pesos unitarios de los materiales que constituyen el puente tales como: acero estructural, concreto armado, concreto asfáltico, madera y cualquier otro material requerido.

4. COVENIN-MINDUR (PROVISIONAL) 2003 – 86 "Acciones del Viento sobre las Construcciones".

Esta Norma se aplicará para el análisis estructural del puente Lagunillas LG-8 en su condición original y condición actual, aportando los procedimientos para la determinación de la presión del viento que actúa sobre el puente. Este viento se aplicará en forma perpendicular al mismo multiplicando la presión de diseño por el ancho de las secciones de los miembros estructurales.

5. COVENIN-MINDUR (PROVISIONAL) 2004 – 98 "Terminología de las Normas Covenin – Mindur de Edificaciones".

Esta Norma se aplicará para colocar los términos técnicos en la investigación, ya que existen diferencias significativas con la terminología internacional, para citar un ejemplo, en el caso de las acciones permanentes, llamadas así en las Normas Covenin, las Normas Internacionales las denominan como cargas muertas.

6. FONDONORMA 1753-2006. "Norma para Estructuras de Concreto Reforzado", Caracas.

Esta Norma se aplicará para el análisis estructural de las estructuras de concreto que forman parte del puente tales como fundaciones. En este caso se refiere a los estribos o apoyos extremos del puente (en caso de que aplique ya que no se observan en el puente). Estos estribos se calculan como muros de concreto armado en voladizo, en la mayoría de los casos.

7. Norma COVENIN 2303:1997. "Tipología de los Vehículos de Carga", FONDONORMA, Caracas.

Esta Norma se aplicará para dar a conocer la tipología de los vehículos de carga que existen en el país. Esta Norma es muy importante ya que con el pasar de los años se ha incrementado la flota de vehículos pesados de diversas tipologías tales como la adición de nuevos ejes de carga.

8. Norma COVENIN 0614:1997 "Límites de peso para Vehículos de Carga", FONDONORMA, Caracas.

Esta Norma se aplicará para el dar a conocer los límites de peso que se deben cumplir para vehículos pesados que circulan por las carreteras del país. Esta Norma está relacionada a la Norma de Tipología de vehículos pesados y en el país no se cumplen con los pesos máximos indicados, lo cual es preocupante ya que la mayoría de los puentes tienen más de cuarenta años de construidos.

### ***Normativa Internacional***

1. AASHTO 2002: "Standard Specifications for Highway Bridges, Seventeenth Edition", Estados Unidos.

Actualmente en Venezuela no existe una Norma para el diseño de puentes, razón por la cual se recurre al uso de Normas Internacionales como el caso de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras (American

## **Bases teóricas**

### **Puentes**

Los puentes son estructuras viales, que sirven para dar continuidad a una vía y para salvar depresiones tales como ríos, quebradas, canales, lagos, obstáculos artificiales, entre otros. En virtud de lo anterior, Torres (2006) considera a los puentes como líneas vitales con significativa importancia en la construcción de redes viales. Por su parte, Mata (2007) distingue un puente según su función como: puente para carretera, puente para ferrocarril y puente móvil. El mismo autor manifiesta que la comunicación por vía terrestre en el país se ha convertido en un elemento de gran trascendencia de integración, desplazamiento e intercambio entre productores, distribuidores y consumidores para llevar a cabo la actividad económica a nivel nacional.

### **Tipos de puentes**

Los tipos de puentes que define Arnal (2000) se pueden catalogar como: puentes de losa llena de concreto, puentes con vigas de concreto armado, puentes con vigas laterales de concreto armado, puentes de concreto precomprimido, puentes sobre vigas de acero laminadas, puentes sobre vigas de palastro y puentes con vigas de celosía.

Por su parte, Torres (2006) menciona que los tipos de estructuras de puentes en Venezuela se pueden catalogar como: losa apoyada en perfiles metálicos, losa apoyada en perfiles de madera, losa apoyada en vigas de cajón, losa apoyada en vigas de concreto pretensado, losa nervada de concreto armado, losa maciza de concreto armado, losa apoyada en viga armada, losa apoyada en viga compuesta de alma llena, arco de concreto armado, arco de acero, arco de mampostería, pórtico de concreto armado,

cajón de concreto armado, bóveda, celosía metálica con arriostramiento superior, celosía metálica en cantiliver, celosía metálica tipo bailey, armadura (sic) de madera, colgante, tablero de madera apoyado simplemente y combinación de madera y acero.

### **Patología de estructuras**

Para Fernández (1984) una obra debe considerarse igual que un ser vivo, que se encuentra sometida a las acción de: calor, humedad, vientos, entre otros, pero que también debe soportar acciones del tipo mecánica que pueden cansarla, fatigarla o incluso lastimarla. Por consiguiente, los cuidados y vigilancia, si bien son importantes durante su crecimiento o construcción y de ellos dependerá la vida de la obra, no hay que pensar que terminan con realización de la misma, sino que luego hay que seguir prodigándolos. De esta manera, la obra con el paso del tiempo envejece en un proceso continuo, más o menos lento de degradación de los materiales que la componen. Por lo tanto, al igual que las personas, hay estructuras sanas y enfermas, las cuales pueden deberse a defectos de gestación (proyecto), o bien por pocos cuidados y vigilancia en su crecimiento (ejecución) o durante su (conservación y mantenimiento) (p. 4).

La patología trata las estructuras enfermas, con el propósito de encontrar las posibles causas que la han producido, bien sea debido al proyecto, ejecución o conservación y mantenimiento, con el propósito de buscar la terapia o cura más idónea, teniendo presente que no siempre podrá devolverse la salud a la estructura enferma tal como sucede con los seres vivos, pues habrá lesiones que con un tratamiento acertado (reparación o refuerzo) podrán evolucionar satisfactoriamente en unos casos, mientras que en otros no, en cuyo caso el enfermo estará condenado a morir, es decir, la estructura condenada a la demolición (Fernández, 1984).

Por su parte, la patología estructural es definida como la disciplina de la Ingeniería Forense que detecta, trata y previene los daños que se presentan o podrían presentarse en las estructuras. Incluso, la patología estructural es aplicada a las estructuras nuevas con el propósito de

establecer recomendaciones preventivas durante la construcción, control de calidad y de protección de los materiales (ver Figura 4).

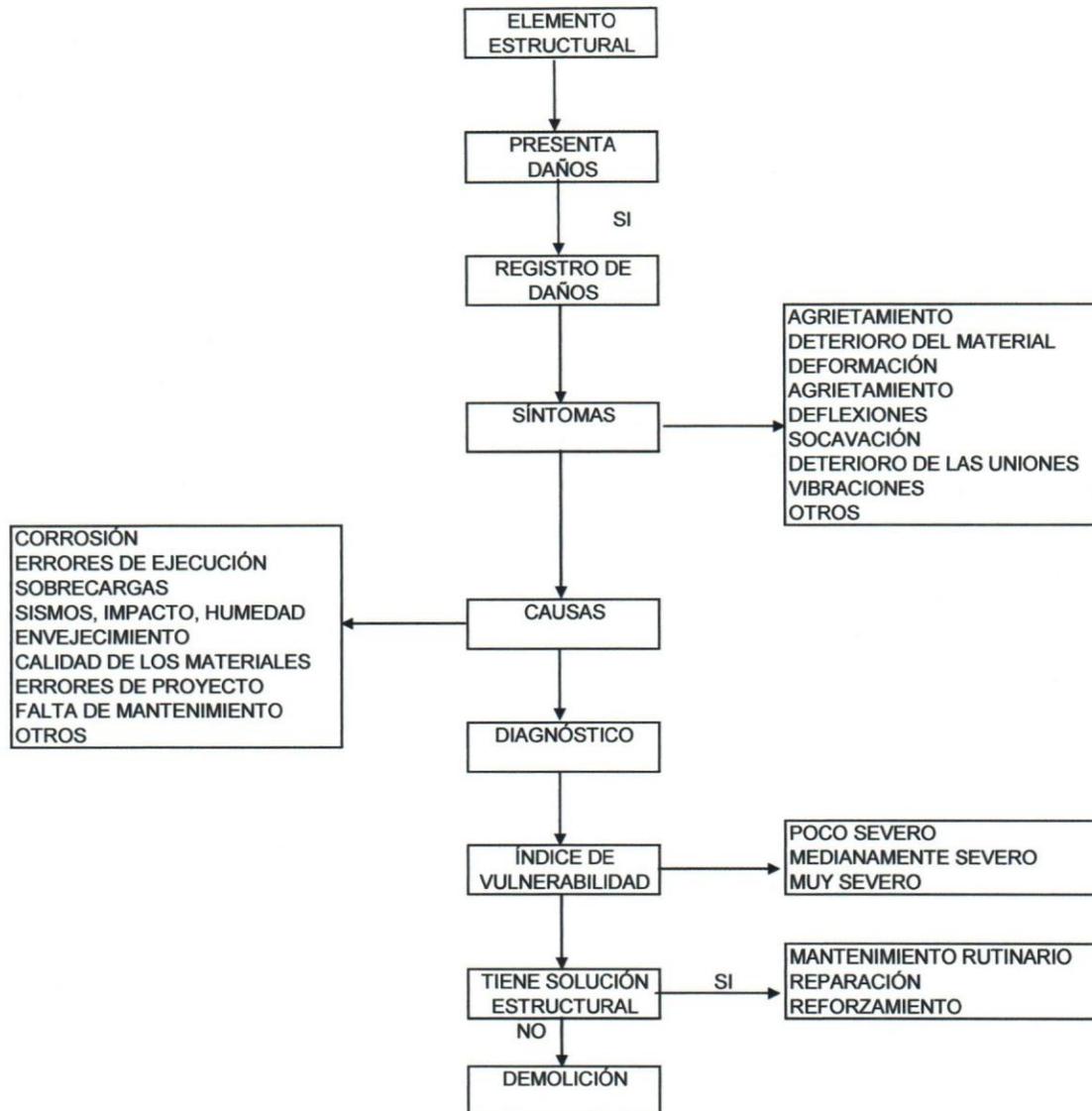


Figura 4. Flujograma de la Patología de un Puente. Nota: Datos Tomados de López, Rojas y Martínez (1993).

En otro orden de ideas, Fernández (1984) define la sintomatología como el estudio de los fenómenos reveladores de las enfermedades. Ante un efecto anormal, las estructuras reaccionan con diferentes señales o signos externos que nos permiten conocer la enfermedad que padece la estructura, a la vez

que nos puede orientar sobre las causas que la han motivado y que podrán ser debidas a deficiencias en el proyecto, en la ejecución, en la explotación, en la conservación, etc. o a causas de tipo accidental, y por consiguiente, en la mayoría de los casos, no previsible.

Las enfermedades en las estructuras se presentan con una sintomatología muy variada (cambios de color, descascarillamientos, hinchazones, exfoliaciones, fisuración, etc.). Ante estos síntomas, el técnico tiene que establecer un diagnóstico de la enfermedad que padece, para ello es recomendable tener conocimiento y experiencia. Esta es una parte complicada e imprescindible del análisis, dado que aplicar una terapia sin un conocimiento amplio del diagnóstico puede ser arriesgado. La intervención (rehabilitación, reparación o refuerzo) es la fase última de cualquier proceso patológico y, por consiguiente, está supeditada al diagnóstico y a la evaluación, es decir, a la fase de análisis, fase que es muy importante y que hay que desarrollar sin premura de tiempo, pues "hay que analizar lo máximo para intervenir lo mínimo".

La patología de las estructuras implica:

El conocimiento previo de todas las características de la estructura en cuestión (planos generales, diseño, entre otros).

Determinación de las características de los materiales que componen la estructura mediante técnicas destructivas / no destructivas (extracción de testigos, ultrasonidos, endoscopia, toma de muestras para posterior ensayo en laboratorio).

Realización de un completo levantamiento de los daños existentes, que se refleja en los planos, croquis y fotografías para su posterior análisis.

Realización de cálculos estructurales (análisis clásico, cálculo matricial o por elementos finitos) en la mayoría de los casos, para determinar el estado de la estructura y sus niveles de seguridad, así como el refuerzo que pudieran precisar sus elementos.

Las causas de los estados patológicos son los siguientes (Paparoni, s.f.):

- Sobrecargas, visibles o invisibles
- Estructuras “de moda”, optimizadas solo para un aspecto (peso, costo, rapidez.....) con olvido total de lo demás\*\*\*
- Insolación
- Humedad
- Gases agresivos
- Carbonatación atmosférica
- Neblinas salinas naturales
- Neblinas salinas agresivas
- Humos
- Incendios \*\*
- Corrientes vagantes o inducidas
- Rayos\*
- Asentamientos diferenciales
- Asentamientos globales como cuerpos rígidos\*
- Efectos geológicos (fallas en movimiento, riesgos topográficos, deslizamientos, avalanchas, torrentes de agua, de lodo, de sólidos)\*\*\*
- Congelamiento del terreno (posibles aún en países tropicales, en el caso de grandes frigoríficos)
- Agrietamiento de diversos orígenes\*\*
- Juntas y nodos inadecuados
- Anclajes (insertos) no diseñados y muy frecuentes\*

- Tráfico (impactos)
- Aviones (impactos)
- proyectiles
- Terremotos \*\*\*
- Vientos huracanados\*\*\*
- Materiales inadecuados\*

La colocación de los asteriscos (\*) en el texto obedece según Paparoni (s.f.) a las siguientes categorías:

Sin asterisco: No hay normas explícitas legalmente obligantes

Un (\*) asterisco: Menciones verbales de las normas

Dos (\*\*) asteriscos: Reglas de decisión o formulaciones muy simples

Tres (\*\*\*) asteriscos: Tratados con amplitud y detalle, pero solo a través de prescripciones.

### **Patología de estructuras de acero estructural**

El acero es una aleación de hierro con cantidades muy pequeñas de Carbono; los aceros estructurales contienen, además, otros elementos en cantidades variables, principalmente Manganeso (Mn), Fósforo (P), Azufre (S) y Silicio (Si) que son impurezas que no pueden eliminarse, o cuya supresión sería demasiado costosa, o que se añaden intencionalmente, en diferentes combinaciones y cantidades, para obtener características y propiedades específicas en los productos terminados.

El hierro (Fe) es dúctil, pero blando y de baja resistencia; el Carbono (C) se añade para endurecerlo y aumentar su resistencia mecánica; cuando crece el contenido de Carbono suben la dureza, la resistencia a la ruptura en tensión y la tensión de cedencia , pero disminuyen ductilidad, tenacidad y

soldabilidad, por lo que en los aceros estructurales se limita el contenido de Carbono; en general, el máximo permitido es 0.30% o menos, dependiendo de los otros elementos de aleación y de la soldabilidad y tenacidad deseadas. Cada aumento de 0.01% de Carbono eleva la tensión cedente en unos 35 kgf/ cm<sup>2</sup>.

El Manganeso (Mn) aumenta la dureza y la resistencia de los aceros, aunque en menor grado que el Carbón; además, se combina con el Azufre (S), formando sulfatos de Manganeso, con lo que se minimizan los efectos desfavorables del Azufre, que hace disminuir la ductilidad, la tenacidad y la soldabilidad. El Silicio (Si) y el Aluminio (Al) se emplean en la manufactura del acero para eliminar los gases, principalmente oxígeno, que se disuelven en el metal en estado líquido. El Aluminio se utiliza también para controlar el tamaño del grano. Para obtener propiedades deseables en ciertas aplicaciones, se alean elementos adicionales; por ejemplo, el Cobre (Cu) aumenta la resistencia a la corrosión atmosférica.

COVENIN 1618 (1998) indica las propiedades comunes para todos los aceros a continuación:

Módulo de elasticidad:	$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ .
Módulo de corte:	$G = E/2.6 = 808.000 \text{ kgf/cm}^2$ .
Coefficiente de Poisson:	$\nu = 0,3$
Peso unitario:	$\rho = 7.850 \text{ kgf/cm}^3$ (sic).
Coefficiente de dilatación térmica lineal:	$\alpha = 11,7 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ . (p. 24).

Asimismo, Alonso (2012) manifiesta que las propiedades mecánicas del acero se obtienen del diagrama tensión – deformación obtenida a partir de los ensayos de probetas a tracción. Las propiedades así obtenidas dependen básicamente de su composición química, de los procesos de laminado y del tratamiento térmico de los aceros ensayados. También varían en función de la rapidez de carga del ensayo, de las condiciones y geometría de la muestra y de la temperatura ambiente existente durante la prueba,

pudiendo obtenerse una gran variedad de resultados, aún para un mismo tipo de acero.

La figura 5 muestra el diagrama idealizado esfuerzo deformación.

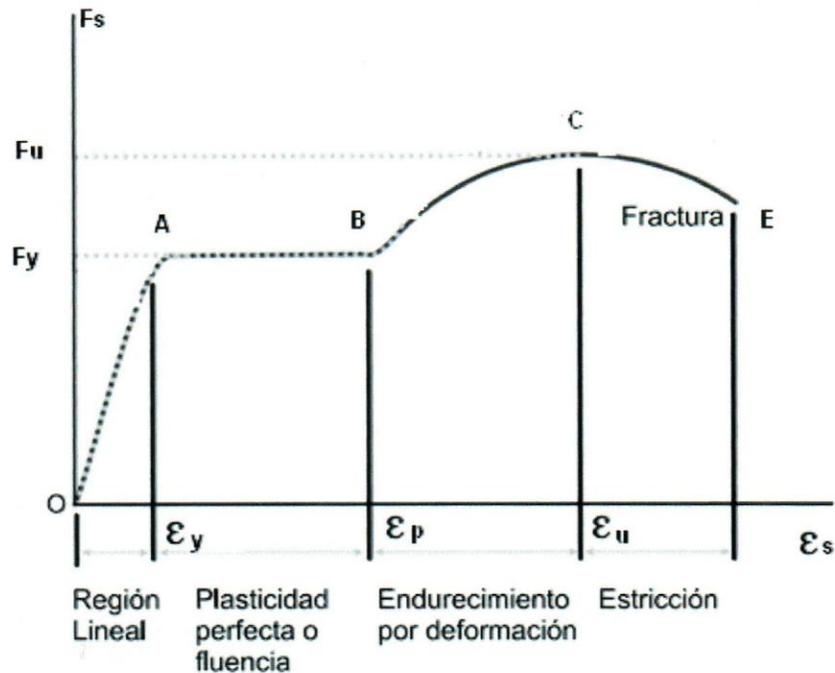


Figura 5. Diagrama idealizado tensión - deformación. Nota: Datos tomados de Alonso (2012).

En la Figura 5 se muestran zonas claramente definidas, en el rango elástico (recta  $OA$ ) la tensión es proporcional a la deformación y es válida la Ley de Hooke. En el rango plástico (recta  $AB$ ), el acero se comporta plásticamente, esto implica que la deformación unitaria del acero no es reversible; el punto donde se inicia este comportamiento corresponde a la tensión cedente  $F_y$ . En el rango de endurecimiento (curva  $BC$ ), el acero aumenta nuevamente su capacidad resistente hasta alcanzar una ordenada máxima en donde la tangente a la curva se hace máxima. Este punto es la tensión última  $F_u$ . A partir de este punto, la deformación se incrementa rápidamente hasta que se produce la falla (punto  $D$ ).

Ahora bien, Alonso (2012) manifiesta que en el proceso de diseño uno de los objetivos fundamentales radica en la selección apropiada de las secciones transversales de los miembros que conforman la estructura. La selección de un perfil comercial suele siempre ser la más económica. En aquellos casos en que las dimensiones de los elementos sean muy grandes, se realiza su fabricación por encargo.

De esta manera, Alonso (2012) plantea que una estructura está constituida por el ensamblaje de sus miembros estructurales. Para ello es preciso conectarlos entre sí de forma tal que las cargas que actúan sobre la estructura sigan su camino en forma continua y ordenada hasta las fundaciones de la edificación. Para que esto sea posible es preciso diseñar las conexiones o juntas en forma tal que la unión de los elementos estructurales sea segura, económica y fácil de construir. El mismo autor indica que "los tipos de conexiones utilizados en la unión de elementos metálicos en edificaciones se clasifican en: remachadas, empernadas (atornilladas) y soldadas "(p. 5-19).

La AISC 360 (2010) indica dos (02) tipos de conexiones, que son: conexiones simples y conexiones a momento. Las conexiones simples permiten rotación de los extremos de la viga y el momento es despreciable. Las conexiones a momento se dividen en: conexiones semirígidas y conexiones rígidas. Las conexiones semirígidas son aquellas que ofrecen resistencia a la rotación en los extremos de la viga y son capaces de transferir momento. Las conexiones rígidas no permiten la rotación de los extremos de la viga y transfieren 100% del momento.

Fratelli (2005) manifiesta que:

Algunas veces el empalme de vigas exige que las conexiones mantengan las mismas condiciones que tendría si fuera continua, en relación a la totalidad de los cortes y momentos, mientras que en otros casos se requiere que sólo resista un porcentaje de las solicitaciones de diseño. Este criterio es válido, pues el corte y momento máximos no se localizan en la misma sección, y si se les considera coincidentes, se sobrediseña la conexión (p. 202).

Fratelli (2005) expresa que otra forma de conexión para los miembros de las estructuras metálicas es la soldadura, que permite uniones continuas, sencillas y resistentes, de buena terminación y agradable aspecto. Existen diferentes tipos de soldaduras, que son: de ranura, de filete, de tapón o canal y de muesca o hendidura (ver figura 6).

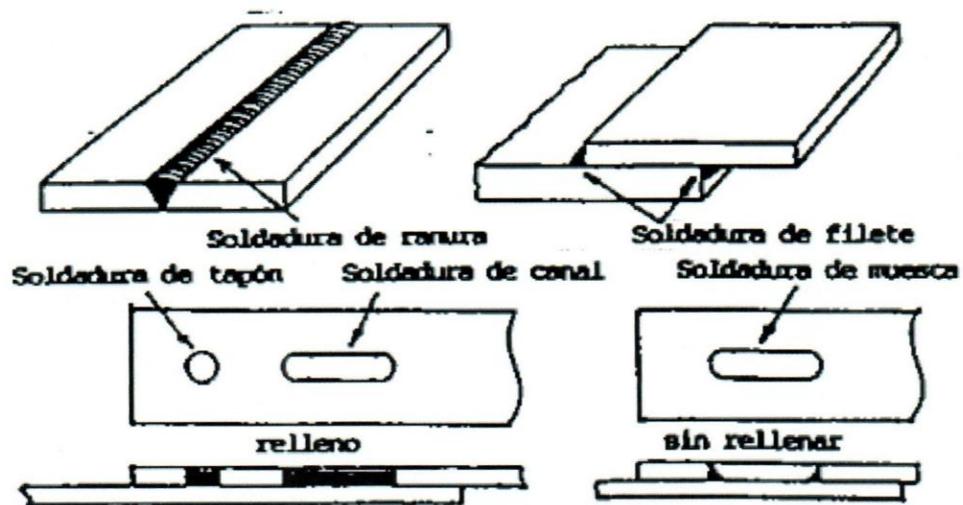


Figura 6. Diferentes tipos de soldadura. Nota: Datos tomados de Fratelli (2005).

Fratelli (2005) indica que las soldaduras de tapón son las que rellenan los huecos circulares en las planchas a conectar. Las de canal cumplen la misma función pero las perforaciones son más alargadas. Cuando el cordón se deposita solamente en las paredes de los huecos, bordeando la perforación, con soldadura de filetes, se le conoce como soldadura de muesca. Las soldaduras de filete son las de sección transversal triangular, que unen las caras o los bordes de dos miembros colocados usualmente en ángulo recto, o bien las planchas solapadas. Sus dimensiones quedan definidas por la resistencia requerida, la calidad de los electrodos y el tamaño de las piezas a conectar. El espesor efectivo de la garganta será la distancia

desde la raíz del cordón a la hipotenusa que une los extremos de los lados, que pueden ser iguales o desiguales.

El tamaño mínimo de las soldaduras de filete debe ser aquel que permita transmitir las fuerzas de diseño y no menor al indicado en la Tabla 2. El tamaño mínimo está referido al espesor de la plancha más gruesa a conectar, y esto es debido a que las planchas más gruesas tienen un efecto de enfriamiento más rápido luego de ser soldados, que contrae el cordón más delgado, volviéndolo frágil y propenso a agrietarse.

Tabla 2. *Espesor mínimo de soldaduras de filete.*

ESPESOR t DE LA PLANCHA MÁS GRUESA A UNIR, mm (plg)	TAMAÑO MÍNIMO DE LAS SOLDADURAS DE FILETE D (mm)
HASTA 6,4 (1/4") INCLUSIVE	3
DE 6,4 A 12,7 (1/4" – 1/2")	5
DE 12,7 A 19 (1/2" – 3/4")	6
MAYOR DE 19 (3/4")	8

Nota. *Datos tomados de COVENIN 1618 (1998).*

Por su parte, Alonso (2012) manifiesta que las principales ventajas de la soldadura son la economía, que se obtiene ahorrando el material (ausencia de huecos), rigidez de la conexión y una limpia apariencia de la misma. El proceso de soldadura reduce además el ruido ocasionado durante el proceso de apriete de los pernos. Entre las desventajas más significativas está la necesidad de contar con personal especializado y el alto costo de la inspección; su falla es frágil.

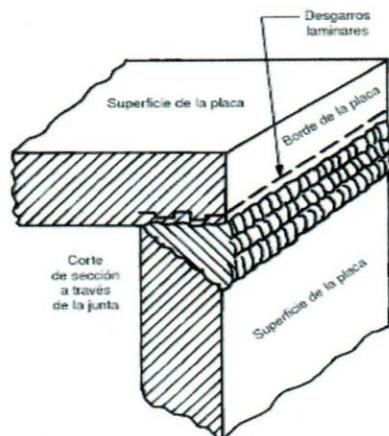
En virtud de lo anterior, Jeffus (2009) indica que la inspección y pruebas de las soldaduras aseguran que las producidas cumplan con los requisitos de calidad, confiabilidad y resistencia del conjunto de piezas soldadas. Las soldaduras presentan discontinuidades que no siempre

pueden ser calificados como defectos, ya que este último es lo que hace incapaz de cumplir con las especificaciones o normas aplicables, lo cual origina el rechazo.

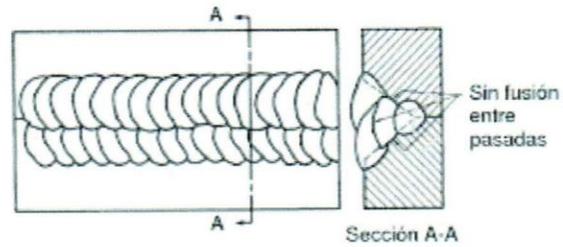
De esta manera, Jeffus (2009) indica que las discontinuidades más comunes en las soldaduras son las siguientes: porosidad, inclusiones, penetración o junta inadecuada, fusión incompleta, golpes de arco, superposición, socavación o mordedura, grietas, valles, laminados, deslaminados y desgarro laminar.

La porosidad resulta del gas que se ha disuelto en el baño de la fusión de la soldadura, que al formar burbujas quedan atrapadas mientras el metal se enfría hasta solidificarse. Las inclusiones son los sólidos y otros óxidos que se encuentran en el interior de la soldadura. La penetración o junta inadecuada se presenta cuando la soldadura que penetra en la junta es menor que la necesaria para fundirse con la placa o soldadura precedente. La fusión incompleta es una discontinuidad causada por la falta de unión entre los cordones de soldadura y el material base, o entre los cordones de soldadura. El golpe de arco es una imperfección localizada en la superficie del metal base, caracterizada por una pequeña adición o falta de metal resultante de la apertura accidental del arco eléctrico (Jeffus, 2009).

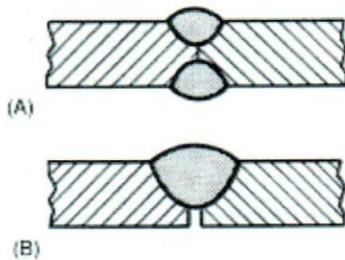
De igual manera, Jeffus (2009) indica que la superposición o solape es la porción que sobresale de la soldadura más allá del límite de soldadura de la raíz. La socavación es una muesca o hendidura en los bordes de la soldadura. Las grietas son aquellas que se desarrollan en los cráteres de la soldadura mientras la fusión se contrae y solidifica. El valle es una soldadura de ranura, se produce cuando el metal de soldadura depositado es inadecuado para dejar la cara de la soldadura a un nivel similar al plano original. Los laminados son discontinuidades alargadas y planas en el metal base, generalmente ubicada en la parte media del espesor. Los deslaminados se producen cuando un laminado cruza una soldadura. Por



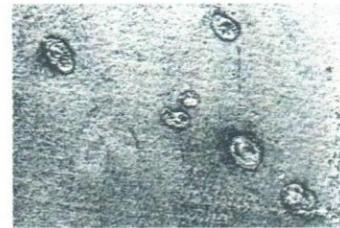
Desgarre laminar



Fusión incompleta



Penetración inadecuada



Golpes de arco

**Figura 7. Fallas más comunes en soldaduras.** Nota: Datos tomados de Jeffus (2008).

Las discontinuidades de las soldaduras definidas previamente pueden ser detectadas realizando pruebas no destructivas tales como: inspección visual, inspección por tintes penetrantes, inspección por partículas magnéticas, inspección por ultrasonido, inspección por rayos X, inspección por rayos gamma e inspección por corrientes parásitas (Pazos, 2005). Para efecto de esta investigación se definirán las dos primeras.

La inspección visual es el método más usado para detectar grietas superficiales. Antes de limpiar una superficie para ser examinada es necesario realizar una inspección visual. Frecuentemente el signo más confiable de agrietamiento por fatiga es el teñido de óxido que se desarrolla después de que una película de pintura se rompe. La experiencia ha

demostrado que una grieta debe tener una profundidad entre un cuarto y un medio del espesor para que se agriete la película de pintura (Hernández y Espejo, 2000).

El método más común y menos costoso es el de líquidos penetrantes. En este procedimiento, después de limpiar debidamente una superficie, se aplica un líquido, frecuentemente una tinta roja que penetra en las grietas superficiales. Luego, después de limpiar y secar nuevamente la superficie, se aplica una segunda sustancia llamada revelador, frecuentemente blanca, la cual extrae el líquido penetrante de las grietas por atracción capilar, dando como resultado el revelado de discontinuidades superficiales (Hernández y Espejo, 2000, p. 170).

Por otra parte, el acero como material de construcción no escapa al fenómeno de la corrosión, principalmente cuando el medio ambiente corresponda a un clima húmedo y cálido. Mata (2007) recomienda, “en casos especiales de agresividad ambiental, darle preferencia en el diseño, a la construcción de obras de concreto reforzado o presforzado sobre el acero estructural, pensando que estas últimas requieren de una conservación periódica y costosa (...)” (p. 186), por lo tanto, la corrosión consiste de una acción química o electroquímica, lenta o acelerada de la naturaleza o el medio ambiente, que degrada y destruye los materiales.

Mata (2007) manifiesta que la corrosión puede presentarse de varias formas que difieren en apariencia, las cuales son: corrosión general, corrosión galvánica, corrosión por hendidura, corrosión por picaduras y agrietamiento por corrosión y esfuerzos.

La corrosión general se caracteriza por un ataque más o menos uniforme de la superficie en toda la superficie expuesta con solamente variaciones mínimas en la profundidad del daño. La corrosión galvánica se produce cuando dos o más metales diferentes se acoplan eléctricamente; esto resulta por la diferencia de potencial entre los metales acoplados. La corrosión por hendidura se presenta en espacios confinados, la hendidura

debe ser muy cerrada, con dimensiones menores a un milímetro. La corrosión por picaduras se presentan en zonas localizadas, y por último, el agrietamiento por corrosión y esfuerzos se presenta en las grietas bajo la acción combinada de esfuerzos mecánicos y un medio ambiente agresivo (Mata, 2007). Asimismo, Camejo (2006) expresa que las conexiones de los diferentes miembros en puentes, las celosías son susceptibles de daños por corrosión.

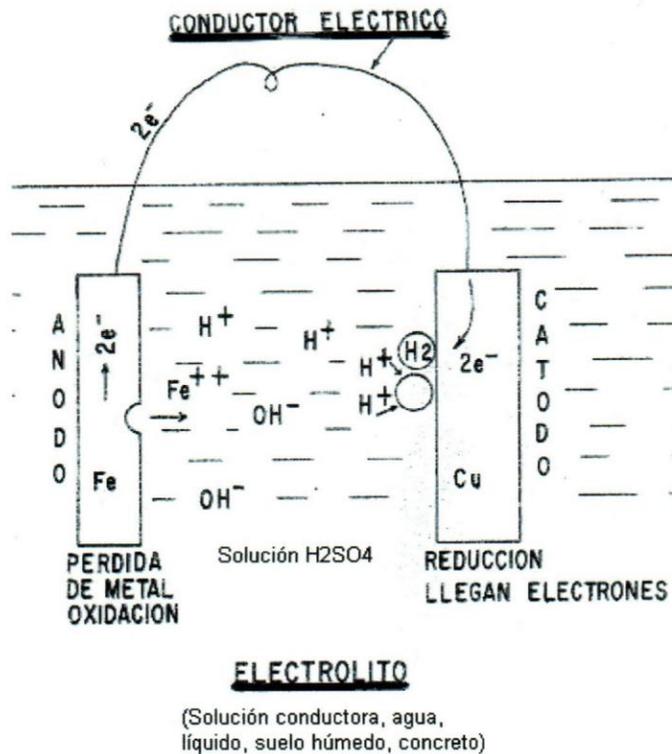
Las medidas preventivas para proteger el acero contra la corrosión es mantenerlo recubierto con pintura. En años recientes se han adoptado otros recubrimientos protectores o aceros especiales para la intemperie, pero la mayoría de los puentes de acero siempre depende de la pintura como protección. Un programa continuo de lavado a presión para remover sustancias químicas y en áreas donde se depositen materiales extraños, prolongará la vida de la pintura (Camejo, 2006).

En el caso de que un miembro presente disminución de la sección, su capacidad de carga disminuye, razón por la cual se deben tomar medidas correctivas como por ejemplo, reforzar con rigidizadores, o en caso de ser grave, restringir el paso de vehículos o cerrar el puente para reemplazarlo (Camejo, 2006).

Mata (2007) indica los procedimientos más comunes para la reparación de las estructuras metálicas de un puente de la siguiente manera: reparaciones por corrosión que consiste en la sustitución de elementos que han tenido pérdidas del área de su sección transversal (cuidar que no afecten o toquen miembros esenciales del puente). Estudiar la necesidad de suspender el tráfico durante las reparaciones, así como el reemplazo de pernos. Para reforzar los miembros de la superestructura se pueden utilizar planchas, perfiles laminados o incrementando el número de vigas. Con respecto al sistema de piso, realizar las sustituciones requeridas, así como las ampliaciones y refuerzos.

Por otra parte, Nouel (s.f.) indica que toda estructura de acero enterrado o sumergido sufrirá un proceso de corrosión, ya que esto es un proceso normal. Toda pieza metálica se fabrica de óxidos u otros compuestos que se encuentran en la naturaleza, los cuales son sometidos a procesos que requieren de mucha energía, hasta llegar a su estado final. Esa energía encerrada, que busca la manera de salir, lo puede hacer entre otras por la transformación del metal hasta su estado final, óxidos o herrumbre.

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. La característica fundamental de este fenómeno es que solo ocurre en presencia de un electrolito (agua, líquidos, solución conductora, suelos húmedos, concreto), ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una región anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal. En resumen, el circuito básico de la corrosión consta de cuatro componentes que son: ánodo, cátodo, electrolito y conductor de electrones (ver figura 8).



**Figura 8. Circuito Básico de Corrosión.** Nota: Datos tomados de Nouel (s.f.).

La protección catódica es una técnica de control de la corrosión, que está siendo aplicada cada día con mayor éxito en el mundo entero, en el cual se hacen necesarias nuevas instalaciones de ductos para transportar petróleo, productos terminados, agua, así como para tanques de almacenamientos, cables eléctricos y telefónicos enterrados y otras instalaciones importantes. En la práctica se puede aplicar protección catódica en metales como acero, cobre, plomo, latón y aluminio, contra la corrosión en todos los suelos y, en casi todos los medios acuosos. La protección catódica no elimina la corrosión, éste remueve la corrosión de la estructura a ser protegida y la concentra en un punto donde se descarga la corriente (ánodos). La protección catódica puede ser a través de ánodos de sacrificio y por corriente impresa (ver figuras 9 y 10).

### PROTECCIÓN CON ANODOS SACRIFICIALES

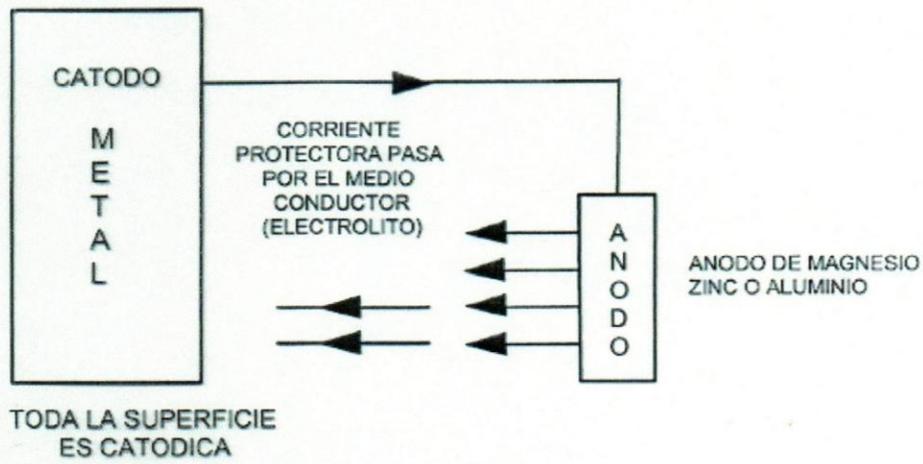


Figura 9. Protección Catódica con Ánodos de Sacrificio. Nota: Datos tomados de Nouel (s.f.).

### PROTECCIÓN CON CORRIENTE IMPRESA

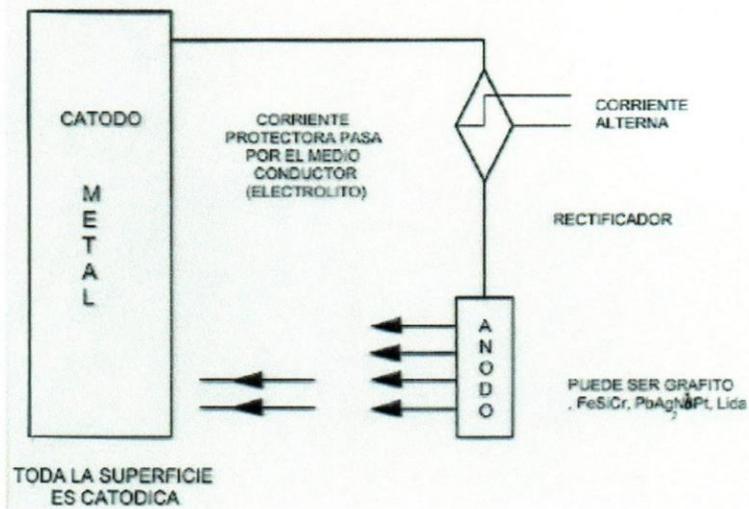


Figura 10. Protección Catódica con Corriente Impresa. Nota: Datos tomados de Nouel (s.f.).

A continuación en la tabla 3 se presentan las ventajas y desventajas de los sistemas de protección catódica:

Tabla 3. **Comparación entre protección catódica con ánodos de sacrificio y corriente impresa.**

<b>Ánodos Galvánicos o de Sacrificio</b>	<b>Corriente Impresa</b>
No requieren potencia externa	Requieren potencia externa
Voltaje de aplicación fijo	Voltaje de aplicación variable
Amperaje limitado	Amperaje variable
Aplicable en casos de requerimiento de corriente pequeña, hasta 5 amperios	Útil en diseño de cualquier requerimiento de corriente superior a los 5 amperios
Útil en medios de baja resistividad, es decir, de mayor conductividad eléctrica	Aplicables en cualquier medio
La interferencia con estructuras enterradas es prácticamente nula	Es necesario analizar la posibilidad de interferencia
Sólo se los utiliza hasta un valor límite de resistividad eléctrica hasta 5000 ohm-cm	Sirve para grande áreas
Mantenimiento simple	Mantenimiento no simple
Costos menores de instalación	Costo alto de instalación

*Nota: Datos tomados de Nouel (s.f.).*

Protección contra la corrosión:

Dentro de las medidas utilizadas industrialmente para combatir la corrosión están las siguientes:

- Uso de materiales de gran pureza.
- Presencia de elementos con aleaciones, ejemplo, aceros inoxidable.
- Tratamientos térmicos especiales para homogeneizar soluciones sólidas, como el alivio de tensiones.
- Inhibidores que se adicionan a soluciones corrosivas para disminuir sus efectos, ejemplo, los anticongelantes usados en radiadores de los automóviles.
- Recubrimiento superficial: pinturas, capas de óxido, recubrimientos metálicos.
- Protección catódica.

### **Patología de las estructuras de madera**

Zanni (2004) manifiesta que:

La madera es uno de los materiales de construcción más usados a lo largo de la historia. Su gran valor decorativo, junto a las excelentes propiedades físico mecánicas que presenta, a la par de que es una materia prima de fácil acceso que puede elaborarse sin necesidad de equipos sofisticados, son algunas de las razones que fundamentan su empleo por el hombre en forma ininterrumpida a través de los siglos y también de que éste, desde tiempos remotos, haya aprendido, dada la utilidad de la misma, no sólo a conocer las especies más resistentes al ataque de los diversos agentes destructores, sino también a idear métodos de lucha contra los mismos en función de los conocimientos que poseía en cada momento (p. 19).

Por su parte, Rodríguez (2011) expresa que “las principales propiedades de la madera son resistencia, dureza, rigidez, higroscopicidad, anisotropía, polaridad y densidad. Además, posee otras ventajas, como su docilidad de labra, su belleza, su calidad, su resistencia mecánica y propiedades térmicas acústicas” (p. 10). En relación a lo anterior, Capuz

(2005) define a la madera como “un material orgánico, producido por organismo vivo, el árbol. Es una materia fibrosa organizada” (p. 22).

Se tiene una creencia generalizada de que la madera es poco durable, lo cual es un error para Zanni (2004), porque a diferencia del acero de refuerzo, la madera tiene un gran comportamiento ante condiciones atmosféricas severas e incluso el oxígeno del aire que corroen rápidamente los metales, sin embargo, debido a su naturaleza orgánica no escapa del ataque de seres vivos que pueden alterar rápidamente sus condiciones. Desde luego, la resistencia de la madera contra la agresión de organismos xilófagos depende de la especie forestal a la que pertenece, los factores de crecimiento, la edad, las condiciones de uso y fundamentalmente de la procedencia de la misma, es decir, la parte interna del tronco (duramen), es el más oscuro, resistente e impermeable; en cambio, la parte más externa (albura), es más clara, menos resistente y porosa.

Ortuño (2006) indica que las paredes celulares de la madera están constituidos principalmente por: celulosa (40% – 45%), lignina (17% - 35%) y la hemicelulosa (15% - 35%), los cuales determinan las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Por su parte, Zanni (2004) indica que la celulosa justifica el carácter higroscópico de la madera, es decir, que absorbe y exhala humedad. De igual manera, la hemicelulosa suministra características de sostén o reserva que son insolubles en el agua, y por último, la lignina es impermeable y protege al resto de la estructura de la pared celular, la cual contribuye a la rigidez y proporciona resistencia a la compresión de la madera.

En otro orden de ideas, Capuz (2005) manifiesta que debido a la higroscopicidad de la madera, hace que en su interior siempre exista una cierta cantidad de agua, por lo tanto, el grado de humedad de la madera se determina como el porcentaje en peso del agua retenida en la madera con respecto a la madera anhidra (ver Tabla 4).

Tabla 4. **Denominación de la madera en función del contenido de humedad.**

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENOMINACIÓN
> 30	MADERA SATURADA
30 – 23	MADERA SEMI - SECA
22 – 18	MADERA COMERCIALMENTE SECA
17 – 13	MADERA SECADA AL AIRE
< 13	MADERA DESECADA
0	MADERA ANHIDRA

**Nota:** Datos tomados de Capuz (2005).

Debido a la heterogeneidad de la madera, a su anisotropía e higroscopicidad existe multitud de problemas para medir la dureza de la madera. La dureza está relacionada con la densidad, de tal manera que las maderas más duras son las de mayor densidad. De acuerdo con su dureza podemos clasificar las maderas en:

Muy duras: ébano.

Bastante duras: roble, arce, fresno, álamo.

Algo duras: castaño, haya, nogal, pinos pinaster y carrasco.

Blandas: abeto, pinos.

Muy blandas: chopo. (Capuz, 2005; p. 30).

Para Parker y Ambrose (2006), los términos madera blanda y madera dura no indican la verdadera dureza de la madera, ya que algunas maderas duras son realmente más blandas que algunas maderas consideradas blandas, y viceversa, por ejemplo, las maderas más usadas para estructuras en Estados Unidos son el abeto Douglas y el pino, y éstos son clasificados como maderas blandas.

Fratelli (1993) manifiesta que la madera para pilotes se obtiene de árboles de 15 a 20 metros de altura. El fuste debe ser recto, pues la flecha no debe sobrepasar el 1/100 de la longitud. El diámetro mínimo es de 30 cm, pudiendo alcanzar los 55 centímetros. Las ventajas de los pilotes de madera es que son fáciles de obtener, económicos y al alcanzar el estrato resistente pueden ser aserrados, mientras que presentan las desventajas de ser susceptibles de ser atacados por micro-organismos y putrefacción, además son fáciles de partir bajo los golpes del martillo y son difíciles de alargar. Por otra parte, Fratelli (1993) menciona que la longitud usual de los pilotes de madera es de 12 a 15 metros, con una capacidad portante que oscila entre 154 a 30 toneladas.

Parker y Ambrose (2006) manifiestan que "cualquier irregularidad en la madera que afecte su resistencia o durabilidad se conoce como defectos. Los defectos naturales más comunes de la madera son: nudos, fendas o rajaduras, grietas, hendidura y la pudrición" (p. 4). El nudo es la parte de una rama que ha sido rodeada por el crecimiento posterior del árbol y que puede afectar la resistencia de la madera. Una fenda o rajadura es la separación longitudinal entre los anillos anulares. Una grieta es la separación longitudinal cuya mayor parte atraviesa los anillos anulares, al igual que las fendas, las grietas disminuyen la resistencia por corte del árbol. La hendidura se define como una separación longitudinal de la madera que atraviesa la pieza desde una superficie a la otra. La pudrición se describe a continuación con los factores de degradación (Parker y Ambrose, 2006).

Para Rodríguez (2011), la causa de la degradación y alteración de la madera se pueden diferenciar en dos (02) grandes grupos, los factores abióticos y los factores bióticos. Entre los factores abióticos se destaca: el agua, las radiaciones solares, el fuego y los esfuerzos mecánicos.

El agua es capaz de penetrar en los poros de la madera produciendo fendas (grietas) por hinchazones y de esta manera contribuye con la aparición de los hongos y a la meteorización. Las radiaciones solares hacen

aunque en menor grado de la celulosa. La madera atacada toma un color blanco de tono no uniforme. Por su parte, la pudrición blanda está originada por hongos inferiores, cuyas hifas se desarrollan en la celulosa de la pared secundaria. La madera atacada presenta un aspecto final blando o esponjoso, parecido al queso fresco (Rodríguez, 2011).

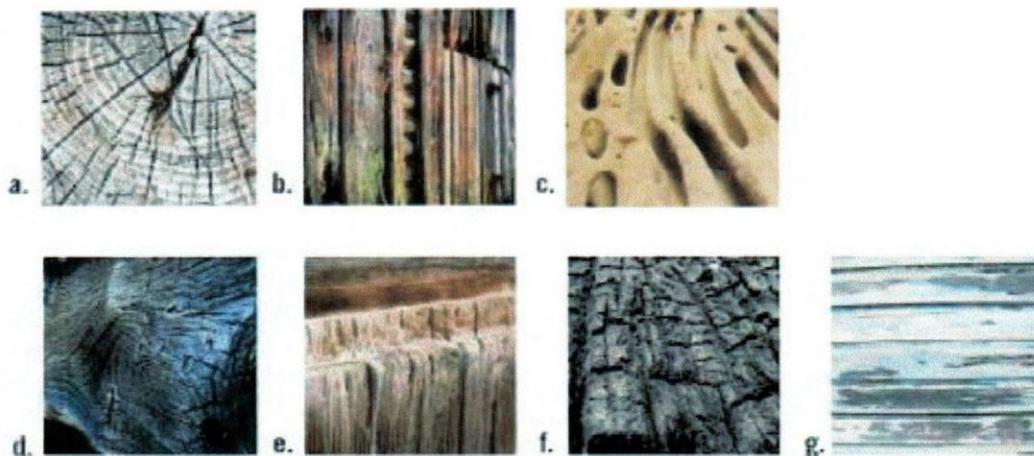
Por otra parte, para Capuz (2005) los insectos de ciclo larvario son aquellos que cumplen las siguientes etapas: huevo – larva – pulpa e Imago. El tiempo requerido para el cumplimiento de tales etapas se conoce como duración de generación, el cual es variable para cada tipo de especie. Los estados huevo, pulpa e imago son de corta duración y puede darse en varios días o semanas; con respecto a la etapa larvario es la de más larga duración y es cuando los insectos causan mayor destrucción en la madera, debido a que se alimentan de la madera formando galerías. En este orden de ideas, Rodríguez (2011) manifiesta que la etapa de larva puede variar de unos meses hasta más de diez años dependiendo del tipo de especie. De esta manera, el autor divide a los insectos de ciclo larvario en los siguientes grupos: anóbidos (vulgarmente carcoma), cerambícidos (carcoma grande), líctidos (polilla), curculiónidos (gorgojo de la madera) y bostríchidos.

Capuz (2005) expresa que los insectos sociales conocidos como termitas u hormigas blancas viven bajo una organización social avanzada, por lo que se distinguen obreros, soldados, casta reproductora y ninfas. Estos insectos pueden ser los más dañinos de todos los que atacan la madera, son ciegos y huyen de la luz por tal razón se desplazan siempre en túneles; esta forma de actuar hace que sean difíciles de actuar, y cuando lo hacen ya el daño está hecho.

Con respecto a los organismos marinos, Capuz (2005) manifiesta que estos insectos se reproducen en la madera que tiene contacto con el agua marina, y afectan a la madera de albura y duramen. Se destacan dos (02) grupos: los moluscos y crustáceos. La especie más importante de los moluscos es el Teredo, quien se encargar de realizar galerías de 10 a 12mm

de diámetro en la madera, y la degradación no es visible desde el exterior. Los crustáceos a diferencia de los moluscos se pueden mover libremente en el interior de la madera, abren galerías inferiores a 1 cm y con diámetro 2 mm. Actúan en masa y la fuerza destructora puede ser enorme.

A continuación en la Figura 11 donde se muestran las fallas más comunes de la madera.



**Figura 11. Fallas comunes en la madera.** Nota: Datos tomados de Rodríguez (2011).

La Figura 11 indica los agentes causantes del deterioro de la madera.

- a) Fendas o grietas: causadas por agentes abióticos tales como el agua o radiaciones solares.
- b) Pudrición: causada por agentes bióticos tales como hongos.
- c) Perforaciones: causadas por agentes bióticos tales como insectos de ciclo larvario (carcomas y polillas).
- d) Azulado: causado por agentes bióticos tales como hongos.
- e) Meteorización: causada por agentes abióticos como el agua.
- f) Carbonización: causada por agentes abióticos como el fuego.
- g) Decoloración: causada por agentes abióticos como las radiaciones solares.

Nota: Datos tomados de Rodríguez (2011).

En la Tabla 5 se describen los tipos de riesgos en base a las condiciones de exposición, el tipo de elementos y las posibilidades de ataque de los organismos xilófagos, cuya característica principal para su crecimiento y reproducción es la presencia de humedad dentro de la madera.

Tabla 5. *Posible ataque de organismos xilófagos en la madera.*

RIESGO	COND. DE EXPOSICIÓN	ELEMENTOS	POSIBLE ATAQUE DE			
			HONGOS	TERMITAS	TEREDOS	POLLILLAS CARCOMA
1	CUANDO EXISTE POSIBILIDADES DE HUMEDAD	AQUELLOS ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL INTERIOR DE EDIFICACIONES	NULO	ESCASO	NULO	EVENTUAL
2	RIESGO DE HUMEDAD ACCIDENTAL	AQUELLOS ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL INTERIOR DE VIVIENDAS CERCANOS A CONDUCTOS DE AGUA	ESCASO	ESCASO	NULO	EVENTUAL
3	RIESGO DE HUMEDAD MANERA INTERMITENTE	AQUELLOS ELEMENTOS DE INTERIOR QUE ESTÁN SITUADOS CERCA DE ELEMENTOS EN CONTACTO CON EL EXTERIOR COMO VENTANAS, PUERTAS, ENTRE OTROS	ALTO	ALTO	NULO	EVENTUAL
4	RIESGO DE HUMEDAD MANERA PERMANENTE	AQUELLOS ELEMENTOS QUE ESTÁN EN CONTACTO CON EL AGUA O EL SUELO (ESTRUCTURAS, FUNDACIONES, ENTRE OTROS)	ALTO	ALTO	NULO	EVENTUAL
5	RIESGO DE HUMEDAD MARINA MANERA PERMANENTE	AQUELLOS ELEMENTOS QUE ESTÁN EN CONTACTO CON EL AGUA MARINA, ALTO CONTENIDO DE SAL	ALTO	ALTO	MUY ALTO	NULO

Nota: Datos tomados de Rodríguez (2011).

Para realizar una inspección de la madera, es necesario recabar la mayor información posible con los vecinos del área o entes gubernamentales, especialmente en cuanto a la importancia y momento de aparición del ataque. Se debe disponer de cuaderno, lápices, cámaras fotográficas con flash como equipo de anotación. Con respecto al equipo de

inspección es necesario contar con: lupa, espejo de mano, linternas, martillo pequeño, brochas, punzón, escalera, cinta métrica entre otros.

La protección preventiva de la madera es importante porque ayuda a prolongar la vida útil de la madera de 25 a 50 años, dependiendo de la especie de madera usada tal como lo manifiesta Sánchez (2002). Los tratamientos se dividen en: superficiales, medios y profundos. Los tratamientos superficiales con una penetración de 1 a 3 mm, los tratamientos medios con perforaciones mayores a 3 mm e inferior al 75% del área, y los tratamientos profundos con penetración superior al 75% del área. En todo caso, las maderas de uso exterior en contacto con el suelo, con agua dulce o con agua de mar o situadas en ambientes saturados de humedad deben estar muy bien protegidas.

La procesos de protección sin autoclave incluye los sistemas de pincelado y pulverizado (superficial), inmersión breve (superficial), inmersión prolongada (más que superficial) e inmersión caliente y fría (protección total). El pincelado se aplica superficialmente mediante una brocha, por lo general tres manos. El pulverizado es similar al anterior en cuanto a su efectividad pero su aplicación es con pistola. La inmersión breve consiste en sumergir a la madera en una solución protectora a temperatura ambiente por un lapso no mayor a diez minutos. La inmersión prolongada consiste en sumergir a la madera en sustancias hidrosolubles por un largo período de tiempo con el propósito de lograr una protección más que superficial. La inmersión caliente y fría consiste en sumergir a la madera a altas temperaturas y luego a temperatura ambiente en sustancias hidrosolubles, con el propósito de lograr una protección profunda (Sánchez, 2002).

Por otra parte, los procesos de protección con autoclave son las que utilizan las plantas industriales como tratamiento preventivo de la madera a gran escala, ya que permiten tratar hasta 6 m<sup>3</sup> de madera en 1 hora. Para ello se requiere aplicar un proceso de secado para disminuir la cantidad de humedad presente en la madera (Sánchez, 2002).

En la Tabla 6 se muestra la clase de riesgo, exposición, tipo de protección, producto, cantidad de aplicación y el método de tratamiento.

Tabla 6. **Resumen de clase de riesgo y método de tratamiento de la madera.**

CLASE DE RIESGO	EXPOSICIÓN HUMIDIFICACIÓN	TIPO DE PROTECCIÓN	PRODUCTO	CANTIDAD DE APLICACIÓN	MÉTODO DE TRATAMIENTO
1 SIN CONTACTO CON EL SUELO BAJO CUBIERTA	NINGUNA	NO NECESARIA	-	-	-
		RECOMENDABLE SUPERFICIAL	ORGÁNICOS HIDRODISPERSABLES PRODUCTOS MIXTOS HIDROSOLUBLES	80-120 ml/m <sup>2</sup> 80-120 ml/m <sup>2</sup> - 50 gr/m <sup>2</sup> 3,5 kg/m <sup>3</sup>	PINCELADO PULVERIZACIÓN INMERSIÓN
2 SIN CONTACTO CON EL SUELO BAJO CUBIERTA	OCASIONAL	SUPERFICIAL	ORGÁNICOS HIDRODISPERSABLES PRODUCTOS MIXTOS HIDROSOLUBLES PRODUCTOS DOBLE VACÍO	250 ml/m <sup>2</sup> 250 ml/m <sup>2</sup> - 3,5 kg/m <sup>3</sup> 5-15 kg/m <sup>3</sup>	PINC/PULV/INM PINC/PULV/INM - INMERS/AUTOC AUTOCLAVE
		RECOMENDABLE MEDIA			
3 SIN CONTACTO CON EL SUELO AL EXTERIOR	FRECUENTE	MEDIA	PRODUCTOS MIXTOS HIDROSOLUBLES PRODUCTOS DOBLE VACÍO	- 3,5-14 kg/m <sup>3</sup> 25 kg/m <sup>3</sup>	- AUTOCLAVE AUTOCLAVE
		RECOMENDABLE PROFUNDA			
4 EN CONTACTO CON EL SUELO O CON AGUA DULCE	PERMANENTE	PROFUNDA	CREOSOTA PRODUCTOS MIXTOS HIDROSOLUBLES	- - 8-15 kg/m <sup>3</sup>	AUTOCLAVE
5 EN AGUA SALADA	PERMANENTE	PROFUNDA	HIDROSOLUBLES	8-15 kg/m <sup>3</sup>	AUTOCLAVE

Nota: Datos tomados de Sánchez (2002).

Rodríguez (2011) presenta, entre otros, algunos tipos de productos protectores los cuales son: productos en forma de polvo hidrosolubles, cuya preparación es bastante sencilla, se disuelve el polvo en el agua; productos

movimientos de éste y por último a acciones de tipo químico sobre ellas (Fernández, 1984; p. 525).

Algunas veces, las fundaciones son inadecuadas para las cargas admisibles del terreno, produciéndose una sobrecarga sobre éste. En otras ocasiones se presenta el problema que se ha cambiado el uso de la estructura, y las sobrecargas a que queda sometida han aumentado, generando que las fundaciones sobrepasen la capacidad admisible del terreno. Por su parte, el terreno puede presentar alteraciones apreciables de su capacidad portante de acuerdo con su naturaleza y los cambios de humedad que sufra. Los terrenos compactados formados por rocas, gravas o arenas cementadas no suelen alterarse por la acción de las aguas, sin embargo, los terrenos formados por arenas sueltas sufren modificaciones importantes de su capacidad portante. Las arcillas por su parte son muy fuertes secas, pero muy inestables cuando se mojan. Por ello es muy importante contar con un estudio de suelos (Fernandez, 1984).

De igual manera, los movimientos del terreno pueden causar grandes desperfectos en las estructuras al arrastrar a éstas en sus desplazamientos, dando lugar a estados de fisuración y agrietamiento importantes, e incluso el colapso. Los orígenes de los movimientos del terreno para Fernández (1984) se pueden resumir de la siguiente manera: hundimiento de minas o galerías existentes, movimientos sísmicos, vibraciones, retracciones y entumecimientos de arcillas, raíces de árboles, alteraciones del tipo químico, entre otros.

Mata (2007) indica que los deterioros más comunes en las fundaciones son las fisuras y grietas que puedan observarse y que puedan ser indicios de otros problemas relacionados con las fundaciones, el mal funcionamiento de los apoyos, entre otros. Por tal razón, es necesario revisar las fundaciones, principalmente cuando son directas, con el propósito de detectar indicios de erosión o socavación, la presencia de grietas, así como verificar el alineamiento vertical de las fundaciones.

Mata (2007) indica que los procedimientos más comunes para solucionar los problemas en la infraestructura de los puentes son:

Cauces y fundaciones: limpiar, reponer y estabilizar la alineación y la sección transversal del cauce; para evitar erosiones y socavaciones utilizar gaviones o muros de concreto; reconstruir los conos de derrame y entrantes frente a los cabezales o muros.

Infraestructura: refundación (recalce) de pilas y estribos utilizando concreto ciclópeo colado bajo el agua y/o construcción de pantalla perimetral de micropilotines; reparación y refuerzo de pilas y estribos fracturados por socavación, hundimiento e inclinación por cargas utilizando encamisados de concreto y/o adosamiento de estructuras metálicas; reparación del concreto que presente fractura y exposición del acero de refuerzo.

### **Patología del pavimento flexible**

Un pavimento se define como un conjunto de capas de materiales apropiados cuyas funciones son las de soportar las cargas del tráfico, protección de la vía contra los problemas de drenaje, proporcionar una superficie de rodamiento estable y resistente ante los factores climáticos (Mata, 2007). Un pavimento asfáltico está compuesto de agregados y un producto asfáltico, el cual cumple una función cementante e impermeabilizante, igualmente provee flexibilidad para absorber deformaciones.

Ahora bien, las fallas de los pavimentos flexibles se dividen en tres (03) grupos: fallas por insuficiencia estructural, fallas por defectos constructivos y fallas por fatiga. Las fallas por insuficiencia estructural se presentan en aquellos pavimentos construidos con materiales inapropiados en cuanto a resistencia o con materiales de buena calidad pero insuficiente espesor. Las fallas por defectos constructivos son pavimentos que quizá

tenían los materiales y diseño adecuados, pero que durante la construcción se cometieron errores que pueden comprometer el comportamiento del pavimento. Por último, las fallas por fatiga se presentan en pavimentos que prestaron un buen servicio por un tiempo, pero que debido a las cargas repetidas de tránsito sufrieron efectos de fatiga, pérdida de resistencia, degradación y deformación acumulada.

En relación a lo anterior, las causas que generan deterioro en un pavimento flexible son los siguientes: factores climáticos, intensidad del tránsito, condiciones de drenaje, carga repetida, errores de diseño, defectos constructivos, calidad de los materiales, entre otros. En consecuencia, Rico y Del Castillo (2005), manifiestan que las fallas que se producen en el pavimento son: la fractura, deformación y desintegración (fallas de carpeta).

Es importante destacar, que para realizar reparaciones a la carpeta de rodamiento, no es conveniente reparar el pavimento añadiendo una capa sobre la existente (repavimentación del puente) porque ocasiona una sobrecarga no prevista para el puente y en muchos casos, la pérdida de brocales, drenajes y juntas de dilatación. En consecuencia, las reparaciones que se pueden ejecutar en pavimentos flexibles consisten en el sellado de grietas a través que contribuyen a la impermeabilización del mismo, y en otros casos es necesario remover el pavimento en mal estado y extender una nueva capa de mezcla asfáltica (Mata, 2007).

### **Evaluación básica de puentes**

Mata (2007) manifiesta que durante la inspección de un puente se debe considerar, entre otros, lo siguiente:

- a) Estructuras metálicas: rotura de remaches, pernos o soldaduras; fallas en protección anticorrosiva; nodos; corrosión; pandeo, alabeo o rotura de elementos; conexión

En relación a los indicadores relacionados a los elementos propios del puente, se indica que las grietas son aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o cerramiento, es decir, que superan el acabado superficial; el deterioro del material y las uniones está relacionado con la patología del material; las flechas son deformaciones en el acero que se producen cuando el material deja de tener un comportamiento elástico y la relación tensión deformación deja de ser lineal. Por su parte, las fisuras son aberturas longitudinales que afectan el acabado y superficie de un elemento constructivo, se les considera la etapa previa para la aparición de grietas.

Franceschi y Sanabria (2006) definen la socavación como una “disminución de la cota del lecho o taludes de un cauce fluvial por efecto de las corrientes de agua” (p. 77). Entre las causas de fallas de puentes que con mayor frecuencia se presentan, se destacan las siguientes: inundación de la estructura por incapacidad del puente, socavación en pilas con la subsecuente falla del tablero del puente (socavación local), socavación de los estribos, socavación del terraplén de aproximación, socavación general del cauce por eventos extraordinarios, impacto de material flotante sobre las pilas o tablero y deposición de sedimentos y material flotante bajo el puente con el consecuente sobrepaso de la estructura.

Por su parte, Arnal (2000), manifiesta que los miembros de la infraestructura se deben ubicar teniendo precaución de no afectar el entorno, específicamente los puentes que cruzan agua. En ese caso, las pilas de puentes deben cumplir con dos (02) condiciones: paralelismo de los elementos con respecto al curso de agua, y el perfilado de los elementos de forma aerodinámica con el fin de afectar lo menos posible el curso de agua.

Luego de realizadas las inspecciones, el nivel de deterioro del puente es el que marca principalmente la conclusión de la persona encargada del dictamen de la inspección, aunque existen otros factores como la estética, seguridad y funcionalidad. El factor de seguridad es un de los aspectos más

importantes sobre todo si el daño es estructural y puede poner en peligro la seguridad de los usuarios (Mata, 2007).

### **Evaluación detallada de puentes**

El capítulo 36 de COVENIN 1618 (1998) establece que uno de los métodos para la evaluación de estructuras metálicas existentes consiste en el análisis estructural, con el propósito consiste en determinar la capacidad o resistencia minorada de un miembro estructural del sistema. Para ello se deben obtener todas las dimensiones de los miembros, conexiones, espesores a través de un levantamiento de campo o también se pueden utilizar los planos originales siempre y cuando se verifique con respecto a la estructura existente.

Por su parte, Mata (2007) indica que para conocer la capacidad resistente de un puente es necesario realizar un análisis estructural. Este análisis presenta cierta complejidad para determinar las propiedades de los miembros estructurales, tales como: área, inercia y módulo de elasticidad, ya que en una estructura nueva tales valores son conocidos, pero en el caso de las estructuras existentes con cierto grado de deterioro, es difícil suponer dichas propiedades. Por lo tanto, la determinación de la capacidad resistente de un puente en un momento determinado no deja de ser una aproximación, sin embargo es imprescindible realizarla para que la toma de decisión esté lo más fundamentada posible. De esta manera, Fernández (1984) señala que una cifra bastante usada consiste en reducir un 15% las propiedades de la estructura, pero que eso es potestad del Ingeniero encargado.

En relación a lo anterior, el Manual de Evaluación de Puentes de la AASHTO (2002), indica que para realizar una evaluación detallada de un puente se debe determinar lo siguiente: evaluación en nivel inventario y la evaluación en nivel de operación. El nivel inventario corresponde al nivel de diseño del puente en el momento cuando se realiza la evaluación del mismo,

por lo tanto, el nivel inventario permite comparar la capacidad del puente nuevo con el puente en condiciones actuales. Con respecto al nivel de operación, generalmente describe la máxima carga variable a la que puede someterse al puente.

A continuación, se describen los criterios para realizar el análisis estructural de un puente basado fundamentalmente en las Normas AASHTO Standard.

### **Ubicación de los puentes**

Para Arnal (2000), la ubicación o localización de un puente depende básicamente de las características de la vía, la geometría del eje vial, los niveles de creciente y el tirante de aire requerido, y las condiciones geotécnicas del sitio. Para ello se requieren obtener los siguientes datos: planos topográficos, estudios hidrológicos (niveles de aguas normales y aguas máximas probables en el sitio del puente), características de los suelos e informaciones generales tales como: efectos climatológicos, derechos de propiedad, derechos de paso, servicios públicos, posibilidad de navegación, entre otros. Por su parte, la AASHTO Standard, (2002) establece que la ubicación de un puente debe hacerse tomando en cuenta lo siguiente: costos, ingeniería, condiciones ambientales, sociedad, costos de mantenimiento y de inspección.

Con respecto a los estudios hidrológicos, un factor importante para establecer la altura de un puente es el tirante de agua, el cual es la separación entre la parte inferior de la superestructura del puente y el nivel de aguas máximas. En Venezuela se acostumbra a utilizar un tirante mínimo de 1,20 metros para puentes que no cuenten con una vegetación alta que pueda ser arrastrada por las corrientes de agua, de lo contrario el tirante se puede incrementar hasta 6,00 metros. En el caso de puentes navegables, el tirante de agua varía entre 12,00 y 40,00 metros (Arnal, 2000).

## **Elección del tipo de puente**

Arnal (2000) manifiesta que luego que se cuenta con la ubicación del puente, corresponde elegir el tipo de puente más adecuado cumpliendo con las exigencias de economía, buen servicio y permanencia. Para el (Comité 443 del Instituto Americano del Concreto, citado en Arnal 2000) expresa que para la pre-selección del tipo de puente, se debe tomar en cuenta: su funcionamiento, su seguridad, condiciones estéticas y ambientales, facilidades constructivas y el costo. Por su parte, Arnal (2000) menciona que para seleccionar el tipo de puente se debe tomar en cuenta lo siguiente: el objetivo del puente, la longitud del puente, las condiciones del suelo, la forma de la depresión y las consideraciones económicas.

## **Características de los puentes**

Los puentes están constituidos fundamentalmente por: la superestructura y la infraestructura.

La superestructura es la parte del puente donde actúan las cargas móviles, y está constituida principalmente por: el tablero, vigas longitudinales, separadores o vigas transversales, aceras, defensas, barandas y carpeta de rodamiento. El proyecto de la infraestructura se basa en las cargas y su distribución, anchos de vía, factores de impacto, entre otros (Arnal, 2000). Las cargas de la superestructura se transmiten a la infraestructura a través de los aparatos de apoyo, que generalmente son placas de neopreno de gran resistencia con la capacidad para absorber y disipar energía.

La infraestructura es la parte del puente que se encarga de transmitir las solicitaciones al suelo de fundación, y está constituida principalmente por: pilas y estribos. De esta manera, Arnal (2000) señala que la infraestructura de un puente está formada por los estribos, muros de ala y las pilas, cuya

función es la de soportar las reacciones provenientes de la superestructura. El mismo autor indica que los elementos de la infraestructura se deben ubicar teniendo precaución de no afectar el entorno, específicamente los puentes que cruzan agua. En ese caso, las pilas de puentes deben cumplir con dos (02) condiciones: paralelismo de los elementos con respecto al curso de agua, y el perfilado de los elementos de forma aerodinámica con el fin de afectar lo menos posible el curso de agua.

### Requerimientos geométricos para el diseño de puentes

El gálibo de un puente constituye el ancho y altura libre de una vía para Arnal (2000), por lo tanto es importante diseñar un puente respetando las dimensiones y recomendaciones indicadas. Con respecto al ancho de una vía se debe mantener constante a lo largo del puente. De esta manera, el ancho para tránsito carretero de baja velocidad es de 3,05 metros, el ancho para tránsito de alta velocidad es de 3,60 metros e incluso puede llegar hasta 4,50 metros (ver Figura 12). Por otra parte, la altura libre aceptada universalmente es de 4,27 metros.

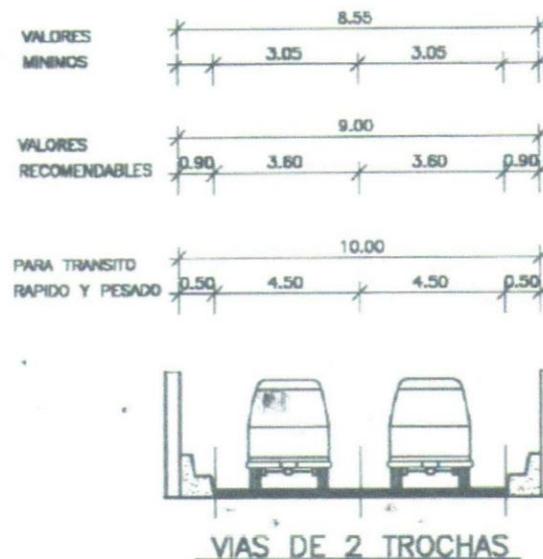


Figura 12. Anchos totales para vías de 2 trochas. Nota: Datos tomados de Arnal (2000).

## **Acciones para el diseño de puentes**

Las acciones más comunes a tomar en cuenta para el diseño de puentes son las siguientes: acciones permanentes, acciones variables, impacto sobre las acciones variables, acciones de viento, acciones sísmicas, acciones horizontales por efecto de frenado, acciones horizontales por corrientes de agua, acciones horizontales por colisiones y acciones por empuje del terreno (Arnal, 2000).

### **Acciones permanentes**

Las acciones permanentes incluyen el peso de todos los componentes de la estructura que no tienen variación en el tiempo tales como: peso del tablero, capa de rodamiento, vigas longitudinales, vigas transversales o separadores, pilas y estribos, incluso las ampliaciones futuras (AASHTO Standard, 2002) sección 3.3. Ahora bien, los pesos unitarios de los materiales más utilizados para el diseño de puentes se pueden obtener de COVENIN 2002 (1986), los cuales se mencionan a continuación:

Acero estructural:	7850 kg/m <sup>3</sup> .
Concreto armado:	2500 kg/m <sup>3</sup> .
Madera:	800 kg/m <sup>3</sup> .
Concreto asfáltico:	2400 kg/m <sup>3</sup> .

### **Acciones variables**

Las acciones variables son las correspondientes al peso de los vehículos y peatones en movimiento (AASHTO Standard, 2002) sección 3.4. En este mismo orden de ideas, el MTC (1998) incorpora un incremento del

20% de la carga variable para tomar en cuenta las cargas extra pesadas que puedan ocurrir durante la vida útil del puente.

Arnal (2000) menciona que para efectos de diseño se utilizan unos vehículos (no reales) que representan o se acercan a los efectos que producen las combinaciones más desfavorables de vehículos de mayores cargas probables que puedan pasar por el puente. Arnal (2000) indica que las acciones de estos vehículos se representan por ejes de cargas concentradas y se han consolidado en seis (06) grupos: H10, H15 y H20, HS10, HS15 y HS20. Para tener una idea de la proporción entre los camiones, los H10 y H15 corresponden al 50% y 75% del H20 respectivamente. La letra H está relacionada a vehículos de dos (02) ejes mientras que la letra S está relacionada a vehículos de tres (03) ejes, y el número significa el peso en toneladas inglesas de 2.000 libras (907 kg), es decir, 20 toneladas inglesas corresponden a 40.000 libras americanas (18144 kg), (ver figuras 13 y 14).

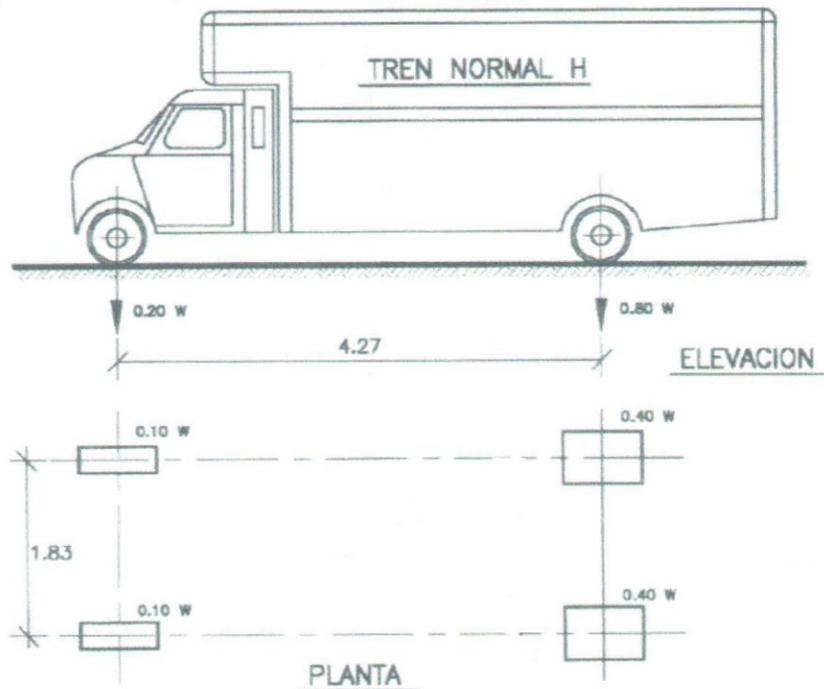


Figura 13. Tren de carga normal tipo H (2 ejes). Nota: Datos tomados de Arnal (2000).

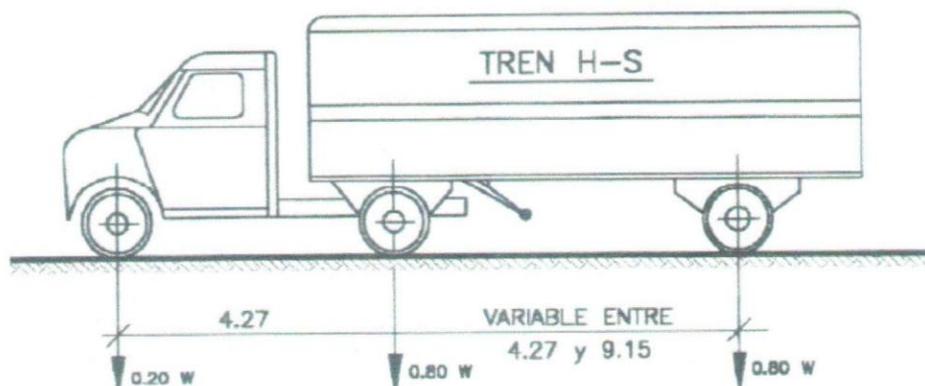


Figura 14. **Tren de carga normal tipo H (3 ejes).** Nota: Datos tomados de Arnal (2000).

De esta manera, la selección del tipo de camión para el proyecto dependerá de la importancia de la vía y el tipo de vehículos que se espera que vayan a pasar por el puente, en todo caso, para las carreteras nacionales en Venezuela no deben utilizarse trenes de carga inferiores al H15 (Arnal, 2000). En el diseño se considera que cada tren de carga ocupa una trocha o canal de circulación, cuyo ancho es considerado por la AASHTO Standard (2002) sección 3.6, de 3,05 metros (ver Figura 15). Estos trenes se mueven a lo largo de la longitud del puente como cargas concentradas para buscar las solicitaciones más desfavorables, o también se puede utilizar una sobrecarga equivalente para corte y momentos (ver Tabla 7).

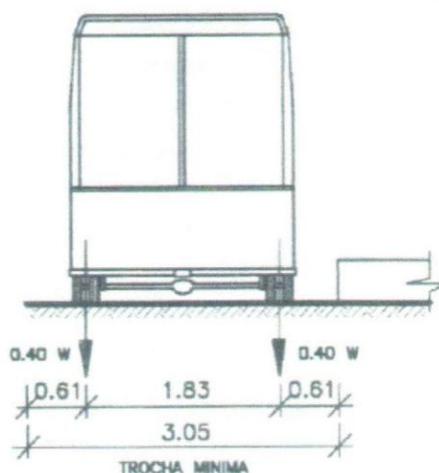


Figura 15. **Trocha de diseño para la AASHTO Standard.** Nota: Datos tomados de Arnal (2000).

Tabla 7. **Sobrecargas equivalentes para los diversos trenes de carga, en kg.**

TIPO	EJES		PARA MOMENTOS		PARA CORTES	
	DELANTERO	TRASERO	DISTRIB.	PUNTUAL	DISTRIB.	PUNTUAL
H 10	1814	7257	476	4082	476	5897
H 15	2721	10886	714	6123	714	8845
H 20	3628	14515	952	8164	952	11793

Nota. Datos tomados de Arnal (2000).

### Factor de impacto

El MTC (1998) establece un incremento de las acciones del camión de diseño por efectos dinámicos tal como lo establecen las Normas AASHTO Standard (2002) sección 3.8.2.1. A continuación se observa la fórmula para determinar el factor de impacto "I", cuyo valor está limitado a un máximo de 0,30:

$$I = \frac{15,24}{L + 38} \quad (1)$$

$$FI = 1 + I \quad (2)$$

Donde,

L: longitud del puente

FI: factor de impacto.

### Distribución de las cargas del camión de diseño en vigas principales

La AASHTO Standard (2002) permite determinar el factor de distribución de ruedas en las vigas principales de un puente utilizando la

tabla 3.23.1. Esta distribución es un porcentaje de las cargas del camión de diseño que se va a aplicar a la viga longitudinal para que pueda ser diseñada. Por su parte, el MTC (1998) indica que para la aplicación de las cargas sobre las vigas longitudinales deben utilizarse las ruedas delanteras y traseras del camión de diseño, y también menciona que las vigas exteriores no deben tener menor capacidad que las vigas interiores (ver Tabla 8).

Tabla 8. **Distribución de las cargas de diseño sobre las vigas principales.**

MATERIAL	TIPO DE PISO	PUENTE DE UNA TROCHA	PUENTE DE MÁS DE UNA TROCHA
MADERA	TABLONES	S/1,22	S/1,14
	LISTONES DE MÁS DE 10 CM O PLANCHAS DE 12 CM	S/1,37	S/1,22
	LISTONES DE 15 CM O MÁS	S<=1,52 M S/1,52	S<=1,98 M S/1,30
CONCRETO	SOBRE VIGAS I DE ACERO O VIGAS PRESFORZADAS DE CONCRETO	S<=3,05 M S/2,13	S<=4,17 M S/1,68

Nota. Datos tomados de la AASHTO Standard (2002), tabla 3.23.1.

### Acciones de viento

Las acciones del viento generan presiones dinámicas perpendiculares al eje del puente, cuya magnitud depende la velocidad máxima del mismo, de la ubicación geográfica y de la forma del puente (Arnal, 2000). Asimismo, el autor señala que los vehículos que atraviesan el puente también deben considerarse dichas acciones sobre éstos de 300 kg/m aplicada a 1,80 metros de altura. En relación a lo anterior, la AASHTO Standard (2002)

sección 3.15, expresa que la acción del viento se debe aplicar a 90° del eje longitudinal del puente con una velocidad mínima de 161 km/h.

### **Acciones sísmicas**

Arnal (2000) expresa que las acciones sísmicas son proporcionales al peso de la estructura que pueden actuar en cualquier dirección y cuya consecuencia pudiera estar asociada a fallas del suelo y a movimientos de los apoyos. En este caso se aplica la Norma COVENIN 1756 (2001) para edificaciones sismorresistentes, donde el coeficiente de uso  $a = 1,30$  para un nivel de diseño 3 (ND3) debido a la importancia de los puentes. Ahora bien, los puentes isostáticos tienen poca absorción de energía sísmica y se les asocia con estructuras tipo IV, con un factor de reducción de respuesta  $R = 2,00$ .

### **Acciones horizontales por efecto de frenado**

El MTC (1998) manifiesta que cuando un vehículo frena, las ruedas transmiten acciones horizontales a la estructura del tablero del puente por la fricción existente entre ambos. Por su parte, la AASHTO Standard (2002) sección 3.9, expresa que las acciones por frenado corresponden al 5% de las acciones variables sin impacto, aplicado a cada una de las trochas de circulación, en una sola dirección. Estas acciones horizontales están aplicadas a 6 pies (1,83 metros) de altura con respecto a la carpeta de rodamiento.

### **Acciones horizontales por corrientes de agua**

Para el MTC (1998), la presión hidrodinámica de la corriente de agua sobre los puentes ubicados en ríos o canales de flujo continuo de agua

pueden generar volcamiento o desplazamiento de las pilas del puente, razón por la cual es necesario considerar la presión resultante utilizando la siguiente fórmula:

$$p = k * a * v^2 \quad (3)$$

Donde, p: presión unitaria en kgf/m<sup>2</sup>

a: área de la proyección vertical en m<sup>2</sup>

v: máxima velocidad probable del agua en m/s

k: constante que depende del peso del agua y de la forma de la pila del puente. Los valores de k según los extremos de las pilas se mencionan a continuación:

k= 0,07 pilas con extremos cuadrados.

k= 0,04 pilas con extremos circulares.

k = 0,02 pilas con ángulos de 30° o menor.

### **Acciones horizontales por colisiones**

Arnal (2000) establece que para el diseño de puentes se debe considerar el impacto de los vehículos fuera de control sobre las barandas y defensas de la estructura, para ello la AASHTO (2002) considera una carga concentrada de 10.000 libras (4536 kgf) aplicada a una altura de 0,81 metros con respecto a la carpeta de rodamiento.

### **Acciones por empuje del terreno**

El MTC (1998) expresa que el empuje de tierras es fundamental para el diseño de los estribos y muros de sostenimiento. Para la evaluación del empuje de tierras se debe usar la ecuación de Rankine:

$$E = \frac{\gamma}{2} * Ht^2 * \left( \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} \right) \quad (4)$$

Donde,

ka: coeficiente de presión activa del terreno.

$\phi$ : ángulo de fricción interna del terreno.

$\gamma$ : peso unitario de la tierra

He: altura de la estructura

S: altura de relleno equivalente a la sobrecarga variable.

Ht: altura total del empuje: He + S

De esta manera, la AASHTO Standard (2002) establece una altura de 0,60 metros de sobrecarga variable equivalente en relleno.

### **Acciones para el diseño de columnas de madera**

Parker y Ambrose (2006) indican que la relación de esbeltez de una columna maciza de madera aislada, es la relación entre la longitud no arriostrada (sin apoyo lateral) y la dimensión de su lado menor, es decir, L/d. La relación de esbeltez para columnas macizas de madera está limitada a L/d = 50. La capacidad de carga de una columna de madera es la siguiente:

$$P = F_{c*} * C_p * A \quad (5)$$

Donde,

A: área de la sección transversal de la columna.

Fc\*: valor de diseño admisible para compresión, modificado por factores aplicables.

Cp: factor de estabilidad de la columna.

P: carga admisible de compresión axial de la columna.

El factor de estabilidad de la columna se determina de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{1 + (F_{CE} / F_{C*})}{2 * c} - \sqrt{\left(\frac{1 + (F_{CE} / F_{C*})}{2 * c}\right)^2 - \left(\frac{F_{CE} / F_{C*}}{c}\right)} \quad (6)$$

Donde,

$F_{CE}$ : esfuerzo de pandeo de Euler, que se determina con la fórmula de abajo.

$c$ : 0,8 para madera de sierra.

Para el esfuerzo de pandeo se tiene:

$$F_{CE} = \frac{K_{CE} * E}{(L_e / L)^2} \quad (7)$$

Donde,

$K_{CE}$ : 0,3 para madera clasificada visualmente.

$E$ : módulo de elasticidad para la especie y clase.

$L_e$ : longitud efectiva (altura de la columna sin arriostamiento, modificada por cualquier factor para condiciones de apoyo).

$d$ : dimensión de la sección transversal (ancho de la columna) medida en la dirección en la que se presenta el pandeo.

### Combinaciones de acciones

Un puente puede estar sometido a la acción simultánea de varias cargas, sin embargo, la probabilidad de que todas posibles actúen de manera simultánea es muy baja, razón por la cual la AASHTO Standard (2002) propone unas combinaciones de cargas posibles, y la más usada es la siguiente:

$$U = 1,3 * CP + 2,17 * CV * FNV * FI \quad (8)$$

Donde,

$U$ : carga última de diseño.

CP: acciones permanentes.

CV: acciones variables.

FNV: factor de norma venezolana, 1,20.

FI: factor de impacto. Ver fórmula (2)  $\leq 1,30$

### **Conservación de estructuras de puentes**

Para Mata (2007), la conservación de estructuras de puentes consiste de un “conjunto de operaciones y trabajos necesarios para que una obra se mantenga con las características funcionales, resistentes e incluso estéticas con las que fue proyecta o construida” (p. 171). Y se puede dividir este conjunto de operaciones y trabajos en tres fases: inspección, evaluación y mantenimiento. La inspección es un conjunto de actividades realizadas de acuerdo a un plan de trabajo, que facilitan recolectar datos para evaluar las condiciones de un puente en un momento determinado. Se pueden distinguir dos (02) tipos de fallas, las catastróficas las cuales son repentinas y no pueden ser anticipadas por inspección, y las fallas por degradación, que si pueden ser anticipadas por inspección y además evitables. El mantenimiento de un puente es fundamental para cumplir con la vida útil para el cual fue proyectado.

En este orden de ideas, Camejo (2006) establece que para la conservación de un puente en general, se deben cumplir lo siguiente:

- a) Ingenieros calificados serán los únicos encargados de la inspección.
- b) Una planoteca donde se archiven los planos estructurales de cada puente, indicando memoria descriptiva del proyecto, con sus cálculos estructurales, suelos y tipo de fundaciones y cálculos hidráulicos.

- c) Historia del sitio de ubicación del puente; características, situación y comportamiento ante crecidas anormales.
- d) Revisión periódica, sobre todo ante crecidas anormales, tipo de reparación ante la acometida del agua.
- e) Reparación inmediata de los efectos que se observen después de sometido a intenso tráfico, entre otros (p. 25).

El mismo autor manifiesta que los aspectos del puente que deben conservarse son los siguientes: fundaciones, estribos y pilas, sistemas de apoyos, vigas, tableros, muros de sostenimiento y drenajes, destacando el orden de los aspectos mencionados, ya que los daños por socavaciones en fundaciones son complejos.

Mata (2007) expresa que las tareas de conservación de puentes se pueden clasificar en: ordinarias y extraordinarias. Las ordinarias se refieren básicamente a la inspección, limpieza y pintura; mientras que las extraordinarias abarcan un amplio campo que va desde la rehabilitación del concreto degradado hasta la renovación de elementos de equipamiento como juntas, impermeabilizaciones, entre otros.

Las acciones correctivas para los puentes luego de realizadas las evaluaciones se pueden dividir en cuatro (04) grupos: mantenimiento rutinario, reparaciones, reforzamientos y demolición.

Mata (2007) indica que las actividades de mantenimiento rutinario pueden ser las siguientes:

- Señalización, pintura, alumbrado, entre otros.
- Limpieza, drenajes, pilas, estribos, entre otros.
- Limpieza y rehabilitación del cauce.
- Repavimentación de los accesos del puente.
- Reparaciones a la carpeta de rodamiento.
- Protección contra la socavación.
- Reacondicionamiento de defensas dañadas.
- Limpieza o protección de apoyos.

Las reparaciones consisten en la reparación o reemplazo de elementos o miembros estructurales, rehabilitación del concreto degradado, entre otros. Como ejemplo de lo indicado, Troconis (2009) presenta reparaciones en el Puente sobre el Lago de Maracaibo, en la cual se remueve el concreto deteriorado y el acero de refuerzo que presenta corrosión, se sustituyen las barras y posteriormente se coloca nuevamente el concreto.

Desde el punto de vista estructural, Mata (2007) considera que el reforzamiento de un puente es debido, en general, a una de las siguientes razones: necesidad funcional de aumentar la capacidad resistente de un puente, corregir fallas detectadas que hacen suponer que ha disminuido la capacidad de carga prevista inicialmente, y saneamiento, reparación y refuerzo de puentes sometidos al deterioro natural del tiempo. Como ejemplo de lo anterior, Capobianco (2009) presenta un proyecto de reforzamiento de vigas metálicas para el Viaducto La Cabrera, ubicada en la Autopista Regional del Centro en el estado Carabobo, allí se muestra la adición de un perfil metálico debajo de uno existente utilizando pernos ASTM A-36 y planchas auxiliares.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Acciones:** Fenómenos que producen cambios en el estado de tensiones y deformaciones en los elementos de una edificación. Las acciones se clasifican en permanentes, variables, accidentales y extraordinarias.

**Diagnóstico:** Determinación de la enfermedad de una estructura en relación a los síntomas que presenta.

**Espectro de diseño:** Espectro asociado a sismos de diseño, en el cual se incorpora el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente a sismos adoptado.

**Factor de Reducción de Respuesta:** Factor que divide las ordenadas del espectro de respuesta elástica para obtener el espectro de diseño.

**Hifas:** son elementos filamentosos cilíndricos característicos de la mayoría de los hongos que conforman su estructura vegetativa.

**Higroscopicidad:** es la capacidad que tiene la madera para absorber humedad del medio circundante.

**Ingeniería Forense:** Disciplina de la Ingeniería dedicada a la evaluación, revisión, investigación, presentación e historia de fallas en las estructuras.

**Madera anhidra:** Madera en la que se ha eliminado toda la humedad extraíble.

**Madera comercialmente seca:** Madera curada o aquella cuya humedad ha sido reducida a una proporción adecuada para el objeto a que se destine. Generalmente su contenido de humedad es menor del 20 %.

**Madera verde:** Madera que no ha sufrido ningún proceso de secado y su contenido de humedad es superior al 30 %.

**Meteorización de la madera:** es aquella que provoca la degradación del recubrimiento de la madera, y es producida por agentes atmosféricos.

**Organismos Xilófagos:** son todos aquellos organismos que se alimentan de la madera viva o madera muerta.

**Patología:** Consiste en identificar cual es el comportamiento defectuoso de una estructura (enfermedad), determinar las posibles causas de ese comportamiento irregular (diagnostico), con el propósito de plantear acciones inmediatas (tratamiento o terapia).

**Relación de esbeltez:** Cociente de dividir la altura de una construcción entre su menor dimensión en planta.

**Rótula (articulación) plástica:** Zona de cedencia que se forma en una sección de un miembro estructural cuando alcanza el momento de agotamiento. En tal estado la sección gira como si estuviera articulada, excepto que permanece sometida al momento de agotamiento.

**Síntoma:** Alteración de las condiciones normales de funcionamiento de una estructura que revelan una enfermedad, y sirve para determinar su naturaleza.

**Solicitaciones:** Conjunto de fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momentos flectores, momentos torsores y bimomentos que permiten el diseño de las secciones de los elementos y miembros estructurales.

**Tensión:** Es la fuerza por unidad de área, úsese en vez de esfuerzo.

**Terapia:** Es el tratamiento que una estructura puede recibir para mejorar su condición actual.

**Trocha:** Término utilizado para referirse a un canal de circulación en puentes.

**Viga de palastro o viga armada:** Viga cuya sección está compuesta por dos planchas de acero que forman sus alas, unidas a una plancha de una sola pieza que constituye el alma, añadiéndose rigidizadores a uno o ambos lados del alma donde se necesiten.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **Consideraciones Generales**

El marco metodológico de la presente investigación, abarca las técnicas y procedimientos necesarios para dar respuesta a los objetivos planteados de la investigación. En tal sentido, en el marco metodológico se define el tipo de investigación, el diseño de la investigación, diseño de las fases metodológicas, técnicas e instrumentos de recolección de la información, técnicas de análisis e interpretación de los resultados y la operacionalización de objetivos.

#### **Objetivos de la Investigación**

##### ***Objetivo General***

Evaluar la patología del puente de acero estructural y madera Lagunillas LG-8 ubicado en el estado Zulia, con el propósito de establecer recomendaciones para recuperar o demoler el puente.

##### ***Objetivos Especificos***

- 1) Describir las patologías de los materiales que conforman el puente Lagunillas LG-8.
- 2) Determinar las condiciones actuales en que se encuentra el puente Lagunillas LG-8 desde el punto de vista estructural.

- 3) Establecer las recomendaciones que se deducen de la patología realizada, tomando en cuenta la recuperación o demolición del puente Lagunillas LG-8.

### **Tipo de Investigación**

El artículo 69 del Reglamento General para los Estudios de Postgrado de la UCAB indica que el tipo de investigación es aplicada. Según Valarino, Yaber y Cemborain (2010) la investigación es de tipo evaluativa, ya que tiene como propósito determinar sistemáticamente el valor de un proyecto. "Es uno de los tipos de investigación que más apropiadamente corresponden a los proyectos de aplicación en los programas de especialización" (p 70).

La investigación documental para Arias (2006), consiste en la búsqueda, recopilación, análisis e interpretación de datos obtenidos registrados por otros investigadores en fuentes de diferente tipo, tales como impresas, electrónicas y audiovisuales.

En relación a lo anterior, el tipo de investigación es aplicada ya que su objetivo consiste en aplicar los conocimientos adquiridos durante los estudios de Especialización, específicamente la investigación es evaluativa y documental, donde se realizará un diagnóstico de una estructura existente a través de una investigación documental.

### **Diseño de la Investigación**

"El diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado", así lo define (Arias, 2006, p.26). En este sentido, los autores Hernández, Fernández y Baptista (2006), manifiestan que la investigación de tipo no experimental se realiza sin manipular deliberadamente las variables, los fenómenos se observan tal y

Tercera Fase: Esta fase contempla el análisis o procesamiento de los datos recolectados, que en el caso de esta investigación corresponde al llenado de las planillas para evaluación básica de puentes del MTC (1991), así como el análisis estructural del puente para determinar la capacidad de carga original y la capacidad de carga actual, con el propósito de compararlas y presentar recomendaciones acerca de la recuperación o demolición del puente. Para ello se utilizarán las Normas AASHTO Standard vigentes y se utilizará el programa de cálculo estructural Staad Pro V8-I 2008. Esta actividad se desarrolla con el apoyo del asesor del Trabajo Especial de Grado.

### **Cronograma de Actividades**

El cronograma de actividades está conformado por las actividades indicadas en las tres (03) fases metodológicas, donde se muestran las fechas de cada una de las actividades, de tal manera que unas irán primero, y otras no podrán ejecutarse hasta que se realicen otras (precedencias). En el Apéndice A se muestra el cronograma detallado de tales actividades.

### **Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información**

Arias (2006) expresa que la observación “es una técnica de recolección de datos que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p. 69). De igual manera, el mismo autor manifiesta que los

instrumentos que se utilizan para una observación libre son: diario de campo, libreta de anotaciones, cámaras fotográficas y cámaras de video.

En relación a la definición anterior, los instrumentos de recolección de datos para la presente investigación se clasifican en tres (03) grupos: consulta a experto acerca del alcance de la presente investigación, búsqueda de información, y la inspección de campo.

Del primer grupo, se realizó consulta acerca del alcance de esta investigación al Profesor Guillermo Bonilla, experto en patología de estructuras de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), dicha consulta fue realizada vía correo electrónico y se detalla en el Apéndice B. El segundo grupo abarca la recolección de información relacionada al puente: tales como estudios realizados y los planos del levantamiento planialtimétrico (topográfico) del puente, los cuales se presentan en el Apéndice D. En el tercer grupo se incluye la observación como instrumento de recolección de datos, para ello se debe contar, entre otros, con el siguiente equipo (Mata, 2007): nivel de mano, caja de herramientas, cepillo de alambre, marcadores o tizas de herrero, escaleras, cintas métricas, cámaras fotográficas, libreta de campo, linterna, martillo ligero, casco, botas de seguridad, lentes de seguridad, chalecos reflectivos y conos de plástico o triángulo de seguridad.

### **Técnicas de Análisis o Procesamiento de los Datos**

Una vez recolectados los datos se debe analizar o procesar la información obtenida, este análisis es cualitativo y cuantitativo.

En consecuencia, la evaluación básica de puentes en el país se basa en la metodología presentada por el MTC (1991). Esta metodología es un método cuantitativo – cualitativo, que permite de manera ordenada y simple evaluar un puente por su condición de uso, por simple inspección ocular, o de ser el caso, con la instrumentación requerida, y arrojar tres (03) índices

que interpretan el estado de deterioro de la estructura, estos son: índice de daños (ID), índice de severidad (IS) e índice de vulnerabilidad (IV). En consecuencia, el índice de daños representa el daño existente en los miembros en el momento de hacer la evaluación (factores estáticos), mientras que el índice de severidad está asociado a la acción de agentes exteriores que causan los daños sobre los miembros de la estructura (factores dinámicos).

La combinación de ambos índices interpreta la realidad física del puente a través del índice de vulnerabilidad. La evaluación de puentes mediante la observación tiene dos (02) aspectos: uno cuantitativo (cantidad de deterioro) y otro cualitativo (gravedad del deterioro). Ambos aspectos de deterioro se indicarán en una inspección ocular mediante la notación indicada en las Tablas 9 y 10.

Tabla 9. **Cantidad de deterioro de un puente.**

CANTIDAD DE DETERIORO	NOTACIÓN
POCO	1
ALGO	2
MUCHO	3

*Nota. Datos tomados del MTC (1991).*

Tabla 10. **Gravedad del deterioro de un puente.**

GRAVEDAD DEL DETERIORO	NOTACIÓN
NO ES GRAVE	A
MEDIANAMENTE GRAVE	B
GRAVE	C

*Nota. Datos tomados del MTC (1991).*

Estos dos aspectos en sus tres grados se pueden combinar en una matriz de orden 3x3, cuyos elementos simbólicos reúnen en sí las dimensiones cuantitativa y cualitativa de la observación, como apreciación de un cierto grado de la estructura (ver Tabla 11).

Tabla 11. **Combinación de la gravedad y cantidad de deterioro de un puente.**

		NO ES GRAVE	MEDIANAMENTE GRAVE	GRAVE
		A	B	C
POCO	1	1A	1B	1C
ALGO	2	1B	2B	2C
MUCHO	3	1C	3B	3C

Nota. Datos tomados del MTC (1991).

La anterior matriz de calificación ofrece un espectro suficientemente amplio en su disposición matricial (nueve elementos) como para ser usada en un levantamiento ocular de daños, aún con un grado elevado de exigencia. La antidiagonal principal divide a la matriz de calificación en tres (03) grupos que se corresponden con las categorías I, II y III según se ilustra en la Tabla 12.

Tabla 12. **Combinación de la gravedad y cantidad de deterioro de un puente agrupado en categorías de daño.**

		NO ES GRAVE	MEDIANAMENTE GRAVE	GRAVE
		A	B	C
POCO	1	I	I	II
ALGO	2	I	II	III
MUCHO	3	II	III	III

Nota. Datos tomados del MTC (1991).

Los daños observados en un puente se pueden ordenar en tres categorías: categoría I de deterioro, que corresponde al estado de un puente en buenas condiciones, que no precisa de reparación. Categoría II de deterioro, que corresponde al estado de un puente que presenta daños que ameritan de reparación, siendo ésta no urgente. Los puentes que según la evaluación básica caen dentro de esta categoría se les practicarán una evaluación comprobatoria para dilucidar y establecer de manera definitiva el alcance e importancia de los daños y hacer las recomendaciones pertinentes. Categoría III de deterioro, que corresponde a los puentes que presentan daños y se tienen que reparar de emergencia. De igual manera que la categoría II, se debe practicar una evaluación comprobatoria.

Para realizar la evaluación del índice de daños (factores estáticos), se deben utilizar las planillas del MTC (1991), las cuales están constituidas por tablas con las siguientes columnas: elemento, daño, matriz de calificación, calificación de daño y el número de indicador. Por ejemplo, para un puente metálico se presentan 12 elementos y 39 clases de daños, cada elemento – daño es un indicador. Según la gravedad y extensión del daño, el evaluador escogerá uno de los nueve lugares de la matriz de calificación. En la planilla de levantamiento y calificación cada uno de estos nueve lugares está ocupado por un valor numérico. Por consiguiente, la evaluación de daños mediante la planilla permite asignar a cada indicador un valor numérico o calificación.

El valor numérico obtenido debe ser trasladado a la casilla adyacente en el lado inferior derecho de la matriz, específicamente en la columna de calificación de daño. Estas casillas contienen entonces la calificación de daño del elemento en función de la estructura. Debe notarse que daños extensos y graves en un elemento que no comprometa la estructura (por ejemplo en barandas) nunca reciben valores numéricos máximos, Por otra parte, si se trata de un elemento que si compromete la estructura y el daño

observado corresponde a uno de los casos 2C, 3C o 3B de la matriz de calificación, el valor numérico es siempre máximo.

Para la obtención del índice de daños definimos N como el número total de indicadores incrementado en una unidad, esto es  $N = I + 1$ . En el caso de daños, es decir, factores estáticos en puentes metálicos, el número de indicadores es 39 por lo que  $N = 40$ . Los valores numéricos que aparecen en la matriz de calificación son 1, N y  $N^2$ , y para el caso de los puentes de acero estructural los valores son 1, 40 y 1600. Una vez llenada la planilla, la suma de todos los valores numéricos que son calificación del daño de los factores estáticos se denota como S. Luego de obtenido el valor de S, es necesario establecer unos rangos numéricos que definen la categoría de daño en se encuentra el puente.

Si  $0 \leq S \leq 39$ , entonces el puente se encuentra en la categoría I de deterioro, con índice de daños igual a 1, lo cual indica que no requiere reparación y el mantenimiento debe ser preventivo.

Si  $40 \leq S \leq 1600$ , entonces el puente se encuentra en la categoría II de deterioro, con un índice de daños igual a 2, lo cual indica que requiere reparación sin urgencia, y el mantenimiento debe ser correctivo.

Si  $1600 \leq S \leq 63960$ , entonces el puente se encuentra en la categoría III de deterioro, con un índice de daños igual a 3, lo cual indica que requiere reparación de manera urgente, y se debe elaborar un programa de emergencia.

Por otra parte, el índice de severidad permite definir la frecuencia de mantenimiento preventivo y el lapso de ejecución del mantenimiento correctivo, lo cual es de gran utilidad para una real y efectiva Gerencia de Mantenimiento. Para realizar la evaluación del índice de severidad (factores dinámicos), se deben utilizar las planillas del MTC (1991), las cuales están constituidas por tablas con las siguientes columnas: elemento, daño, matriz de calificación, calificación de daño y el número de indicador. En contraste con el caso anterior (donde hay 12 elementos) tenemos ahora un solo

elemento y seis indicadores. Los daños se califican mediante un vector de calificación análogo a la matriz. Debe tenerse en cuenta que ahora hay 6 indicadores y por lo tanto  $N$  y  $N^2$  toman los valores de 7 y 49. Se califica con uno de los elementos que componen el vector y se traslada este valor a la casilla adyacente, específicamente en la columna de calificación de daño. La suma  $S$  de los valores de estos indicadores permite definir un índice de severidad. Luego de obtenido el valor de  $S$ , es necesario establecer unos rangos numéricos que definen el índice de severidad en se encuentra el puente.

Si  $0 \leq S \leq 6$ , entonces el puente tiene un índice de severidad igual a 1, lo cual expresa que los factores dinámicos que afectan al puente son poco severos.

Si  $7 \leq S \leq 48$ , entonces el puente tiene un índice de severidad igual a 2, lo cual expresa que los factores dinámicos que afectan al puente son medianamente severos.

Si  $49 \leq S \leq 336$ , entonces el puente tiene un índice de severidad igual a 3, lo cual expresa que los factores dinámicos que afectan al puente son muy severos.

La combinación de los índices de daños e índices de severidad determinan el índice de vulnerabilidad de la estructura, pudiéndose expresar de manera porcentual como un número único para cada estructura. Tanto el índice de daños como el índice de severidad pueden tomar valores en el rango de 1 a 3. En consecuencia, se pueden presentar 9 pares coordenados de acuerdo a lo indicado en la Tabla 13.

Cabe destacar, que los valores numéricos en cada una de las matrices de calificación indicadas en las planillas del MTC (1991) son fijos, simplemente se debe evaluar la condición del puente en función de la cantidad y gravedad de deterioro, luego la calificación de daño obtenida por cada indicador se suman para obtener el valor de  $S$ . El valor obtenido de  $S$  se compara con los rangos ya establecidos con el propósito de obtener, bien

sea, el índice de daños o el índice de severidad del puente. Con dicha información se determina el índice de vulnerabilidad del puente y la información final se resume en una tabla. Se aclara que si un indicador de daño no está acorde con las características del puente evaluado, simplemente no se contabiliza dicho indicador y se coloca la palabra no aplica (NA).

Los indicadores críticos son aquellos cuyo valor numérico sitúan al puente en una condición desfavorable, bien sea para el índice de daños como para el índice de severidad. En el Capítulo IV se muestran todas las planillas del MTC necesarias para realizar la evaluación básica de puentes.

Por otra parte, debido a que no existe información del puente Lagunillas LG-8, se debe realizar un análisis estructural para determinar la capacidad de carga original y la capacidad de carga actual, con el propósito de compararlas y en conjunto con la evaluación patológica realizada, presentar recomendaciones acerca de la recuperación o demolición del puente. Para ello se utilizarán las Normas AASHTO Standard vigentes y se utilizará el programa de cálculo estructural Staad Pro V8-I 2008. Dicho programa trabaja con elementos finitos y consiste en el análisis y diseño estructural con aplicaciones principalmente en el sector de la construcción, edificios comerciales, puentes, estructuras industriales, estructuras para plantas químicas, presas, muros de contención, cimentaciones de turbinas, alcantarillas, entre otros. En el Apéndice C se muestra los datos de entrada del programa Staad Pro V8I.

De esta manera, el criterio de evaluación que influye en la toma de decisión en cuanto a realizar la recuperación o demolición del puente es el económico (Paparoni, s.f.), de tal manera se presenta el siguiente baremo:

- Si los costos de recuperar el puente son similares o mayores a los costos de construirlo nuevo, entonces se debe demoler el puente.
- Si los costos de recuperar el puente están muy por debajo de los costos de construirlo nuevo, entonces se debe recuperar el puente.

Tabla 13. Posibles combinaciones del Índice de Vulnerabilidad (IV) de un puente, y sus resultados.

ÍNDICE DE DAÑOS	ÍNDICE DE SEVERIDAD	ÍNDICES DE VULNERABILIDAD POSIBLES	IV (%)	EVALUACIÓN COMPROBATORIA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	LAPSO PARA REPARAR	OBSERVACIONES
1	1	(1,1)	10	NO	PREVENTIVO	CADA 2 AÑOS	-	PUENTE EN BUENAS CONDICIONES
1	2	(1,2)	20	NO	PREVENTIVO	ANUAL	-	PUENTE EN BUENAS CONDICIONES
1	3	(1,3)	30	NO	PREVENTIVO	SEMESTRAL	-	PUENTE EN BUENAS CONDICIONES
2	1	(2,1)	40	SI	CORRECTIVO	-	1 - 12 MESES	PUENTE EN ESTADO SEMICRÍTICO
2	2	(2,2)	50	SI	CORRECTIVO	-	1ER SEMESTRE	PUENTE EN ESTADO SEMICRÍTICO
2	3	(2,3)	60	SI	CORRECTIVO	-	1ER TRIMESTRE	PUENTE EN ESTADO SEMICRÍTICO
3	1	(3,1)	70	SI	EMERGENCIA	-	DE INMEDIATO	PUENTE EN ESTADO CRÍTICO
3	2	(3,2)	80	SI	EMERGENCIA	-	DE INMEDIATO	PUENTE EN ESTADO CRÍTICO
3	3	(3,3)	90	SI	EMERGENCIA	-	DE INMEDIATO	PUENTE EN ESTADO CRÍTICO

Nota. Datos tomados del MTC (1991).

### Operacionalización de Objetivos

**Objetivo General:**

Evaluar la patología del puente de acero estructural y madera Lagunillas LG-8 ubicado en el estado Zulia, con el propósito de establecer recomendaciones para recuperar o demoler el puente.

Objetivo Específico	Variable	Dimensión	Indicadores
<p>Describir las patologías de los materiales que conforman el puente Lagunillas LG-8.</p>	<p>Patologías de los materiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfermedad de los materiales.</li> <li>- Síntomas de los materiales.</li> <li>- Diagnóstico de los materiales.</li> <li>- Terapia para los materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemas que se presentan en el acero estructural.</li> <li>- Causas que afectan el acero estructural.</li> <li>- Acciones para mejorar las condiciones del acero estructural.</li> <li>- Problemas que se presentan en la madera.</li> <li>- Causas que afectan la madera.</li> <li>- Acciones para mejorar las condiciones de la madera.</li> <li>- Problemas que se presentan en el concreto armado.</li> <li>- Causas que afectan el concreto armado.</li> <li>- Acciones para mejorar las condiciones del concreto armado.</li> <li>- Problemas que se presentan en el pavimento</li> </ul>

**Objetivo General:**

Evaluar la patología del puente de acero estructural y madera Lagunillas LG-8 ubicado en el estado Zulia, con el propósito de establecer recomendaciones para recuperar o demoler el puente.

Objetivo Específico	Variable	Dimensión	Indicadores
			flexible. - Causas que afectan el pavimento flexible. Acciones para mejorar las condiciones del pavimento flexible.
Determinar las condiciones actuales en que se encuentra el puente Lagunillas LG-8 desde el punto de vista estructural.	Condiciones actuales del puente.	- Factores estáticos del puente. - Factores dinámicos del puente. - Evaluación detallada.	- Agrietamiento. - Deterioro del material. - Deformación. - Deflexiones. - Deterioro en uniones. - Fisuración. - Vibraciones. - Asentamiento. - Socavación general. - Socavación local. - Curvatura del río en sitio. - Incidencia del flujo en pilas y estribos. - Arrastre y deposición de sedimentos. - Sobrecargas actuantes. - Cargas de diseño. - Edad del puente. - Agresividad del medio. - Mantenimiento. - Régimen fluvial. - Actividad sísmica.

**Objetivo General:**

Evaluar la patología del puente de acero estructural y madera Lagunillas LG-8 ubicado en el estado Zulia, con el propósito de establecer recomendaciones para recuperar o demoler el puente.

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
			- Comparación de capacidad de carga puente original y actual.
Establecer las recomendaciones que se deducen de la patología realizada, tomando en cuenta la recuperación o demolición del puente Lagunillas LG-8.	Recomendaciones para el puente.	- Acciones correctivas.	- Mantenimiento rutinario. - Reparaciones. - Reforzamiento. - Demolición.

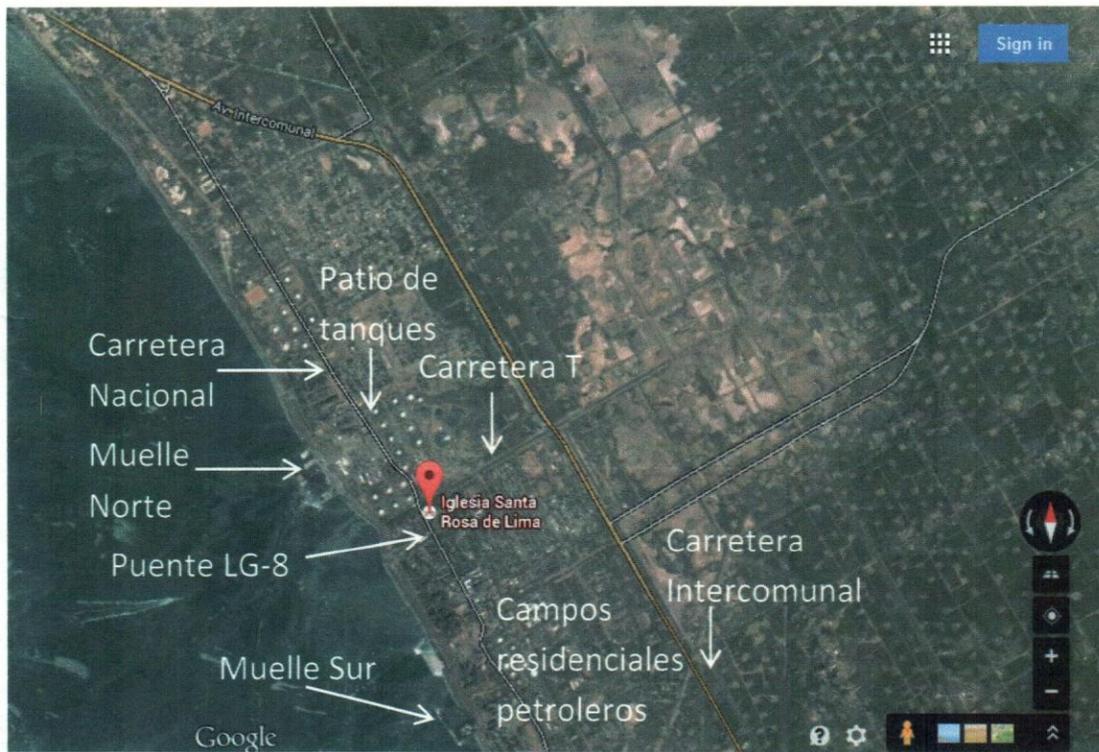
## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

#### Evaluación básica del puente

A continuación se presentan los resultados de la inspección visual del puente plasmada en los formatos del MTC:

#### Ubicación del puente



**EVALUACIÓN BÁSICA DE PUENTES  
RESUMEN DE LA EVALUACIÓN**

**PUENTE:** Lagunillas LG-8      **TRAMO:** Lagunillas - Ciudad Ojeda      **PROG.:** \_\_\_\_\_  
**VÍA:** Carretera Nacional      **ESTADO:** Zulia      **Nº:** \_\_\_\_\_

INFORMACIÓN RECABADADA

DESCRIPCIÓN	DISPONIBLE		FUENTE				FECHA
	SI	NO	DEP.	DCU	DC	OTRA	
PLANOS DE PROYECTOS		X					
MEMORIAS DE CÁLCULO		X					
PLANOS DE CONSTRUCCIÓN		X					
ESTUDIOS DE SUELOS		X					
ESTUDIO HIDROLÓGICO		X					
ESTUDIOS HIDRAULICOS		X					
INVENTARIO		X					
INFORME DE DAÑOS		X					
INFORME DE MANTENIMIENTO		X					
INFORME DE OBRAS DE PROTECCIÓN		X					

DEP.: DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS - DCU: DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL - DC: DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN  
DE: DIRECCIÓN ESTATAL - OTRA: GOB./M.A.C./M.A.R.N.R.

**SISTEMA ESTÁTICO Y CONSTRUCTIVO:**

**DESCRIPCIÓN DE LA FALLA:**

**ORIGEN DE LA FALLA:**

DISEÑO       CONSTRUCCIÓN       MANTENIMIENTO       ACCIDENTAL

**CAUSA DE LA FALLA:**

HIDRÁULICA       ESTRUCTURAL       GEOTÉCNICA       AMBIENTAL       NO DETERMINADA

**CLASIFICACIÓN DE LA FALLA:**

**RECOMENDACIONES:**

**EVALUACIÓN BÁSICA DE PUENTES  
INVENTARIO**

**NOMBRE DEL PUENTE:** Lagunillas LG-8  
**ENTIDAD FEDERAL:** Zulia **TIPO DE VÍA:** Carretera  
**TRAMO:** Lagunillas - Ciudad Ojeda  
**PROGRESIVAS:** \_\_\_\_\_

**ASPECTOS ESTRUCTURALES.**

TIPO DE ESTRUCTURA:	Madera y Vigas de Acero	Nº DE TRAMOS:	8
LUZ DE CADA TRAMO:	5,50 m	LONGITUD TOTAL:	42,00 m
ANCHO TOTAL:	12,00 m	ANCHO LIBRE:	8,00 m
GÁLIBO:	-	CARGA DE DISEÑO:	H10-44
AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	1976 - 1979	ALINEAMIENTO:	Recto

**DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ELEMENTO.**

LOSA TIPO:	<u>Madera</u>	CABLES PRINCIPALES	<u>No tiene</u>
VIGAS:	<u>Acero Laminadas</u>		
ESTRIBOS:			
CICLÓPEO	<input type="checkbox"/>	CONCRETO ARMADO	<input checked="" type="checkbox"/>
		MUROS Y ALETAS	<u>Si</u>
PILAS:			
CICLÓPEO	<input type="checkbox"/>	CONCRETO ARMADO	<input type="checkbox"/>
		MADERA	<input checked="" type="checkbox"/>
FUNDACIONES:	<u>Profundas (pilotes)</u>	CERCHAS:	<u>No tiene</u>
		CORDÓN SUPERIOR:	<u>No tiene</u>
PAVIMENTO:	<u>Concreto Asfáltico</u>		
APOYOS:	<u>Pilas de madera</u>	ARRIOSTRAMIENTO SUPERIOR:	<u>No tiene</u>
JUNTAS:	<u>No tiene</u>	TRAVIESAS:	<u>No tiene</u>
DRENAJES:	<u>No tiene</u>	DIAGONALES:	<u>No tiene</u>
ACERAS:	<u>Caminería de concreto</u>	MONTANTES:	<u>No tiene</u>
BARANDAS:	<u>Metálicas</u>	LARGUEROS:	<u>No tiene</u>
BROCALES:	<u>Concreto</u>		
PERNOS:	<input checked="" type="checkbox"/>	REMACHES	<input type="checkbox"/>
		SOLDADURA	<input checked="" type="checkbox"/>

**EVALUACIÓN BÁSICA DE PUENTES  
INVENTARIO**

**ASPECTOS HIDRÁULICOS**

**RÍO:** RECTO  **RÉGIMEN:** TORRENCIAL  **ESTRUCTURA EN ESVAJE**  **ALINEAMIENTO DEL RÍO EN SITIO DEL PUENTE** RECTO   
 TRENZADO  TRANSICIÓN   SI **CURVA SUAVE**   
 TRANSICIÓN  PLANICIE ALUVIAL   NO **CURVA FUERTE**   
 MEANDROSO

**CAUCE:** DEFINIDO  **MATERIAL DE LECHO:** COHESIVO  NO COHESIVO  PEÑONES   
 INDEFINIDO  GRAVA   
 ARENA

**DEGRADACIÓN DEL CAUCE:**

ACTIVA  **EROSIÓN DE MÁRGENES** ACTIVA  **SOCAVACIÓN LOCAL:** PILAS  TALUDES  SI  
 MEDIA  MEDIA  LOCAL: ESTRIBOS  ACCESOS SOCAVADOS  NO  
 PASIVA  PASIVA

**FLUJO CON INCIDENCIA OBLÍCUA SOBRE:**

PILAS  **NIVEL DE AGUAS MÁX. (APROX.)** 4,44 m **RELACIÓN APROX. LUZ PUENTE/ANCHO RÍO:** 2,80  
 ESTRIBOS

**CRUCE TRANSITABLE:**

SI  **INTERRUPCIÓN CON SOLUCIONES ALTERNAS** DESVÍO LATERAL  **RUTA ALTERNA**  **> 100 KM**   
 NO  **100-50 KM**   
**60-20 KM**   
**< 20 KM**

**EVALUACIÓN BÁSICA DE PUENTES  
INVENTARIO (CONT.)**

**ASPECTOS DEL TRÁFICO**

<u>TIPO DE TRÁFICO</u>	LIVIANO	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>FRECUENCIA DE USO</u>	BAJA	<input type="checkbox"/>
	PESADO	<input type="checkbox"/>		MEDIA	<input checked="" type="checkbox"/>
	> DISEÑO	<input type="checkbox"/>		ALTA	<input type="checkbox"/>

**ASPECTOS SOCIO - ECONÓMICOS Y ESTRATÉGICOS**

<u>VOLÚMEN DE PRODUCCIÓN TRANSPORTADA</u>	ALTO	<input type="checkbox"/>	<u>ZONA</u>	AGRÍCOLA	<input type="checkbox"/>
	MEDIO	<input checked="" type="checkbox"/>		INDUSTRIAL	<input checked="" type="checkbox"/>
	BAJO	<input type="checkbox"/>		TURÍSTICA	<input type="checkbox"/>
				SERVICIO	<input type="checkbox"/>

**AGRESIVIDAD DEL MEDIO**

<u>TIPO DE AGENTE</u>						
AGRESIVO	<u>AMBIENTAL</u>	DAÑO QUE CAUSA	<u>CORROSIÓN</u>	AGRESIVIDAD:	DÉBIL	<input type="checkbox"/>
					MEDIA	<input type="checkbox"/>
					FUERTE	<input checked="" type="checkbox"/>

**MANTENIMIENTO**

BUENO	<input type="checkbox"/>	REGULAR	<input type="checkbox"/>	MALO	<input checked="" type="checkbox"/>
-------	--------------------------	---------	--------------------------	------	-------------------------------------

**ACTIVIDAD SÍSMICA**

ZONA 0, 1, 2	<input type="checkbox"/>	ZONA 3, 4	<input checked="" type="checkbox"/>	ZONA 5,6,7	<input type="checkbox"/>
--------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------	------------	--------------------------

PUENTES METÁLICOS

PLANILLA DE LEVANTAMIENTO Y CALIFICACIÓN DE DAÑOS				PÁG:	1/10		
NOMBRE PTE: Lagunillas LG-8		No. EVAL: 1	VIA: Carretera Nacional	PROG:			
ENTIDAD FEDERAL: Zulia		TRAMO: Lagunillas - Ciudad Ojeda					
ELEMENTO	DAÑO	MATRIZ DE CALIFICACIÓN			CALIF. DAÑO	INDICADOR	
CARPETA DE RODAMIENTO MÁX. CATEG. I Y II	AGRIETAMIENTO		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	40	1
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	40		
		MUCHO	40	40	40		
	DETERIORO DEL MATERIAL		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	40	2
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	40		
		MUCHO	40	40	40		
	DEFORMACIÓN		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	40	3
POCO		1	1	40			
ALGO		1	40	40			
MUCHO		40	40	40			
MADERA DEL TABLERO	AGRIETAMIENTO		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	40	4
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
		MUCHO	40	1600	1600		
	DEFLEXIONES		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	5
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
		MUCHO	40	1600	1600		
	DETERIORO DEL MATERIAL		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1600	6
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
		MUCHO	40	1600	1600		
SUBTOTAL (S)					1761		

**PUENTES METÁLICOS**

PLANILLA DE LEVANTAMIENTO Y CALIFICACIÓN DE DAÑOS				PÁG:	2/10		
NOMBRE PTE: Lagunillas LG-8		No. EVAL: 1	VÍA: Carretera Nacional	PROG:			
ENTIDAD FEDERAL: Zulia		TRAMO: Lagunillas - Ciudad Ojeda					
ELEMENTO	DAÑO	MATRIZ DE CALIFICACIÓN			CALIF. DAÑO	INDICADOR	
BARANDAS MÁX. CATEG. I	DETERIORO		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	7
		POCO	1	1	1		
		ALGO	1	1	1		
		MUCHO	1	1	1		
EN VIGAS METÁLICAS ENTRAMADO DEL TABLERO	FISURACIONES		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	NA	8
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	40		
	DEFLEXIONES Y/O DEFORMACIONES		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	40	9
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
	DETERIORO DE LAS UNIONES		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	40	10
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
	DETERIORO DEL MATERIAL		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1600	11
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
SUBTOTAL (S)					3442		

PUENTES METÁLICOS

PLANILLA DE LEVANTAMIENTO Y CALIFICACIÓN DE DAÑOS				PÁG:	4/10		
NOMBRE PTE: Lagunillas LG-8		No. EVAL:	1	VIA: Carretera Nacional	PROG:		
ENTIDAD FEDERAL: Zulia		TRAMO: Lagunillas - Ciudad Ojeda					
ELEMENTO	DAÑO	MATRIZ DE CALIFICACIÓN			CALIF. DAÑO	INDICADOR	
RIOSTRA SUPERIOR	FISURACIÓN		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	NA <input type="text"/>	17
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
		MUCHO	40	1600	1600		
	DEFLEXIONES Y/O DEFORMACIONES		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	NA <input type="text"/>	18
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
		MUCHO	40	1600	1600		
	DETERIORO DE LAS UNIONES		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	NA <input type="text"/>	19
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
		MUCHO	40	1600	1600		
	DETERIORO DEL MATERIAL		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	NA <input type="text"/>	20
		POCO	1	1	40		
		ALGO	1	40	1600		
		MUCHO	40	1600	1600		
SUBTOTAL (S)					3524		

PUENTES METÁLICOS

PLANILLA DE LEVANTAMIENTO Y CALIFICACIÓN DE DAÑOS				PÁG:	5/10			
NOMBRE PTE:		Lagunillas LG-8	No. EVAL:	1	VÍA:	Carretera Nacional	PROG:	
ENTIDAD FEDERAL:		Zulia	TRAMO:		Lagunillas - Ciudad Ojeda			
ELEMENTO	DAÑO	MATRIZ DE CALIFICACIÓN			CALIF. DAÑO	INDICADOR		
DISPOSITIVOS DE APOYOS Y JUNTAS	ASIENTO DE VIGAS		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	21	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	DEFORMACIONES		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	22	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	DETERIORO DEL MATERIAL		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	23	
POCO		1	1	40				
ALGO		1	40	1600				
MUCHO		40	1600	1600				
PILAS	ASENTAMIENTO Y/O ROTACIÓN		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	40	24	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	AGRIETAMIENTO		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1600	25	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	DETERIORO DEL MATERIAL		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1600	26	
POCO		1	1	40				
ALGO		1	40	1600				
MUCHO		40	1600	1600				
SUBTOTAL (S)					6767			

PUENTES METÁLICOS

PLANILLA DE LEVANTAMIENTO Y CALIFICACIÓN DE DAÑOS				PAG:	6/10			
NOMBRE PTE:		Lagunillas LG-8	No. EVAL:	1	VIA:	Carretera Nacional	PROG:	
ENTIDAD FEDERAL:		Zulia	TRAMO:	Lagunillas - Ciudad Ojeda				
ELEMENTO	DAÑO	MATRIZ DE CALIFICACIÓN				CALIF. DAÑO	INDICADOR	
ESTRIBOS	ASENTAMIENTO Y/O ROTACIÓN		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	27	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	AGRIETAMIENTO		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	28	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	DETERIORO DEL MATERIAL		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	29	
POCO		1	1	40				
ALGO		1	40	1600				
MUCHO		40	1600	1600				
ALETAS O MUROS DE RETORNO	ASENTAMIENTO Y/O ROTACIÓN		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	30	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	AGRIETAMIENTO		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	31	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	DETERIORO DEL MATERIAL		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	32	
POCO		1	1	40				
ALGO		1	40	1600				
MUCHO		40	1600	1600				
SUBTOTAL (S)					6773			

**PUENTES METÁLICOS**

PLANILLA DE LEVANTAMIENTO Y CALIFICACIÓN DE DAÑOS				PÁG:	8/10			
NOMBRE PTE:		Lagunillas LG-8	No. EVAL:	1	VIA:	Carretera Nacional	PROG:	
ENTIDAD FEDERAL:		Zulia	TRAMO:		Lagunillas - Ciudad Ojeda			
ELEMENTO	DAÑO	MATRIZ DE CALIFICACIÓN				CALIF. DAÑO	INDICADOR	
ACCESOS	SOCAVACIÓN GENERAL: FONDO Y MARGEN		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	38	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
	SOCAVACIÓN GENERAL: PILAS Y ESTRIBOS		NO GRAVE	MEDIAN. GRAVE	GRAVE	1	39	
		POCO	1	1	40			
		ALGO	1	40	1600			
		MUCHO	40	1600	1600			
SUMA TOTAL: (S)					6858			
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DAÑOS DE LOS FACTORES ESTÁTICOS PARA LA FECHA DE LA EVALUACIÓN FECHA: 01 / 06 / 2015								
N° DE INDICADORES (I)=		33	N =		34	INDICADORES CRÍTICOS		
SI 0<=S<=39	EL ÍNDICE DE DAÑOS ES 1 EL PUENTE NO REQUIERE REPARACIÓN PUENTE PARA SER INCLUIDO EN: *PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO*							
SI 40<=S<=1599	EL ÍNDICE DE DAÑOS ES 2 EL PUENTE REQUIERE REPARACIÓN NO URGENTE PUENTE PARA SER INCLUIDO EN: *PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO*							
1600<=S<=63960	EL ÍNDICE DE DAÑOS ES 3 EL PUENTE REQUIERE REPARACIÓN URGENTE *PUENTE PARA PROGRAMA DE EMERGENCIA*					6858		

Hidráulica del sitio:



**Figura 25. Canal de aguas de lluvia.** En la imagen de la izquierda se muestra el canal aguas arriba del puente. Se observa en la misma imagen tres tuberías azules las cuales descargas aguas contaminadas con hidrocarburos al canal. En la imagen de la derecha se muestra el canal aguas abajo del puente. *Nota: Datos tomados del autor (2014).*

Señalizaciones:

El puente no presenta avisos de señalización de restricción de carga, límite de velocidad, entre otros.

Evaluación detallada del puente:

Evaluación del puente en su condición original:

Para la revisión de la estructura del puente se utilizó la Norma AASHTO Standard, en el cual se realizó la revisión de una viga longitudinal utilizando el camión de diseño (por canal) desde el más pesado hasta el menos pesado para conocer la capacidad de carga del puente. El camión de diseño se pasó a través de cada viga longitudinal con incrementos de 1,00 metro, esto con el propósito de conseguir la posición del camión que causa el mayor momento o el mayor corte sobre la viga. Posteriormente se lleva a cabo una simulación de todo el puente para evaluar el comportamiento global de la

estructura. Este análisis estructural se realiza suponiendo que el puente sea nuevo (condición original), es decir, que los miembros estructurales se encuentren en buen estado y completos.

Materiales utilizados:

- Acero Estructural:

El Acero estructural para los perfiles se considera calidad ASTM A-36, Tensión de Fluencia  $F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ .

- Madera:

Módulo de elasticidad =  $112593,00 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Poisson = 0,25

Densidad =  $700 \text{ kg/m}^3$

Coefficiente térmico =  $5,4 \times 10^{-6}$

Amortiguamiento crítico = 0,01

Acciones:

Acciones Permanentes: se consideran las siguientes:

Peso propio de la estructura. En el Staad Pro se coloca con el comando selfweight.

Peso de la madera en el tablero.  $0.20 \text{ m} \cdot 700 \text{ kg/m}^3 = 140 \text{ kg/m}^2$ . Para colocar esta carga en el programa se multiplica  $140 \text{ kg/m}^2$  por el ancho tributario el cual es de 1,60 m, lo que resulta una carga distribuida de  $224 \text{ kg/m}$ .

Peso del concreto asfáltico en el tablero.  $0.10 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 240 \text{ kg/m}^2$ . Para colocar esta carga en el programa se multiplica  $240 \text{ kg/m}^2$  por el ancho tributario el cual es de 1,60 m, lo que resulta una carga distribuida de  $384 \text{ kg/m}$ .

#### Acciones del Camión de Diseño:

Los camiones de diseño utilizados durante la revisión estructural fueron los siguientes:

H20S16:      ↓      ↓      ↓  
                 14516   14516   3628

H20-44:      ↓      ↓  
                 14516   3628

H15-44:      ↓      ↓  
                 10887   2721

H10-44:      ↓      ↓  
                 7258   1814

Los pesos mostrados corresponden al peso completo por eje. La separación entre ejes de carga es igual a 4,27m.

Para cargar cada viga longitudinal en el programa de cálculo, se multiplica cada eje de carga por el factor de distribución  $S/3.32 = 1,60 / 3.32 = 0.48$  (se tomó 0,50) y por el factor de impacto  $I = 15 / (L + 38) = 15 / (45.81 + 38) = 0.18$  (1,18), lo cual resulta: Peso del camión por eje\*0.50\*1.18.

#### Acciones Horizontales de Frenado:

La carga horizontal de frenado corresponde al 5% de la carga viva del camión de diseño aplicada en cada canal de circulación a una altura de 1.83 m (Norma AASHTO Standard 3.9), lo que indica que se debe aplicar una carga horizontal y un momento en el tablero del puente. Para colocar esta carga en el programa de cálculo, se multiplica 9072,00 kg (peso del camión

H10-44) por 5% y se dividió entre las tres (03) vigas que conforman cada canal, resultando 152,00 kg, luego al multiplicar este resultado por 1.83 m se obtiene un momento de 276,70 kg-m.

Acciones Horizontales por Corriente de Agua:

La carga horizontal por corriente de agua se determina de acuerdo a la Norma API RP 2A-LRFD, (sección C.3.5.1 y C.3.2.4) de la siguiente manera:

$C_D$ : factor de bloqueo de corriente = 0,90

$\gamma$ : peso unitario del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

V: velocidad de la corriente = 5,00 m/s

A: área proyectada normal al eje del cilindro por unidad de longitud (diámetro (D) para cilindros circulares = 0,30 m<sup>2</sup>).

g: aceleración de la gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$P = C_D * \frac{\gamma}{2 * g} * V^2 * A = 0,90 * \frac{1000}{2 * 9,81} * (5,00)^2 * 0,30 = 345 \text{ kg / m}$$

Acciones de Viento:

Se considera la acción del viento actuando perpendicular sobre la estructura (viento lateral), basada en las normas COVENIN 2003 y en la Norma PDVSA 90615.1.012. Algunos parámetros considerados para el cálculo de la carga de viento son:

- Localización: Lagunillas
- Velocidad del Viento : 100 km/h
- Tipo de Exposición: C
- Forma de la estructura: Cuadrada.
- Largo : 45,00 m
- Alto: 0,50 m

$$\phi = \text{Relación Largo / Alto} = 45,00 / 0,50 = 90$$

Coefficiente de forma del equipo (Cs): Cuadrado y con  $f > 25 = 1,50$  (PDVSA 90615.1.012, tabla I, página 4).

La presión efectiva (qefect tabla) por viento para una velocidad de 160 km/h (100 MPH) =  $185 \text{ kg/m}^2$  (PDVSA 90615.1.012, tabla III, página 5).

La presión efectiva real (qefect real) por viento para una velocidad de 100 km/h (62,14 MPH) =  $185 \text{ kg/m}^2$  (PDVSA 90615.1.012, tabla III, página 6).

La presión efectiva de diseño (V) =  $qefect \text{ real} * Cs = 185 * 1,50 = 277,50 \text{ kg/m}^2$ . Esta carga resultante al compararla con la mínima indicada por el MTC ( $245 \text{ kg/m}^2$ ), resulta mayor y más desfavorable, por lo tanto es la seleccionada para el cálculo. Para aplicar esta carga directamente en el programa de cálculo, se utiliza la función wind definitions, se coloca una carga de  $280 \text{ kg/m}^2$  aplicada a toda la estructura abierta.

#### Acciones Sísmicas:

Los movimientos sísmicos de diseño actúan simultáneamente en tres (03) direcciones ortogonales entre si: dos (02) horizontales y la dirección vertical, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Sismo en X: } 100\% S_x + 30\% S_y + 30\% S_z$$

$$\text{Sismo en Y: } 30\% S_x + 100\% S_y + 30\% S_z$$

$$\text{Sismo en Z: } 30\% S_x + 30\% S_y + 100\% S_z$$

Como se aplica el método de análisis modal, el número de modos a incorporar debe ser tal que la suma de sus masas participativas no sea menor que el 90% de la masa total de la estructura.

La masa sísmica incluida corresponde al peso propio de la estructura tal como lo indica Arnal (2000).

Para obtener el espectro de diseño, se siguen los siguientes pasos:

$$R = 2$$

Tipo de suelo = S3

$$\varphi = 0,70$$

$$A_0 = 0,20 \cdot g$$

Zona sísmica = 3

Tipo de estructura = I (Norma, sección 6.3.1)

Grupo = B2 (Norma, sección 6.1.1)

Nivel de diseño = ND3

$$\alpha = 1,00 \text{ (Norma, tabla 6.1)}$$

$$T^* = 1,00 \text{ (Norma, tabla 7.1)}$$

$$\beta = 2,80 \text{ (Norma, tabla 7.1)}$$

$$\rho = 1,00 \text{ (Norma, tabla 7.1)}$$

Como  $R < 5$ , entonces se aplica la siguiente fórmula (Norma, tabla 7.2):

$$\text{Si } R < 5 \rightarrow T^+ = 0.1 \cdot (R - 1)$$

$$T^+ = 0.1 \cdot (2 - 1) = 0,10 \text{ s}$$

Ahora bien,

$$T_0 = \frac{T^*}{4} = \frac{1,00 \text{ s}}{4} = 0,25 \text{ s}$$

Por lo tanto, en la Norma, tabla 7.2, se indica que se debe cumplir la siguiente relación:

$$T_0 \leq T^+ \Rightarrow 0,25 < 0,10 \text{ OK}$$

$$c = \sqrt[4]{\frac{R}{\beta}} = \sqrt[4]{\frac{2}{2,80}} = 0,92$$

En la Norma, sección 7.2, se indican las fórmulas para determinar los espectros de respuesta elástico e inelástico ( $R = 3$ ). Para obtener el espectro, se deben suponer valores de períodos con el propósito de construir dichos espectros de respuesta, de igual manera se deben incluir los períodos ya conocidos para determinar las aceleraciones espectrales. En la tabla 14 se tabulan los períodos y aceleraciones espectrales obtenidas de aplicar las fórmulas que se indican:

Fórmulas para el espectro inelástico (diseño):

$$T < T^+ \quad Ad = \frac{\alpha\phi A_o \left[ 1 + \frac{T}{T^+} (\beta - 1) \right]}{1 + \left( \frac{T}{T^+} \right)^c (R - 1)}$$

$$T^+ \leq T \leq T^* \quad Ad = \frac{\alpha\phi\beta A_o}{R}$$

$$T > T^* \quad Ad = \frac{\alpha\phi\beta A_o}{R} \left( \frac{T^*}{T} \right)^p$$

Fórmulas para el espectro elástico:

$$T < T_0 \quad Ad = \alpha\phi A_o \left[ 1 + \frac{T}{T_0} (\beta - 1) \right]$$

$$T_0 \leq T \leq T^* \quad Ad = \alpha\phi\beta A_o$$

$$T > T^* \quad Ad = \alpha\phi\beta A_o \left( \frac{T^*}{T} \right)^p$$

Tabla 14. *Periodos y aceleraciones elásticos e inelásticos.*

PERIODO	HORIZONTAL		VERTICAL	
	DISEÑO	ELÁSTICO	DISEÑO	ELÁSTICO
	ACELERACIÓN	ACELERACIÓN	ACELERACIÓN	ACELERACIÓN
0	0,1400	0,1400	0,0980	0,0980
0,05	0,1740	0,1904	0,1218	0,1333
0,1	0,1960	0,2408	0,1372	0,1686
0,15	0,1960	0,2912	0,1372	0,2038
0,2	0,1960	0,3416	0,1372	0,2391
0,25	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,3	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,35	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,4	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,45	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,5	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,55	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,6	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,65	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,7	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,75	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,8	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,85	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,9	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
0,95	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
1	0,1960	0,3920	0,1372	0,2744
1,05	0,1867	0,3733	0,1307	0,2613
1,1	0,1782	0,3564	0,1247	0,2495
1,15	0,1704	0,3409	0,1193	0,2386
1,2	0,1633	0,3267	0,1143	0,2287
1,25	0,1568	0,3136	0,1098	0,2195
1,3	0,1508	0,3015	0,1055	0,2111
1,35	0,1452	0,2904	0,1016	0,2033

PERIODO	HORIZONTAL		VERTICAL	
	DISEÑO	ELÁSTICO	DISEÑO	ELÁSTICO
	ACELERACIÓN	ACELERACIÓN	ACELERACIÓN	ACELERACIÓN
1,4	0,1400	0,2800	0,0980	0,1960
1,45	0,1352	0,2703	0,0946	0,1892
1,5	0,1307	0,2613	0,0915	0,1829
1,55	0,1265	0,2529	0,0885	0,1770
1,6	0,1225	0,2450	0,0858	0,1715
1,65	0,1188	0,2376	0,0832	0,1663
1,7	0,1153	0,2306	0,0807	0,1614
1,75	0,1120	0,2240	0,0784	0,1568
1,8	0,1089	0,2178	0,0762	0,1524
1,85	0,1059	0,2119	0,0742	0,1483
1,9	0,1032	0,2063	0,0722	0,1444
1,95	0,1005	0,2010	0,0704	0,1407
2	0,0980	0,1960	0,0686	0,1372
2,05	0,0956	0,1912	0,0669	0,1339
2,1	0,0933	0,1867	0,0653	0,1307
2,15	0,0912	0,1823	0,0638	0,1276
2,2	0,0891	0,1782	0,0624	0,1247
2,25	0,0871	0,1742	0,0610	0,1220
2,3	0,0852	0,1704	0,0597	0,1193
2,35	0,0834	0,1668	0,0584	0,1168
2,4	0,0817	0,1633	0,0572	0,1143
2,45	0,0800	0,1600	0,0560	0,1120
2,5	0,0784	0,1568	0,0549	0,1098

Nota: Datos tomados del autor (2015).

En el programa de cálculo se incorporan los valores correspondientes al espectro de diseño horizontal y vertical en cada uno de los ejes X, Y y Z.

Acciones sobre los Pilotes de Madera:

La acción sobre el pilote de madera a utilizar corresponde a la combinación de carga que genere las solicitaciones más desfavorables.

Los datos de las columnas de madera son los siguientes:

Ancho de la columna (B) = 11,81 pulg (30,00 cm)

Largo de la columna (L) = 11,81 pulg (30,00 cm)

Compresión paralela a la veta  $F_c^* = 1000 \text{ lb/pulg}^2$

Esfuerzo de flexión admisible (Fb):  $1150 \text{ lb/pulg}^2$

Longitud de la columna (Le) = 232,28 pulg

Madera clasificada visualmente ( $K_{CE}$ ) = 0,30

Módulo de Elasticidad (E) =  $1.600.000,00 \text{ lb/pulg}^2$

Madera para sierra (c) = 0,80

Combinaciones de Acciones:

La combinación de acciones se hará según lo establecido en la Norma AASHTO Standard, en la cual se moverá el camión con incrementos de 1,00 metro a lo largo de todo el puente.

$1.3CP + 1.2*2.17CC$

$0.9CP +/- 1.3V$

$1.2CP +/- S$

$0.9CP +/- S$

CP + CC

CP + CF

CP + CR

donde,

CP: Carga permanente

CC: Carga de camión  
CR: Carga de corriente de agua  
CF: Carga horizontal de frenado  
S: Carga por Sismo.  
V: Carga por Viento.

#### Modelo estructural:

El modelo representa el sistema de pórticos ortogonales, formados por vigas de acero sobre losa de fundación de pilotes de madera. El envigado conectado a las columnas será considerado como simplemente apoyado, es decir, que no se deben transmitir momentos de la superestructura a las pilas de madera o acero. Los momentos que se producen en las pilas corresponden a las acciones provenientes del viento, sismo, corrientes de agua, entre otros.

La estructura será analizada por métodos dinámicos, tomando en cuenta los efectos del sismo y viento separadamente. El análisis dinámico se realizará utilizando el programa STAADPRO V8i, basado en el método de los elementos finitos.

#### Control de las flechas en vigas:

Se utilizará  $L/600$  para el control de las flechas en las vigas simplemente apoyadas en los extremos, según lo indicado en la Norma Covenin 1618, tabla C-8.1. Para el caso del tramo de viga de mayor longitud, se tiene una flecha admisible de  $585 / 600 = 1,00$  cm.

#### Resultados:

Luego de realizado el análisis estructural del puente se obtuvieron los siguientes resultados:

Vigas longitudinales:

La viga longitudinal simulada presentó fallas ante las cargas de los camiones H20S16, H20-44 y H15-44, sin embargo, la viga longitudinal se comportó de forma satisfactoria para la carga del camión H10-44, lo cual indica que este puente está diseñado para un camión de diseño de 9072 kg, más un factor de impacto de 18% resulta un total de 10.705,00 kg. Las relaciones demanda / capacidad, así como las flechas provenientes del análisis dinámico lineal se muestran en la tabla 15:

Tabla 15. **Relaciones demanda / capacidad de las vigas longitudinales. Puente en condición original**

<b>Vigas longitudinales (ejes 1 al 6)</b>	<b>Relación demanda / capacidad. Servicio</b>	<b>Relación demanda / capacidad. Cargas mayoradas</b>	<b>Flecha (cargas de servicio), cm</b>
Tramo AB	0,686	1,020	2,703
Tramo BC	0,580	0,875	1,874
Tramo CE	0,457	0,689	1,446
Tramo EF	0,470	0,709	1,509
Tramo FG	0,518	0,780	1,615
Tramo GJ	0,520	0,782	1,620
Tramo JK	0,460	0,696	1,380
Tramo KL	0,658	0,985	2,240

Nota: Datos tomados del autor (2015).

Vigas transversales:

Las vigas transversales mostraron un comportamiento satisfactorio ante las cargas del camión de diseño H10-44. Las relaciones demanda / capacidad de provenientes del análisis dinámico lineal se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. **Relaciones demanda / capacidad de las vigas transversales. Puente en condición original**

Vigas transversales	Tramos	Relación demanda / capacidad. Cargas mayoradas	Observaciones
Viga A	6-5	0,310	Apoyada aparentemente sobre el terreno o estribos
	5-4	0,248	
	4-3	0,250	
	3-2	0,248	
	2-1	0,249	
Viga B	6-5	0,210	Apoyada sobre pilas de madera
	5-4	0,131	
	4-3	0,136	
	3-2	0,134	
	2-1	0,208	
Viga C	6-5	0,249	Apoyada sobre pilas de madera
	5-4	0,152	
	4-3	0,155	
	3-2	0,155	
	2-1	0,246	

<b>Vigas transversales</b>	<b>Tramos</b>	<b>Relación demanda / capacidad. Cargas mayoradas</b>	<b>Observaciones</b>
Viga D	6-5	0,424	Apoyada sobre pilas de acero estructural
	5-4	0,168	
	4-3	0,169	
	3-2	0,144	
	2-1	0,460	
Viga E	6-5	0,472	Apoyada sobre pilas de madera
	5-4	0,279	
	4-3	0,275	
	3-2	0,280	
	2-1	0,470	
Viga F	6-5	0,893	Apoyada sobre pilas de madera
	5-4	0,511	
	4-3	0,481	
	3-2	0,511	
	2-1	0,894	
Viga G	6-5	0,640	Apoyada sobre pilas de madera
	5-4	0,375	
	4-3	0,350	
	3-2	0,373	
	2-1	0,642	
Viga H	6-5	0,416	Apoyada sobre pilas de acero estructural
	5-4	0,158	
	4-3	0,159	
	3-2	0,141	
	2-1	0,480	

<b>Vigas transversales</b>	<b>Tramos</b>	<b>Relación demanda / capacidad. Cargas mayoradas</b>	<b>Observaciones</b>
Viga I	-	-	Esta viga no posee ninguna pila de madera
Viga J	6-5	0,430	Apoyada sobre pilas de acero estructural
	5-4	0,153	
	4-3	0,154	
	3-2	0,148	
	2-1	0,405	
Viga K	6-5	0,218	Apoyada sobre pilas de madera
	5-4	0,135	
	4-3	0,139	
	3-2	0,136	
	2-1	0,213	
Viga L	6-5	0,082	Apoyada aparentemente sobre el terreno o estribos
	5-4	0,250	
	4-3	0,249	
	3-2	0,249	
	2-1	0,314	

Nota: Datos tomados del autor (2015).

Pilas de acero estructural:

Las pilas de acero estructural de diámetros 12" y 16" schedule estándar mostraron un comportamiento satisfactorio ante las cargas del camión de

diseño H10-44. Las relaciones demanda / capacidad de provenientes del análisis dinámico lineal se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. **Relaciones demanda / capacidad de las pilas de acero estructural. Puente en condición original**

Pilas de acero estructural	Relación demanda / capacidad. Cargas mayoradas	Observaciones
D1	0,372	φ 12" Schedule estándar
D2	0,245	
D3	0,246	
D4	0,240	
D5	0,327	
H1	0,355	φ 16" Schedule estándar
H2	0,173	
H3	0,174	
H4	0,170	
H5	0,291	
J1	0,321	φ 12" Schedule estándar
J2	0,243	
J3	0,245	
J4	0,239	
J5	0,331	

Nota: Datos tomados del autor (2015).

Pilas de madera:

De los resultados de la simulación (cargas mayoradas) se obtuvieron los valores provenientes de la carga axial y momento más desfavorable, los cuales son los siguientes:

Carga axial = 14.500,00 kgf.

Momento = 1.500,00 kgf\*m.

Esfuerzo de pandeo de Euler:

$$F_{CE} = \frac{K_{CE} * E}{(Le/L)^2} = \frac{0,30 * 1.600.000,00}{\left(\frac{1,00 * 232,28}{11,81}\right)} = 1240,84 \text{ lb / pulg}^2$$

Factor de estabilidad de la columna:

$$C_p = \frac{1 + (F_{CE} / F_{C*})}{2 * c} - \sqrt{\left(\frac{1 + (F_{CE} / F_{C*})}{2 * c}\right) - \left(\frac{F_{CE} / F_{C*}}{c}\right)}$$

$$C_p = \frac{1 + (1240,84 / 1000)}{2 * 0,80} - \sqrt{\left(\frac{1 + (1240,84 / 1000)}{2 * 0,80}\right) - \left(\frac{1240,84 / 1000}{0,80}\right)} = 0,76$$

Esfuerzo de compresión actuante:

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{14500 \text{ kgf} / 0,454 \text{ lb / kgf}}{(11,81)^2} = 228,99 \text{ lb / pulg}^2$$

Esfuerzo de flexión actuante:

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{(1500 \text{ kgf} - m / 0,454 \text{ lb}) * 39,37 \text{ pulg}}{\left(\frac{(11,81)^3}{6}\right)} = 473,81 \text{ lb / pulg}^2$$

Esfuerzo de compresión admisible:

$$F_c = C_p * F_{C*} = 0,76 * 1000 = 760 \text{ lb / pulg}^2$$

Esfuerzos combinados en la columna:

$$\left(\frac{f_c}{F_c}\right)^2 + \frac{f_b}{F_b * (1 - (f_c / F_{CE}))} \leq 1,00$$

$$\left(\frac{288,99}{760}\right)^2 + \frac{473,81}{1150 * (1 - (288,99 / 1240,84))} = 0,68 \leq 1,00 \text{ OK}$$

Las pilas de madera resultan satisfactorias trabajando a flexocompresión.

Flecha en vigas principales:

Para el tramo más desfavorable, en condiciones de servicio se obtuvo una flecha máxima de 2,703 cm (ver tabla 14), lo cual es superior al máximo admisible indicado por la Norma de 1,00 cm, por lo tanto no resulta satisfactorio para el camión de diseño H10-44.

Evaluación del puente en su condición actual:

Para realizar la evaluación del puente en su condición actual, se aplicará el mismo procedimiento de cálculo del puente en condición original, pero en este caso se calculará el puente sin incluir las pilas de madera de los ejes C1 y G5, que actualmente no se encuentran en sitio. Se consideró el 100% de la inercia de los miembros tanto del acero estructural como de madera.

Los resultados obtenidos indican que las vigas transversales C y G presentan falla debido a la ausencia de las pilas de madera de los ejes C1 y G5. Por lo tanto, las pilas de madera que soportan tales vigas también afectaron sus resultados. El resto de los miembros estructurales tienen los mismos resultados del puente en su condición original. Las relaciones demanda / capacidad provenientes del análisis dinámico lineal se muestra en la tabla 18.

Vigas transversales:

Tabla 18. **Relaciones demanda / capacidad de las vigas transversales. Puente en condición actual**

Vigas transversales	Tramos	Relación demanda / capacidad. Cargas mayoradas	Observaciones
Viga C	6-5	0,274	Ausencia de la pila de madera C1
	5-4	0,168	
	4-3	0,516	
	3-2	3,321	
	2-1	3,979	
Viga G	6-5	1,594	Ausencia de la pila de madera G5
	5-4	1,589	
	4-3	0,888	
	3-2	0,422	
	2-1	0,733	

Nota: Datos tomados del autor (2015).

Pilas de madera:

De los resultados de la simulación (cargas mayoradas) se obtuvieron los valores provenientes de la carga axial y momento más desfavorable, los cuales son los siguientes:

Carga axial = 38.736,00 kgf.

Momento = 1.747,00 kgf\*m.

Esfuerzo de pandeo de Euler:

$$F_{CE} = \frac{K_{CE} * E}{(Le/L)^2} = \frac{0,30 * 1.600.000,00}{\left(\frac{1,00 * 232,28}{11,81}\right)^2} = 1240,84 \text{ lb / pulg}^2$$

Factor de estabilidad de la columna:

$$C_p = \frac{1 + (F_{CE} / F_{C*})}{2 * c} - \sqrt{\left(\frac{1 + (F_{CE} / F_{C*})}{2 * c}\right)^2 - \left(\frac{F_{CE} / F_{C*}}{c}\right)^2}$$

$$C_p = \frac{1 + (1240,84 / 1000)}{2 * 0,80} - \sqrt{\left(\frac{1 + (1240,84 / 1000)}{2 * 0,80}\right)^2 - \left(\frac{1240,84 / 1000}{0,80}\right)^2} = 0,76$$

Esfuerzo de compresión actuante:

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{38736 \text{ kgf} / 0,454 \text{ lb} / \text{kgf}}{(11,81)^2} = 611,73 \text{ lb / pulg}^2$$

Esfuerzo de flexión actuante:

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{(1747 \text{ kgf} - m / 0,454 \text{ lb}) * 39,37 \text{ pulg}}{\left(\frac{(11,81)^3}{6}\right)} = 551,83 \text{ lb / pulg}^2$$

Esfuerzo de compresión admisible:

$$F_c = C_p * F_{C*} = 0,76 * 1000 = 760 \text{ lb / pulg}^2$$

Esfuerzos combinados en la columna:

$$\left(\frac{f_c}{F_c}\right)^2 + \frac{f_b}{F_b * (1 - (f_c / F_{CE}))} \leq 1,00$$

$$\left(\frac{611,73}{760}\right)^2 + \frac{551,83}{1150 * (1 - (611,73 / 1240,84))} = 1,59 \leq 1,00 \text{ Falla}$$

Las pilas de madera adyacentes a las pilas ausentes C1 y G5 presentan fallas trabajando a flexocompresión.

En general, para recuperar el puente Lagunillas LG-8 se deben hacer los siguientes trabajos:

Remover todo el concreto asfáltico.

Remover todos los listones de madera del tablero.

Aplicar limpieza con sandblasting y aplicación de sistema de protección de pintura a todos los componentes metálicos.

Rellenar con soldadura las socavaciones y la falta de material aporte de las juntas soldadas.

Aplicar limpieza y aplicación de sistema de protección de pintura a todas las pilas de madera.

Hincar nuevos pilotes de concreto armado y descartar los pilotes de madera, o en todo caso, hincan los pilotes de madera faltantes C1 y G5.

Instalar nuevos listones de madera en el tablero.

Construir la carpeta de rodamiento de concreto asfáltico.

Aplicar pintura de tráfico para el rayado de las trochas de circulación.

Instalar avisos alusivos para restringir el paso de vehículos pesados sobre el puente.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El camión de diseño del puente Lagunillas LG-8 es el H10-44, cuyo peso es de 9.072,00 kgf más un factor de impacto del 18% resulta una carga total de servicio del camión de 10.704,96 kgf. Cabe destacar que la flecha máxima en el tramo más desfavorable no satisface el valor admisible indicado por la Norma Covenin 1618, sin embargo, esto es para el caso de presentarse la carga de máxima de diseño en el puente.

El puente presenta deterioro, agrietamiento y pérdida de sección significativa en los listones de madera del tablero, así como deterioro, agrietamiento y pérdida de sección del concreto asfáltico. Además presenta corrosión en los miembros de acero estructural y sus respectivas conexiones. Lo dicho anteriormente representa un peligro para los usuarios que a diario circulan por este puente.

Debido a la ausencia actual de las pilas de madera de los ejes C1 y G5, las pilas adyacentes presentan fallas por flexocompresión, debido a que ahora tienen que soportar, adicionalmente, la carga proveniente de la pila ausente. En este mismo orden de ideas, se observa que ha ocurrido asentamiento diferencial de algunas pilas de madera, por lo que la conexión de las vigas transversales con dichas pilas (tipo macho – hembra), en algunos casos, es inexistente.

Las limitaciones del presente trabajo condicionan la evaluación de las pilas de madera, ya que los daños que pueden producirse en la madera en presencia de humedad, pueden ocurrir desde adentro hacia a afuera por los

organismos xilófagos, razón por la cual, queda pendiente para evaluaciones más detalladas, sin embargo, la presencia de aguas contaminadas con hidrocarburos en las pilas de madera, han generado una capa aceitosa con efectos beneficiosos de protección.

Al evaluar la magnitud de los trabajos que se deben realizar para la recuperación del puente en comparación a la construcción de un puente nuevo, aunado a la poca capacidad de carga del mismo, se concluye que es preferible realizar la demolición del puente actual Lagunillas LG-8.

Se recomienda diseñar y construir un nuevo puente con materiales más duraderos en el tiempo que la madera, tal como el concreto armado, y que requieren de menor mantenimiento en comparación a los demás materiales de construcción.

## REFERENCIAS CONSULTADAS

- Alonso, J. (2012). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones*. Caracas, Venezuela: Editorial SIDETUR.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, AASHTO (2002). *Standard Specifications for Highway Bridges*. 17th Edition, Washington.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, AASHTO (2000). *Manual for Condition Evaluation of Bridges*, 2nd Edition. Washington, DC.
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, AISC 360 (2005). *Specification for Structural Steel Building*, Chicago.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. Quinta Edición. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Arnal, E. (2000). *Lecciones de Puentes*. Primera Edición, Caracas.
- Arroyo, G. y Rodríguez, R. (2009). *Evaluación de la Estructura del Puente O'Leary del Municipio Maracaibo*. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Unidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela.
- Camargo, M. (2006). *Reforzamiento del Viaducto N°1, Autopista Caracas-La Guaira. Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, Vol. I, Cap. XIV, Caracas: Consulibris.
- Camejo, V. (2007). *Mantenimiento y Conservación de Obras de Carreteras y Puentes. Aspectos Fundamentales e Hidráulicos*. Segunda Edición. Mérida, Venezuela.
- Capobianco, J. (2009). *Viaducto La Cabrera, Autopista Regional del Centro. Capítulo XIII de: Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, Caracas: Ediciones CITECI-CONSULIBRIS.
- Capúz, R. (2005). *Materiales Orgánicos: Madera*. España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

COMISIÓN TÉCNICA CTXXVIII Transporte, (1997a). *Tipología de los Vehículos de Carga Norma COVENIN 2303:1997*, FONDONORMA, Caracas.

COMISIÓN TÉCNICA CTXXVIII Transporte, (1997b). *Límites de peso para Vehículos de Carga Norma COVENIN 0614:1997*, FONDONORMA, Caracas.

Contreras, M. (2006). *Diques de La Costa Oriental del Lago de Maracaibo (COLM). Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, Vol. I, Cap. IX. Caracas. Consulibris.

COVENIN-MINDUR 2003:1989. *Acciones del Viento Sobre las Edificaciones*. Caracas: Ministerio del Desarrollo Urbano. Dirección General Sectorial de Edificaciones.

COVENIN-MINDUR 2002:1988. *Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. (Provisional)*. Caracas: Ministerio de Desarrollo Urbano. Dirección General Sectorial de Edificaciones.

COVENIN-MINDUR1756:2001-1. *Edificaciones sismorresistentes. Articulado (1ra Revisión)*. Caracas: Fondonorma.

COVENIN-MINDUR 1756:2001-2. *Edificaciones sismorresistentes. Comentarios (1ra Revisión)*. Caracas: Fondonorma.

COVENIN-MINDUR 1618:1998. *Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites (1era revisión)*. Caracas: Fondonorma.

COVENIN-MINDUR 2004:1998. *Terminología de las Normas Covenin – Mindur de Edificaciones*. Caracas: Fondonorma.

Fernández, M. (1984). *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. Segunda Edición. Madrid: Editorial Dossat.

FONDONORMA (2006). *Norma para Estructuras de Concreto Reforzado, COVENIN 1753*, Caracas.

Francheschi, L. y Sanabria, J. (2006). *Fallas de puentes por incapacidad o socavación. En: Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, vol. 1, cap. IV. Caracas. CONSULIBRIS.

Fratelli, M. (2003). *Diseño de Estructuras Metálicas. Estados Límites LRFD*. Caracas.

- Fratelli, M. (2005). *Temas Especiales de Estructuras Metálicas. Estados Límites LRFD*. Caracas.
- Guerra, A. (2013). *Diseñar un Plan de Mantenimiento Correctivo – Preventivo Vial Programado de la Autopista Francisco Fajardo Tramo Caricuao – Puente los Leones Caracas*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Nueva Esparta. Caracas, Venezuela.
- Grases, J., Gutierrez, A. y Salas, R. (2012). *Vulnerabilidad no Tolerable y Accidentes. Casos y Lecciones en la Ingeniería Estructural*. Capítulo X. Academia Nacional de la Ingeniería del Hábitat y Vivienda. Caracas.
- Grases, J., Gutierrez, A. y Salas, R. (2012). *Puentes en Venezuela: Una Historia Incompleta*. Capítulo XIII, Academia Nacional de la Ingeniería del Hábitat y Vivienda. Caracas.
- Henneberg, G. (2009). *Destrucción y Reconstrucción del Puente Rafael Urdaneta sobre el Lago de Maracaibo. En: Entre Siglo y Siglo, Décimo Aniversario de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*. Caracas.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista P. (2006). *Metodología de la Investigación*, Cuarta Edición. México: McGraw-Hill.
- Hernández, H. y Espejo, E. (2002). *Mecánica de Fractura y Análisis de Falla*. Colombia: Editorial el Malpensante S.A.
- Jeffus, L. y Rowe, R. (2008). *Manual de Soldadura GMAW (MIG – MAG)*. España: Editorial Cengage Learning.
- Jeffus, L. (2009). *Soldadura, Principios y Aplicaciones*. Quinta Edición. España: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Lobo, W. (1986). *Norma venezolana para el diseño sismo-resistente de puentes*. Propuesta para la Dirección de Estudios y Proyectos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Mérida, Venezuela.
- Lobo, W. (2009). *Rehabilitación y reforzamiento estructural del Puente Tazón II. Autopista Regional del Centro. Capítulo XII de: Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*. Caracas: Ediciones CITECI-CONSULIBRIS.
- López, J., Rojas, A. y Martínez, L. (1993). *Patología de Puentes del Municipio Vargas D.F.* Trabajo para optar al título de Ingeniero Civil,

Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Mata, L. (2007). *Guía Práctica de Ejecución y Supervisión de Obras. Inspección y Residencia de Obras, Calidad*. Caracas, Venezuela: Editorial Ingeniería Laing, C.A.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. (1998). *Recomendaciones sobre los Parámetros de Diseño Estructural a Utilizar en los Futuros Proyectos de Puentes en Zonas de Apertura Petrolera*.

Noel, V. (s.f.). *Caminos para un Ingeniero Civil. Introducción al Estudio de la Corrosión*. Clases de Patología Estructural UCAB 2015.

Ortuño, A. (2006). *Introducción a la Química Industrial*. España: Editorial Reverté.

Paparoni, M. (s.f.). *Documentos de estudio de la asignatura Patología del Programa de Postgrado de Ingeniería Estructural*. UCAB 2015

Parker, H. y Ambrose, J. (2006). *Diseño Simplificado de Estructuras de Madera*. México: Editorial Limusa.

Parra, S. y Sedano, G. (2011). *Desarrollo de una Metodología para la Evaluación de Puentes Existentes*. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Pazos, N. (2006). *Tecnología de los Metales y Procesos de Manufactura*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.

Pérez, R., Nieto, F. y Solórzano, B. (2009). *Estrategia de diseño de los Viaductos del tren ferroviario Caracas-Tuy Medio. Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, Vol. II, Cap. XV. Caracas: Ediciones CITECI-Consulibris.

Pinto, A. (2008). *Comportamiento de Tableros de Puentes no Regulares*. Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

Porrero, J., Ramos, C. y Grases, J. y Velázco, G. (2004). *Manual del Concreto Estructural*. Caracas: Ediciones SIDETUR, Seleccion C.A.,

- Ramírez, O. (2006). *Fundaciones en las Riberas del Lago de Valencia. Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, Vol. I, Cap. X. Caracas: Consulibris.
- Rico, A. y Del Castillo, H. (2005). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Volumen 2. D.F.*, México: Editorial Limusa, S.A.
- Rodríguez, M. (2011). *Instalación de Estructuras de Madera. MAMS0108*. Málaga, España: Editorial Innovación y Cualificación.
- Salcedo, D. (2006). *El deslizamiento de la Ladera Sur del Viaducto N° 1, Autopista Caracas-La Guaira. Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, Vol. I, Cap. XIII. Caracas: Consulibris.
- Sánchez, F. (2002). *Protección Preventiva de la Madera*. Madrid, España: Editorial AITIM.
- Torres, R. (2006). *Afectación de puentes por condiciones de servicio y/o accidentes. En: Capítulo XV de: Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, vol. I. Caracas: Consulibris.
- Torres, B., Martín, F. y Englert, G. (2009). *Proyecto y Construcción del Nuevo Viaducto Caracas-La Guaira. Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, Vol. II, Cap. XIV. Caracas: Ediciones CITECI- Consulibris.
- Torres, R. (2008), *Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado*, Universidad de los Andes. Segunda impresión.
- Troconis, O. y Colaboradores (2009). *Evaluación/rehabilitación del Puente sobre el Lago de Maracaibo. En: Cap. XX de Ingeniería Forense y Estudios de Sitio*, Vol. II. , Caracas: Ediciones CITECI-CONSULIBRIS.
- UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO, UCAB. *Reglamento General de los Estudio de Postgrado*. Caracas.
- Valarino E., Yáber G. y Cemborain M. (2010). *Metodología de la investigación: Paso a Paso* (reimpresión 2011). México: Editorial Trillas.
- Zanni, E. (2008). *Patología de la Madera. Degradación y Rehabilitación de Estructuras de Madera*. Argentina: Editorial Brujas.

**Fuentes digitales:**

Normas de la American Psychological Association, APA (2014). Consultado el 29 de Noviembre de 2014, de [www.normasapa.com](http://www.normasapa.com).

Bracho, O. (2009). *Lagunillas Histórica. Fuego Maldito que Consumió a Lagunillas de Agua en 1939*. Consultado el 29 de Noviembre de 2014, de [www.cronicasdelacol.com](http://www.cronicasdelacol.com).

## Cronograma de Actividades

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 1
1	PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO	211 días	vie 03/10/14	vie 24/07/15						
2	FASES METODOLÓGICAS	211 días	vie 03/10/14	vie 24/07/15						
3	FASE I: ANTEPROYECTO	46 días	vie 03/10/14	vie 05/12/14						
4	Planteamiento el problema	8 días	vie 03/10/14	mar 14/10/14						
5	Antecedentes	5 días	mié 15/10/14	mar 21/10/14	4					
6	Título	1 día	mié 15/10/14	mié 15/10/14	4					
7	Objetivo general	1 día	mié 22/10/14	mié 22/10/14	4,5,6					
8	Objetivos específicos	1 día	jue 23/10/14	jue 23/10/14	7					
9	Justificación	4 días	mié 15/10/14	lun 20/10/14	4					
10	Límites y alcance	1 día	mar 21/10/14	mar 21/10/14	9					
11	Resumen	1 día	jue 23/10/14	jue 23/10/14	7					
12	Palabras clave	1 día	vie 24/10/14	vie 24/10/14	11					
13	Marco metodológico	4 días	vie 24/10/14	mié 29/10/14	11					
14	Bases teóricas	25 días	mar 28/10/14	lun 01/12/14	10					
15	Glosario de Términos	2 días	mar 02/12/14	mié 03/12/14	14					
16	Bibliografía	1 día	mié 22/10/14	mié 22/10/14	10					
17	Introducción	2 días	jue 04/12/14	vie 05/12/14	15					
18	FASE II: RECOLECCIÓN DE DATOS	20 días	lun 06/04/15	vie 01/05/15						
19	Preparar los criterios de evaluación del puente utilizando la metodología del MPPTC	5 días	lun 06/04/15	vie 10/04/15	3FC+85 días					
20	Realizar visita de inspección visual para la recolección de datos	5 días	lun 13/04/15	vie 17/04/15	19					
21	Tomar fotografías	5 días	lun 13/04/15	vie 17/04/15	19					
22	Tomar apuntes	5 días	lun 13/04/15	vie 17/04/15	19					
23	Llenar tablas de evaluación en base a los criterios de evaluación.	10 días	lun 20/04/15	vie 01/05/15	20,21,22					
24	FASE III: ANÁLISIS O PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	60 días	lun 04/05/15	vie 24/07/15						
25	Presentar las causas del deterioro del puente.	10 días	lun 04/05/15	vie 15/05/15	23					
26	Procesar la información a través del índice de vulnerabilidad del puente	10 días	lun 18/05/15	vie 29/05/15	25					
27	Realizar la evaluación detallada del puente utilizando el programa de cálculo estructural Staad Pro V8 I	20 días	lun 01/06/15	vie 26/06/15	26					
28	Indicar una acción correctiva, bien sea demoler o rehabilitar el puente.	10 días	lun 29/06/15	vie 10/07/15	27					
29	Conclusiones	5 días	lun 13/07/15	vie 17/07/15	28					
30	Recomendaciones	5 días	lun 20/07/15	vie 24/07/15	29					

Proyecto: Proyect1 Fecha: jue 16/04/15	Tarea  Hito  Tareas externas	División  Resumen  Hito externo	Progreso  Resumen del proyecto  Fecha límite
---	------------------------------	---------------------------------	--

Página 1

## Asesoría Técnica del Profesor Guillermo Bonilla

← + ! 🗑️ 📁 📧 Más 40 de muchos

Consulta Recibidos x

**Danny Andara** <dannyandara@gmail.com> 30 de oct.  
para Guillermo

Buenas noches Profesor,  
Gracias por su respuesta. Actualmente estoy cursando la materia seminario y el objetivo de la materia es entregar el anteproyecto para finales de noviembre

A continuación le adjunto una presentación.

Saludos cordiales

...



← + ! 🗑️ 📁 📧 Más 40 de muchos

**Guillermo Bonilla** 31 de oct.  
para mí

Bien Danny acabo de ver el material.

Hay muchos aspectos que analizar y requiero fotografías más cercanas del sistema portante.

Si estuviéramos hablando de un proyecto de patología que nos fuera contratado a la UCAB, desarrollaríamos:

- 1- Caracterización ambiente (temperatura / humedad ambiente/ niveles lluvia y otros)
- 2- Dimensionamiento y levantamiento topográfico.
- 3- Caracterización de miembros estructurales, infraestructura, estructura propiamente, carpeta de rodamiento
- 4- Evaluación de las condiciones de los miembros en madera (Deterioro biológico, invasión de insectos, etc)
- 5- Evaluación de condiciones de miembros a flexión (Corrosión si es de acero, soldaduras, sistema de apernado, etc)
- 6- Evaluación condiciones (tipo de fallas) carpeta de rodamiento

Adicionalmente

Se requiere documentación total o lo que su pueda del proyecto y construcción

Verificar condiciones de carga y propiedades de materiales del proyecto

Análisis de la estructura bajo sus condiciones originales (preferible elementos finitos, pero no es obligatorio)  
Idem bajo condiciones originales (solicitaciones) y dimensionado actual con las disminuciones que hayan sido evaluadas en la patología

Idem bajo normas actuales (trenes de carga, sismos, etc)

Determinación si es necesario reforzar. Dónde y cómo.

En forma general esto es lo que se haría; que no quiere decir que sea exactamente lo que deba ser realizado en un TEG.

Ahora bien, lo que debes realizar depende mucho de las herramientas con que cuentas y sobre todo de lo que el tutor desee que sea realizado.

APÉNDICE C

**Simulaciones estructurales del puente Lagunillas LG-8 utilizando el  
programa Staad Pro V8i**

**Viga longitudinal del puente en condición de servicio (Chequeo de la  
flecha)**

STAAD SPACE  
START JOB INFORMATION  
ENGINEER DATE 30-May-14  
END JOB INFORMATION  
INPUT WIDTH 79  
UNIT METER KG  
JOINT COORDINATES  
1 0 0 0; 2 5.85 0 0; 3 11.79 0 0; 4 17.25 0 0; 5 22.79 0 0; 6 28.45 0 0;  
7 34.15 0 0; 8 39.59 0 0; 9 45.01 0 0;  
MEMBER INCIDENCES  
1 1 2; 2 2 3; 3 3 4; 4 4 5; 5 5 6; 6 6 7; 7 7 8; 8 8 9;  
START USER TABLE  
TABLE 1  
UNIT METER KG  
WIDE FLANGE  
I50X16.5  
0.012768 0.5 0.016 0.165 0.016 0.000446002 1.21387e-005 1.08954e-006 -  
0.008 0.00528  
END  
DEFINE MATERIAL START  
ISOTROPIC STEEL  
E 2.09042e+010  
POISSON 0.3  
DENSITY 7833.41  
ALPHA 1.2e-005  
DAMP 0.03  
END DEFINE MATERIAL  
MEMBER PROPERTY AMERICAN  
1 TO 8 UPTABLE 1 I50X16.5  
CONSTANTS  
MATERIAL STEEL ALL  
SUPPORTS

1 TO 9 PINNED  
DEFINE MOVING LOAD  
TYPE 2 LOAD 7258 1814  
DIST 4.27  
LOAD 1 LOADTYPE None TITLE PESO PROPIO  
SELFWEIGHT Y -1 LIST 1 TO 8  
MEMBER LOAD  
1 TO 8 UNI GY -384  
1 TO 8 UNI GY -224  
LOAD 2 LOADTYPE None TITLE CAMION H10  
LOAD GENERATION 54 ADD LOAD 1  
TYPE 2 -4.27 0 0 XINC 1  
PERFORM ANALYSIS  
UNIT CM KG  
PARAMETER 1  
CODE AISC  
FYLD 2530 ALL  
CHECK CODE ALL  
FINISH

**Viga longitudinal del puente con cargas mayoradas (Diseño de la viga)**

STAAD SPACE  
START JOB INFORMATION  
ENGINEER DATE 30-May-14  
END JOB INFORMATION  
INPUT WIDTH 79  
UNIT METER KG  
JOINT COORDINATES  
1 0 0 0; 2 5.85 0 0; 3 11.79 0 0; 4 17.25 0 0; 5 22.79 0 0; 6 28.45 0 0;  
7 34.15 0 0; 8 39.59 0 0; 9 45.01 0 0;  
MEMBER INCIDENCES  
1 1 2; 2 2 3; 3 3 4; 4 4 5; 5 5 6; 6 6 7; 7 7 8; 8 8 9;  
START USER TABLE  
TABLE 1  
UNIT METER KG  
WIDE FLANGE  
I50X16.5

0.012768 0.5 0.016 0.165 0.016 0.000446002 1.21387e-005 1.08954e-006 -  
0.008 0.00528  
END  
DEFINE MATERIAL START  
ISOTROPIC STEEL  
E 2.09042e+010  
POISSON 0.3  
DENSITY 7833.41  
ALPHA 1.2e-005  
DAMP 0.03  
END DEFINE MATERIAL  
MEMBER PROPERTY AMERICAN  
1 TO 8 UPTABLE 1 I50X16.5  
CONSTANTS  
MATERIAL STEEL ALL  
SUPPORTS  
1 TO 9 PINNED  
DEFINE MOVING LOAD  
TYPE 2 LOAD 11151 2787  
DIST 4.27  
LOAD 1 LOADTYPE None TITLE PESO PROPIO  
SELFWEIGHT Y -1.3 LIST 1 TO 8  
MEMBER LOAD  
1 TO 8 UNI GY -292  
1 TO 8 UNI GY -500  
LOAD 2 LOADTYPE None TITLE CAMION H10  
LOAD GENERATION 54 ADD LOAD 1  
TYPE 2 -4.27 0 0 XINC 1  
PERFORM ANALYSIS  
UNIT CM KG  
PARAMETER 1  
CODE AISC  
FYLD 2530 ALL  
CHECK CODE ALL  
FINISH

**Puente completo en su condición original (Diseño de las vigas transversales, pilotes de acero, y comportamiento del conjunto).**

STAAD SPACE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 28-May-14

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KG

JOINT COORDINATES

1 0 0 0; 2 5.852 0 0; 3 11.743 0 0; 4 17.255 0 0; 5 22.791 0 0; 6 28.448 0 0;  
11 1.15 0 1.585; 12 2.31 0 3.19; 13 3.48 0 4.795; 14 4.65 0 6.42;  
15 5.81 0 8.02; 16 7.002 0 1.585; 17 8.162 0 3.19; 18 9.332 0 4.795;  
19 10.502 0 6.42; 20 11.662 0 8.02; 21 12.893 0 1.585; 22 14.053 0 3.19;  
23 15.223 0 4.795; 24 16.393 0 6.42; 25 17.553 0 8.02; 26 18.405 0 1.585;  
27 19.565 0 3.19; 28 20.735 0 4.795; 29 21.905 0 6.42; 30 23.065 0 8.02;  
31 23.941 0 1.585; 32 25.101 0 3.19; 33 26.271 0 4.795; 34 27.441 0 6.42;  
35 28.601 0 8.02; 36 29.598 0 1.585; 37 30.758 0 3.19; 38 31.928 0 4.795;  
39 33.098 0 6.42; 40 34.258 0 8.02; 61 5.852 -2.7 0; 62 7.002 -2.7 1.585;  
63 8.162 -2.7 3.19; 64 9.332 -2.7 4.795; 65 10.502 -2.7 6.42;  
66 11.662 -2.7 8.02; 67 11.662 -1.8 8.02; 68 11.662 -0.9 8.02;  
69 10.502 -1.8 6.42; 70 10.502 -0.9 6.42; 71 9.332 -1.8 4.795;  
72 9.332 -0.9 4.795; 73 8.162 -1.8 3.19; 74 8.162 -0.9 3.19;  
75 7.002 -1.8 1.585; 76 7.002 -0.9 1.585; 77 5.852 -1.8 0; 78 5.852 -0.9 0;  
80 12.893 -4.02 1.585; 81 14.053 -4.02 3.19; 82 15.223 -4.02 4.795;  
83 16.393 -4.02 6.42; 84 17.553 -4.02 8.02; 85 17.255 -5.28 0;  
86 18.405 -5.28 1.585; 87 19.565 -5.28 3.19; 88 20.735 -5.28 4.795;  
89 21.905 -5.28 6.42; 90 23.065 -5.28 8.02; 91 22.791 -8.31 0;  
92 23.941 -8.31 1.585; 93 25.101 -8.31 3.19; 94 26.271 -8.31 4.795;  
95 27.441 -8.31 6.42; 96 28.601 -8.31 8.02; 97 28.448 -8.4 0;  
98 29.598 -8.4 1.585; 99 30.758 -8.4 3.19; 100 31.928 -8.4 4.795;  
102 34.258 -8.4 8.02; 127 34.149 0 0; 128 39.585 0 0; 129 45 0 0;  
130 35.299 0 1.585; 131 36.459 0 3.19; 132 37.629 0 4.795; 133 38.799 0  
6.42;  
134 39.959 0 8.02; 135 40.735 0 1.585; 136 41.895 0 3.19; 137 43.065 0  
4.795;  
138 44.235 0 6.42; 139 45.395 0 8.02; 140 46.15 0 1.585; 141 47.31 0 3.19;  
142 48.48 0 4.795; 143 49.65 0 6.42; 144 50.81 0 8.02; 151 39.585 -3.06 0;

152 40.735 -3.06 1.585; 153 41.895 -3.06 3.19; 154 43.065 -3.06 4.795;  
155 44.235 -3.06 6.42; 156 45.395 -3.06 8.02; 157 12.513 0 0;  
158 13.663 0 1.585; 159 14.823 0 3.19; 160 15.993 0 4.795; 161 17.163 0  
6.42;  
162 18.323 0 8.02; 163 17.743 0 7.22; 164 16.578 0 5.6075; 165 15.408 0  
3.9925;  
166 14.243 0 2.3875; 167 13.088 0 0.7925; 168 17.743 -4.07 7.22;  
169 16.578 -4.07 5.6075; 170 15.408 -4.07 3.9925; 172 13.088 -4.07 0.7925;  
173 29.363 0 0; 174 29.938 0 0.7925; 175 30.513 0 1.585; 176 31.093 0  
2.3875;  
177 31.673 0 3.19; 178 32.258 0 3.9925; 179 32.843 0 4.795;  
180 33.428 0 5.6075; 181 34.013 0 6.42; 182 34.593 0 7.22; 183 35.173 0  
8.02;  
184 34.593 -4.07 7.22; 185 33.428 -4.07 5.6075; 186 32.258 -4.07 3.9925;  
188 29.938 -4.07 0.7925; 189 34.563 0 0; 190 35.138 0 0.7925;  
191 35.713 0 1.585; 192 36.293 0 2.3875; 193 36.873 0 3.19;  
194 37.458 0 3.9925; 195 38.043 0 4.795; 196 38.628 0 5.6075;  
197 39.213 0 6.42; 198 39.793 0 7.22; 199 40.373 0 8.02; 200 39.793 -4.07  
7.22;  
201 38.628 -4.07 5.6075; 202 37.458 -4.07 3.9925; 204 35.138 -4.07 0.7925;  
205 17.553 -3.015 8.02; 206 17.553 -2.01 8.02; 207 17.553 -1.005 8.02;  
208 17.743 -3.0525 7.22; 209 17.743 -2.035 7.22; 210 17.743 -1.0175 7.22;  
211 16.393 -3.015 6.42; 212 16.393 -2.01 6.42; 213 16.393 -1.005 6.42;  
214 16.578 -3.0525 5.6075; 215 16.578 -2.035 5.6075; 216 16.578 -1.0175  
5.6075;  
217 15.223 -3.015 4.795; 218 15.223 -2.01 4.795; 219 15.223 -1.005 4.795;  
220 15.408 -3.0525 3.9925; 221 15.408 -2.035 3.9925; 222 15.408 -1.0175  
3.9925;  
223 14.053 -3.015 3.19; 224 14.053 -2.01 3.19; 225 14.053 -1.005 3.19;  
226 12.893 -3.015 1.585; 227 12.893 -2.01 1.585; 228 12.893 -1.005 1.585;  
229 13.088 -3.0525 0.7925; 230 13.088 -2.035 0.7925; 231 13.088 -1.0175  
0.7925;  
232 14.243 -4.07 2.3875; 233 14.243 -3.0525 2.3875; 234 14.243 -2.035  
2.3875;  
235 14.243 -1.0175 2.3875; 236 23.065 -3.96 8.02; 237 23.065 -2.64 8.02;  
238 23.065 -1.32 8.02; 239 21.905 -3.96 6.42; 240 21.905 -2.64 6.42;  
241 21.905 -1.32 6.42; 242 20.735 -3.96 4.795; 243 20.735 -2.64 4.795;  
244 20.735 -1.32 4.795; 245 19.565 -3.96 3.19; 246 19.565 -2.64 3.19;  
247 19.565 -1.32 3.19; 248 18.405 -3.96 1.585; 249 18.405 -2.64 1.585;

250 18.405 -1.32 1.585; 251 17.255 -3.96 0; 252 17.255 -2.64 0;  
253 17.255 -1.32 0; 254 28.601 -6.925 8.02; 255 28.601 -5.54 8.02;  
256 28.601 -4.155 8.02; 257 28.601 -2.77 8.02; 258 28.601 -1.385 8.02;  
259 27.441 -6.925 6.42; 260 27.441 -5.54 6.42; 261 27.441 -4.155 6.42;  
262 27.441 -2.77 6.42; 263 27.441 -1.385 6.42; 264 26.271 -6.925 4.795;  
265 26.271 -5.54 4.795; 266 26.271 -4.155 4.795; 267 26.271 -2.77 4.795;  
268 26.271 -1.385 4.795; 269 25.101 -6.925 3.19; 270 25.101 -5.54 3.19;  
271 25.101 -4.155 3.19; 272 25.101 -2.77 3.19; 273 25.101 -1.385 3.19;  
274 23.941 -6.925 1.585; 275 23.941 -5.54 1.585; 276 23.941 -4.155 1.585;  
277 23.941 -2.77 1.585; 278 23.941 -1.385 1.585; 279 22.791 -6.925 0;  
280 22.791 -5.54 0; 281 22.791 -4.155 0; 282 22.791 -2.77 0;  
283 22.791 -1.385 0; 284 34.258 -7.2 8.02; 285 34.258 -6 8.02;  
286 34.258 -4.8 8.02; 287 34.258 -3.6 8.02; 288 34.258 -2.4 8.02;  
289 34.258 -1.2 8.02; 290 30.758 -7.2 3.19; 291 30.758 -6 3.19;  
292 30.758 -4.8 3.19; 293 30.758 -3.6 3.19; 294 30.758 -2.4 3.19;  
295 30.758 -1.2 3.19; 296 29.598 -7.2 1.585; 297 29.598 -6 1.585;  
298 29.598 -4.8 1.585; 299 29.598 -3.6 1.585; 300 29.598 -2.4 1.585;  
301 29.598 -1.2 1.585; 302 28.448 -7.2 0; 303 28.448 -6 0; 304 28.448 -4.8 0;  
305 28.448 -3.6 0; 306 28.448 -2.4 0; 307 28.448 -1.2 0;  
308 29.938 -3.0525 0.7925; 309 29.938 -2.035 0.7925; 310 29.938 -1.0175  
0.7925;  
311 32.258 -3.0525 3.9925; 312 32.258 -2.035 3.9925; 313 32.258 -1.0175  
3.9925;  
314 33.428 -3.0525 5.6075; 315 33.428 -2.035 5.6075; 316 33.428 -1.0175  
5.6075;  
317 34.593 -3.0525 7.22; 318 34.593 -2.035 7.22; 319 34.593 -1.0175 7.22;  
320 31.093 -4.07 2.3875; 321 31.093 -3.0525 2.3875; 322 31.093 -2.035  
2.3875;  
323 31.093 -1.0175 2.3875; 324 31.928 -7.2 4.795; 325 31.928 -6 4.795;  
326 31.928 -4.8 4.795; 327 31.928 -3.6 4.795; 328 31.928 -2.4 4.795;  
329 31.928 -1.2 4.795; 330 39.793 -3.0525 7.22; 331 39.793 -2.035 7.22;  
332 39.793 -1.0175 7.22; 333 38.628 -3.0525 5.6075; 334 38.628 -2.035  
5.6075;  
335 38.628 -1.0175 5.6075; 336 37.458 -3.0525 3.9925; 337 37.458 -2.035  
3.9925;  
338 37.458 -1.0175 3.9925; 339 35.138 -3.0525 0.7925; 340 35.138 -2.035  
0.7925;  
341 35.138 -1.0175 0.7925; 342 36.293 -4.07 2.3875; 343 36.293 -3.0525  
2.3875;

344 36.293 -2.035 2.3875; 345 36.293 -1.0175 2.3875; 346 45.395 -2.04  
8.02;  
347 45.395 -1.02 8.02; 348 44.235 -2.04 6.42; 349 44.235 -1.02 6.42;  
350 43.065 -2.04 4.795; 351 43.065 -1.02 4.795; 352 41.895 -2.04 3.19;  
353 41.895 -1.02 3.19; 354 40.735 -2.04 1.585; 355 40.735 -1.02 1.585;  
356 39.585 -2.04 0; 357 39.585 -1.02 0; 358 11.743 -4.02 0;  
359 11.743 -3.015 0; 360 11.743 -2.01 0; 361 11.743 -1.005 0;  
362 33.098 -8.4 6.42; 363 33.098 -7.2 6.42; 364 33.098 -6 6.42;  
365 33.098 -4.8 6.42; 366 33.098 -3.6 6.42; 367 33.098 -2.4 6.42;  
368 33.098 -1.2 6.42;

#### MEMBER INCIDENCES

1 1 2; 2 2 3; 3 3 157; 4 4 5; 5 5 6; 10 1 11; 11 11 12; 12 12 13; 13 13 14;  
14 14 15; 15 2 16; 16 16 17; 17 17 18; 18 18 19; 19 19 20; 20 3 21; 21 21 22;  
22 22 23; 23 23 24; 24 24 25; 25 4 26; 26 26 27; 27 27 28; 28 28 29; 29 29  
30;  
30 5 31; 31 31 32; 32 32 33; 33 33 34; 34 34 35; 35 6 36; 36 36 37; 37 37 38;  
38 38 39; 39 39 40; 60 11 16; 61 16 21; 62 21 158; 63 26 31; 64 31 36;  
69 12 17; 70 17 22; 71 22 159; 72 27 32; 73 32 37; 78 13 18; 79 18 23;  
80 23 160; 81 28 33; 82 33 38; 87 14 19; 88 19 24; 89 24 161; 90 29 34;  
91 34 39; 96 15 20; 97 20 25; 98 25 162; 99 30 35; 100 35 40; 105 66 67;  
106 65 69; 107 64 71; 108 63 73; 109 62 75; 110 61 77; 111 67 68; 112 68  
20;  
113 69 70; 114 70 19; 115 71 72; 116 72 18; 117 73 74; 118 74 17; 119 75  
76;  
120 76 16; 121 77 78; 122 78 2; 123 84 205; 124 83 211; 125 82 217; 126 81  
223;  
127 80 226; 129 90 236; 130 89 239; 131 88 242; 132 87 245; 133 86 248;  
134 85 251; 135 96 254; 136 95 259; 137 94 264; 138 93 269; 139 92 274;  
140 91 279; 141 102 284; 143 100 324; 144 99 290; 145 98 296; 146 97 302;  
180 6 173; 181 127 189; 182 128 129; 188 128 135; 189 135 136; 190 136  
137;  
191 137 138; 192 138 139; 193 129 140; 194 140 141; 195 141 142; 196 142  
143;  
197 143 144; 198 36 175; 199 130 191; 200 135 140; 201 37 177; 202 131  
193;  
203 136 141; 204 38 179; 205 132 195; 206 137 142; 207 39 181; 208 133  
197;  
209 138 143; 210 40 183; 211 134 199; 212 139 144; 219 156 346; 220 155  
348;

221 154 350; 222 153 352; 223 152 354; 224 151 356; 225 157 4; 226 158  
26;  
227 157 167; 228 159 27; 229 158 166; 230 160 28; 231 159 165; 232 161  
29;  
233 160 164; 234 162 30; 235 161 163; 236 163 162; 237 164 161; 238 165  
160;  
239 166 159; 240 167 158; 241 168 208; 242 169 214; 243 170 220; 245 172  
229;  
246 173 127; 247 173 174; 248 175 130; 249 175 176; 250 177 131; 251 177  
178;  
252 179 132; 253 179 180; 254 181 133; 255 181 182; 256 183 134; 257 182  
183;  
258 180 181; 259 178 179; 260 176 177; 261 174 175; 262 184 317; 263 185  
314;  
264 186 311; 266 188 308; 267 189 128; 268 189 190; 269 191 135; 270 191  
192;  
271 193 136; 272 193 194; 273 195 137; 274 195 196; 275 197 138; 276 197  
198;  
277 199 139; 278 198 199; 279 196 197; 280 194 195; 281 192 193; 282 190  
191;  
283 200 330; 284 201 333; 285 202 336; 287 204 339; 288 205 206; 289 206  
207;  
290 207 25; 291 208 209; 292 209 210; 293 210 163; 294 211 212; 295 212  
213;  
296 213 24; 297 214 215; 298 215 216; 299 216 164; 300 217 218; 301 218  
219;  
302 219 23; 303 220 221; 304 221 222; 305 222 165; 306 223 224; 307 224  
225;  
308 225 22; 309 226 227; 310 227 228; 311 228 21; 312 229 230; 313 230  
231;  
314 231 167; 315 232 233; 316 233 234; 317 234 235; 318 235 166; 319 236  
237;  
320 237 238; 321 238 30; 322 239 240; 323 240 241; 324 241 29; 325 242  
243;  
326 243 244; 327 244 28; 328 245 246; 329 246 247; 330 247 27; 331 248  
249;  
332 249 250; 333 250 26; 334 251 252; 335 252 253; 336 253 4; 337 254  
255;

338 255 256; 339 256 257; 340 257 258; 341 258 35; 342 259 260; 343 260  
261;  
344 261 262; 345 262 263; 346 263 34; 347 264 265; 348 265 266; 349 266  
267;  
350 267 268; 351 268 33; 352 269 270; 353 270 271; 354 271 272; 355 272  
273;  
356 273 32; 357 274 275; 358 275 276; 359 276 277; 360 277 278; 361 278  
31;  
362 279 280; 363 280 281; 364 281 282; 365 282 283; 366 283 5; 367 284  
285;  
368 285 286; 369 286 287; 370 287 288; 371 288 289; 372 289 40; 373 290  
291;  
374 291 292; 375 292 293; 376 293 294; 377 294 295; 378 295 37; 379 296  
297;  
380 297 298; 381 298 299; 382 299 300; 383 300 301; 384 301 36; 385 302  
303;  
386 303 304; 387 304 305; 388 305 306; 389 306 307; 390 307 6; 391 308  
309;  
392 309 310; 393 310 174; 394 311 312; 395 312 313; 396 313 178; 397 314  
315;  
398 315 316; 399 316 180; 400 317 318; 401 318 319; 402 319 182; 403 320  
321;  
404 321 322; 405 322 323; 406 323 176; 407 324 325; 408 325 326; 409 326  
327;  
410 327 328; 411 328 329; 412 329 38; 413 330 331; 414 331 332; 415 332  
198;  
416 333 334; 417 334 335; 418 335 196; 419 336 337; 420 337 338; 421 338  
194;  
422 339 340; 423 340 341; 424 341 190; 425 342 343; 426 343 344; 427 344  
345;  
428 345 192; 429 346 347; 430 347 139; 431 348 349; 432 349 138; 433 350  
351;  
434 351 137; 435 352 353; 436 353 136; 437 354 355; 438 355 135; 439 356  
357;  
440 357 128; 441 358 359; 442 359 360; 443 360 361; 444 361 3; 445 362  
363;  
446 363 364; 447 364 365; 448 365 366; 449 366 367; 450 367 368; 451 368  
39;

START USER TABLE

TABLE 1  
 UNIT METER KG  
 WIDE FLANGE  
 I30X12.5  
 0.00474 0.3 0.008 0.125 0.01 6.7218e-005 3.26715e-006 1.3112e-007  
 0.0024 0.0025  
 I30X30  
 0.0159 0.3 0.015 0.3 0.02 0.00025757 9.00731e-005 1.8925e-006 0.0045  
 0.012  
 I50X16.5  
 0.012768 0.5 0.016 0.165 0.016 0.000446002 1.21387e-005 1.08954e-006 -  
 0.008 0.00528  
 END  
 DEFINE MATERIAL START  
 ISOTROPIC STEEL  
 E 2.09042e+010  
 POISSON 0.3  
 DENSITY 7833.41  
 ALPHA 1.2e-005  
 DAMP 0.03  
 ISOTROPIC CONCRETE  
 E 2.21467e+009  
 POISSON 0.17  
 DENSITY 2402.62  
 ALPHA 1e-005  
 DAMP 0.05  
 ISOTROPIC TIMBER  
 E 1.12593e+009  
 POISSON 0.25  
 DENSITY 700  
 ALPHA 5.4e-006  
 DAMP 0.01  
 END DEFINE MATERIAL  
 MEMBER PROPERTY AMERICAN  
 15 TO 39 188 TO 192 UPTABLE 1 I30X12.5  
 10 TO 14 193 TO 197 227 229 231 233 235 TO 240 247 249 251 253 255 -  
 257 TO 261 268 270 272 274 276 278 TO 282 UPTABLE 1 I30X30  
 1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
 TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UPTABLE 1 I50X16.5  
105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 219 TO 224 288 TO 290 294 TO 296  
300 TO 302 -  
306 TO 311 319 TO 390 407 TO 412 429 TO 451 PRIS YD 0.3 ZD 0.3  
241 TO 243 245 283 TO 285 287 291 TO 293 297 TO 299 303 TO 305 312  
TO 318 -  
413 TO 428 TABLE ST PIPS120  
262 TO 264 266 391 TO 406 TABLE ST PIPE OD 0.4064 ID 0.3874  
CONSTANTS  
MATERIAL STEEL MEMB 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -  
97 TO 100 180 TO 182 188 TO 212 225 TO 243 245 TO 264 266 TO 285  
287 -  
291 TO 293 297 TO 299 303 TO 305 312 TO 318 391 TO 406 413 TO 428  
MATERIAL TIMBER MEMB 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 219 TO  
224 288 TO 290 -  
294 TO 296 300 TO 302 306 TO 311 319 TO 390 407 TO 412 429 TO 451  
SUPPORTS  
1 11 TO 15 PINNED  
129 140 TO 144 FIXED BUT FX MX MY MZ  
61 TO 66 80 TO 100 102 151 TO 156 168 TO 170 172 184 TO 186 188 200  
TO 202 -  
204 232 320 342 358 362 FIXED  
MEMBER OFFSET  
10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233 235 TO 240 247 249 251 253 255 -  
257 TO 261 268 270 272 274 276 278 TO 282 START 0 -0.4 0  
10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233 235 TO 240 247 249 251 253 255 -  
257 TO 261 268 270 272 274 276 278 TO 282 END 0 -0.4 0  
MEMBER RELEASE  
2 TO 5 61 TO 64 70 TO 73 79 TO 82 88 TO 91 97 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -  
225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 START MX MY MZ  
1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 181 198 199  
201 202 -  
204 205 207 208 210 211 225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254  
256 267 -  
269 271 273 275 277 END MX MY MZ

DEFINE MOVING LOAD  
TYPE 1 LOAD 4283 1071  
DIST 4.27  
DEFINE WIND LOAD  
TYPE 1  
INT 280 280 HEIG -8.4 0  
EXP 1 JOINT 1 TO 6 11 TO 40 61 TO 78 80 TO 100 102 127 TO 144 151 TO  
170 172 -  
173 TO 186 188 TO 202 204 TO 368  
LOAD 1 LOADTYPE None TITLE PESO PROPIO (CP)  
SELFWEIGHT Y -1 LIST 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -  
97 TO 100 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 180 TO 182 188 TO 212  
219 TO 243 -  
245 TO 264 266 TO 285 287 TO 440  
MEMBER LOAD  
1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -  
225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GY -224  
1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -  
225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GY -384  
LOAD 2 LOADTYPE None TITLE CARGA HORIZONTAL DE FRENADO  
(CF)  
JOINT LOAD  
128 135 TO 139 FX 544.35 MZ -996.16  
LOAD 4 LOADTYPE None TITLE VIENTO LATERAL (V)  
WIND LOAD Z 1 TYPE 1 YR -8.5 0 OPEN  
LOAD 5 LOADTYPE None TITLE SISMO EN X (SX)  
\*MASAS EN X  
SELFWEIGHT X -1 LIST 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -  
97 TO 100 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 180 TO 182 188 TO 212  
219 TO 243 -  
245 TO 264 266 TO 285 287 TO 440  
MEMBER LOAD

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GX -280

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GX -480

\*MASAS EN Y

SELFWEIGHT Y -1 LIST 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -

97 TO 100 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 180 TO 182 188 TO 212  
219 TO 243 -

245 TO 264 266 TO 285 287 TO 440

MEMBER LOAD

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GY -280

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GY -480

\*MASAS EN Z

SELFWEIGHT Z -1 LIST 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -

97 TO 100 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 180 TO 182 188 TO 212  
219 TO 243 -

245 TO 264 266 TO 285 287 TO 440

MEMBER LOAD

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GZ -280

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GZ -480

SPECTRUM CQC X 1 Y 0.3 Z 0.3 ACC SCALE 9.81 DAMP 0.03

0 0.14; 0.05 0.174; 0.1 0.196; 0.15 0.196; 0.2 0.196; 0.25 0.196; 0.3 0.196;  
0.35 0.196; 0.4 0.196; 0.45 0.196; 0.5 0.196; 0.55 0.196; 0.6 0.196;  
0.65 0.196; 0.7 0.196; 0.75 0.196; 0.8 0.196; 0.85 0.196; 0.9 0.196;  
0.95 0.196; 1 0.196; 1.05 0.1867; 1.1 0.1782; 1.15 0.1704; 1.2 0.1633;  
1.25 0.1568; 1.3 0.1508; 1.35 0.1452; 1.4 0.14; 1.45 0.1352; 1.5 0.1307;  
1.55 0.1265; 1.6 0.1225; 1.65 0.1188; 1.7 0.1153; 1.75 0.112; 1.8 0.1089;  
1.85 0.1059; 1.9 0.1032; 1.95 0.1005; 2 0.098; 2.05 0.0956; 2.1 0.0933;  
2.15 0.0915; 2.2 0.0891; 2.25 0.0871; 2.3 0.0852; 2.35 0.0834; 2.4 0.0817;  
2.45 0.08; 2.5 0.0784;

LOAD 6 LOADTYPE None TITLE SISMO EN Y (SY)

SPECTRUM CQC X 0.3 Y 1 Z 0.3 ACC SCALE 9.81 DAMP 0.03

0 0.098; 0.05 0.1218; 0.1 0.1372; 0.15 0.1372; 0.2 0.1372; 0.25 0.1372;  
0.3 0.1372; 0.35 0.1372; 0.4 0.1372; 0.45 0.1372; 0.5 0.1372; 0.55 0.1372;  
0.6 0.1372; 0.65 0.1372; 0.7 0.1372; 0.75 0.1372; 0.8 0.1372; 0.85 0.1372;  
0.9 0.1372; 0.95 0.1372; 1 0.1372; 1.05 0.1307; 1.1 0.1247; 1.15 0.1193;  
1.2 0.1143; 1.25 0.1098; 1.3 0.1055; 1.35 0.1016; 1.4 0.098; 1.45 0.0946;  
1.5 0.0915; 1.55 0.0855; 1.6 0.0858; 1.65 0.0832; 1.7 0.0807; 1.75 0.0784;  
1.8 0.0762; 1.85 0.0742; 1.9 0.0722; 1.95 0.0704; 2 0.0686; 2.05 0.0669;  
2.1 0.0653; 2.15 0.0638; 2.2 0.0624; 2.25 0.061; 2.3 0.0597; 2.35 0.0584;  
2.4 0.0572; 2.45 0.056; 2.5 0.0549;

LOAD 7 LOADTYPE None TITLE SISMO EN Z (SZ)

SPECTRUM CQC X 0.3 Y 0.3 Z 1 ACC SCALE 9.81 DAMP 0.03

0 0.14; 0.05 0.174; 0.1 0.196; 0.15 0.196; 0.2 0.196; 0.25 0.196; 0.3 0.196;  
0.35 0.196; 0.4 0.196; 0.45 0.196; 0.5 0.196; 0.55 0.196; 0.6 0.196;  
0.65 0.196; 0.7 0.196; 0.75 0.196; 0.8 0.196; 0.85 0.196; 0.9 0.196;  
0.95 0.196; 1 0.196; 1.05 0.1867; 1.1 0.1782; 1.15 0.1704; 1.2 0.1633;  
1.25 0.1568; 1.3 0.1508; 1.35 0.1452; 1.4 0.14; 1.45 0.1352; 1.5 0.1307;  
1.55 0.1265; 1.6 0.1225; 1.65 0.1188; 1.7 0.1153; 1.75 0.112; 1.8 0.1089;  
1.85 0.1059; 1.9 0.1032; 1.95 0.1005; 2 0.098; 2.05 0.0956; 2.1 0.0933;  
2.15 0.0915; 2.2 0.0891; 2.25 0.0871; 2.3 0.0852; 2.35 0.0834; 2.4 0.0817;  
2.45 0.08; 2.5 0.0784;

LOAD 8 LOADTYPE None TITLE CORRIENTE DE AGUA (CR)

MEMBER LOAD

105 TO 111 113 115 117 119 121 123 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 219  
TO 224 -

241 TO 243 245 262 TO 264 266 283 TO 285 287 TO 289 291 292 294 295  
297 298 -

300 301 303 304 306 307 309 310 312 313 315 TO 317 319 320 322 323  
325 326 -

328 329 331 332 334 335 337 TO 340 342 TO 345 347 TO 350 352 TO 355 -  
357 TO 360 362 TO 365 367 TO 371 373 TO 377 379 TO 383 385 TO 389  
391 392 -

394 395 397 398 400 401 403 TO 405 407 TO 411 413 414 416 417 419 420  
422 -

423 425 TO 427 429 431 433 435 437 439 441 TO 443 445 TO 450 UNI GZ -  
345

LOAD 9 LOADTYPE None TITLE CAMIÓN DE DISEÑO H10-44 (CC)

LOAD GENERATION 70

TYPE 1 -8.54 0 0 XINC 1

TYPE 1 -8.54 0 1.585 XINC 1

TYPE 1 -8.54 0 3.19 XINC 1

TYPE 1 58 0 4.795 XINC -1

TYPE 1 58 0 6.42 XINC -1

TYPE 1 58 0 8.02 XINC -1

**\*\*COMBINACIÓN DE CARGAS DE SERVICIO\*\***

LOAD COMB 3 CP+CF

1 1.0 2 1.0

LOAD COMB 80 CP+V

1 1.0 4 1.0

LOAD COMB 81 CP+CR

1 1.0 8 1.0

LOAD COMB 82 CP+CC1

1 1.0 10 1.0

LOAD COMB 83 CP+CC2

1 1.0 11 1.0

LOAD COMB 84 CP+CC3

1 1.0 12 1.0

LOAD COMB 85 CP+CC4

1 1.0 13 1.0

LOAD COMB 86 CP+CC5

1 1.0 14 1.0

LOAD COMB 87 CP+CC6

1 1.0 15 1.0

LOAD COMB 88 CP+CC7

1 1.0 16 1.0

LOAD COMB 89 CP+CC8

1 1.0 17 1.0

LOAD COMB 90 CP+CC9

1 1.0 18 1.0  
LOAD COMB 91 CP+CC10  
1 1.0 19 1.0  
LOAD COMB 92 CP+CC11  
1 1.0 20 1.0  
LOAD COMB 93 CP+CC12  
1 1.0 21 1.0  
LOAD COMB 94 CP+CC13  
1 1.0 22 1.0  
LOAD COMB 95 CP+CC14  
1 1.0 23 1.0  
LOAD COMB 96 CP+CC15  
1 1.0 24 1.0  
LOAD COMB 97 CP+CC16  
1 1.0 25 1.0  
LOAD COMB 98 CP+CC17  
1 1.0 26 1.0  
LOAD COMB 99 CP+CC18  
1 1.0 27 1.0  
LOAD COMB 100 CP+CC19  
1 1.0 28 1.0  
LOAD COMB 101 CP+CC20  
1 1.0 29 1.0  
LOAD COMB 102 CP+CC21  
1 1.0 30 1.0  
LOAD COMB 103 CP+CC22  
1 1.0 31 1.0  
LOAD COMB 104 CP+CC23  
1 1.0 32 1.0  
LOAD COMB 105 CP+CC24  
1 1.0 33 1.0  
LOAD COMB 106 CP+CC25  
1 1.0 34 1.0  
LOAD COMB 107 CP+CC26  
1 1.0 35 1.0  
LOAD COMB 108 CP+CC27  
1 1.0 36 1.0  
LOAD COMB 109 CP+CC28  
1 1.0 37 1.0

LOAD COMB 110 CP+CC29  
1 1.0 38 1.0  
LOAD COMB 111 CP+CC30  
1 1.0 39 1.0  
LOAD COMB 112 CP+CC31  
1 1.0 40 1.0  
LOAD COMB 113 CP+CC32  
1 1.0 41 1.0  
LOAD COMB 114 CP+CC33  
1 1.0 42 1.0  
LOAD COMB 115 CP+CC34  
1 1.0 43 1.0  
LOAD COMB 116 CP+CC35  
1 1.0 44 1.0  
LOAD COMB 117 CP+CC36  
1 1.0 45 1.0  
LOAD COMB 118 CP+CC37  
1 1.0 46 1.0  
LOAD COMB 119 CP+CC38  
1 1.0 47 1.0  
LOAD COMB 120 CP+CC39  
1 1.0 48 1.0  
LOAD COMB 121 CP+CC40  
1 1.0 49 1.0  
LOAD COMB 122 CP+CC41  
1 1.0 50 1.0  
LOAD COMB 123 CP+CC42  
1 1.0 51 1.0  
LOAD COMB 124 CP+CC43  
1 1.0 52 1.0  
LOAD COMB 125 CP+CC44  
1 1.0 53 1.0  
LOAD COMB 126 CP+CC45  
1 1.0 54 1.0  
LOAD COMB 127 CP+CC46  
1 1.0 55 1.0  
LOAD COMB 128 CP+CC47  
1 1.0 56 1.0  
LOAD COMB 129 CP+CC48

1 1.0 57 1.0  
LOAD COMB 130 CP+CC49  
1 1.0 58 1.0  
LOAD COMB 131 CP+CC50  
1 1.0 59 1.0  
LOAD COMB 132 CP+CC51  
1 1.0 60 1.0  
LOAD COMB 133 CP+CC52  
1 1.0 61 1.0  
LOAD COMB 134 CP+CC53  
1 1.0 62 1.0  
LOAD COMB 135 CP+CC54  
1 1.0 63 1.0  
LOAD COMB 136 CP+CC55  
1 1.0 64 1.0  
LOAD COMB 137 CP+CC56  
1 1.0 65 1.0  
LOAD COMB 138 CP+CC57  
1 1.0 66 1.0  
LOAD COMB 139 CP+CC58  
1 1.0 67 1.0  
LOAD COMB 140 CP+CC59  
1 1.0 68 1.0  
LOAD COMB 141 CP+CC60  
1 1.0 69 1.0  
LOAD COMB 142 CP+CC61  
1 1.0 70 1.0  
LOAD COMB 143 CP+CC62  
1 1.0 71 1.0  
LOAD COMB 144 CP+CC63  
1 1.0 72 1.0  
LOAD COMB 145 CP+CC64  
1 1.0 73 1.0  
LOAD COMB 146 CP+CC65  
1 1.0 74 1.0  
LOAD COMB 147 CP+CC66  
1 1.0 75 1.0  
LOAD COMB 148 CP+CC67  
1 1.0 76 1.0

LOAD COMB 149 CP+CC68

1 1.0 77 1.0

LOAD COMB 150 CP+CC69

1 1.0 78 1.0

LOAD COMB 151 CP+CC70

1 1.0 79 1.0

**\*\*COMBINACIÓN DE CARGAS MAYORADAS\*\***

LOAD COMB 152 0.9CP+CR

1 0.9 8 1.0

LOAD COMB 153 0.9CP+1.3V

1 0.9 4 1.3

LOAD COMB 154 1.2CP+CF

1 1.2 2 1.0

LOAD COMB 155 0.9CP+SX

1 0.9 5 1.0

LOAD COMB 156 0.9CP-SX

1 0.9 5 -1.0

LOAD COMB 157 0.9CP+SY

1 0.9 6 1.0

LOAD COMB 158 0.9CP-SY

1 0.9 6 -1.0

LOAD COMB 159 0.9CP+SZ

1 0.9 7 1.0

LOAD COMB 160 0.9CP-SZ

1 0.9 7 -1.0

LOAD COMB 161 1.2CP+SX

1 1.2 5 1.0

LOAD COMB 162 1.2CP-SX

1 1.2 5 -1.0

LOAD COMB 163 1.2CP+SY

1 1.2 6 1.0

LOAD COMB 164 1.2CP-SY

1 1.2 6 -1.0

LOAD COMB 165 1.2CP+SZ

1 1.2 7 1.0

LOAD COMB 166 1.2CP-SZ

1 1.2 7 -1.0

LOAD COMB 167 1.3CP+2.61CC1

1 1.3 10 2.61

LOAD COMB 168 1.3CP+2.61CC2  
1 1.3 11 2.61  
LOAD COMB 169 1.3CP+2.61CC3  
1 1.3 12 2.61  
LOAD COMB 170 1.3CP+2.61CC4  
1 1.3 13 2.61  
LOAD COMB 171 1.3CP+2.61CC5  
1 1.3 14 2.61  
LOAD COMB 172 1.3CP+2.61CC6  
1 1.3 15 2.61  
LOAD COMB 173 1.3CP+2.61CC7  
1 1.3 16 2.61  
LOAD COMB 174 1.3CP+2.61CC8  
1 1.3 17 2.61  
LOAD COMB 175 1.3CP+2.61CC9  
1 1.3 18 2.61  
LOAD COMB 176 1.3CP+2.61CC10  
1 1.3 19 2.61  
LOAD COMB 177 1.3CP+2.61CC11  
1 1.3 20 2.61  
LOAD COMB 178 1.3CP+2.61CC12  
1 1.3 21 2.61  
LOAD COMB 179 1.3CP+2.61CC13  
1 1.3 22 2.61  
LOAD COMB 180 1.3CP+2.61CC14  
1 1.3 23 2.61  
LOAD COMB 181 1.3CP+2.61CC15  
1 1.3 24 2.61  
LOAD COMB 182 1.3CP+2.61CC16  
1 1.3 25 2.61  
LOAD COMB 183 1.3CP+2.61CC17  
1 1.3 26 2.61  
LOAD COMB 184 1.3CP+2.61CC18  
1 1.3 27 2.61  
LOAD COMB 185 1.3CP+2.61CC19  
1 1.3 28 2.61  
LOAD COMB 186 1.3CP+2.61CC20  
1 1.3 29 2.61  
LOAD COMB 187 1.3CP+2.61CC21

1 1.3 30 2.61  
LOAD COMB 188 1.3CP+2.61CC22  
1 1.3 31 2.61  
LOAD COMB 189 1.3CP+2.61CC23  
1 1.3 32 2.61  
LOAD COMB 190 1.3CP+2.61CC24  
1 1.3 33 2.61  
LOAD COMB 191 1.3CP+2.61CC25  
1 1.3 34 2.61  
LOAD COMB 192 1.3CP+2.61CC26  
1 1.3 35 2.61  
LOAD COMB 193 1.3CP+2.61CC27  
1 1.3 36 2.61  
LOAD COMB 194 1.3CP+2.61CC28  
1 1.3 37 2.61  
LOAD COMB 195 1.3CP+2.61CC29  
1 1.3 38 2.61  
LOAD COMB 196 1.3CP+2.61CC30  
1 1.3 39 2.61  
LOAD COMB 197 1.3CP+2.61CC31  
1 1.3 40 2.61  
LOAD COMB 198 1.3CP+2.61CC32  
1 1.3 41 2.61  
LOAD COMB 199 1.3CP+2.61CC33  
1 1.3 42 2.61  
LOAD COMB 200 1.3CP+2.61CC34  
1 1.3 43 2.61  
LOAD COMB 201 1.3CP+2.61CC35  
1 1.3 44 2.61  
LOAD COMB 202 1.3CP+2.61CC36  
1 1.3 45 2.61  
LOAD COMB 203 1.3CP+2.61CC37  
1 1.3 46 2.61  
LOAD COMB 204 1.3CP+2.61CC38  
1 1.3 47 2.61  
LOAD COMB 205 1.3CP+2.61CC39  
1 1.3 48 2.61  
LOAD COMB 206 1.3CP+2.61CC40  
1 1.3 49 2.61

LOAD COMB 207 1.3CP+2.61CC41  
1 1.3 50 2.61  
LOAD COMB 208 1.3CP+2.61CC42  
1 1.3 51 2.61  
LOAD COMB 209 1.3CP+2.61CC43  
1 1.3 52 2.61  
LOAD COMB 210 1.3CP+2.61CC44  
1 1.3 53 2.61  
LOAD COMB 211 1.3CP+2.61CC45  
1 1.3 54 2.61  
LOAD COMB 212 1.3CP+2.61CC46  
1 1.3 55 2.61  
LOAD COMB 213 1.3CP+2.61CC47  
1 1.3 56 2.61  
LOAD COMB 214 1.3CP+2.61CC48  
1 1.3 57 2.61  
LOAD COMB 215 1.3CP+2.61CC49  
1 1.3 58 2.61  
LOAD COMB 216 1.3CP+2.61CC50  
1 1.3 59 2.61  
LOAD COMB 217 1.3CP+2.61CC51  
1 1.3 60 2.61  
LOAD COMB 218 1.3CP+2.61CC52  
1 1.3 61 2.61  
LOAD COMB 219 1.3CP+2.61CC53  
1 1.3 62 2.61  
LOAD COMB 220 1.3CP+2.61CC54  
1 1.3 63 2.61  
LOAD COMB 221 1.3CP+2.61CC55  
1 1.3 64 2.61  
LOAD COMB 222 1.3CP+2.61CC56  
1 1.3 65 2.61  
LOAD COMB 223 1.3CP+2.61CC57  
1 1.3 66 2.61  
LOAD COMB 224 1.3CP+2.61CC58  
1 1.3 67 2.61  
LOAD COMB 225 1.3CP+2.61CC59  
1 1.3 68 2.61  
LOAD COMB 226 1.3CP+2.61CC60

1 1.3 69 2.61  
LOAD COMB 227 1.3CP+2.61CC61  
1 1.3 70 2.61  
LOAD COMB 228 1.3CP+2.61CC62  
1 1.3 71 2.61  
LOAD COMB 229 1.3CP+2.61CC63  
1 1.3 72 2.61  
LOAD COMB 230 1.3CP+2.61CC64  
1 1.3 73 2.61  
LOAD COMB 231 1.3CP+2.61CC65  
1 1.3 74 2.61  
LOAD COMB 232 1.3CP+2.61CC66  
1 1.3 75 2.61  
LOAD COMB 233 1.3CP+2.61CC67  
1 1.3 76 2.61  
LOAD COMB 234 1.3CP+2.61CC68  
1 1.3 77 2.61  
LOAD COMB 235 1.3CP+2.61CC69  
1 1.3 78 2.61  
LOAD COMB 236 1.3CP+2.61CC70  
1 1.3 79 2.61  
PERFORM ANALYSIS  
UNIT CM KG  
PARAMETER 1  
CODE AISC  
FYLD 2530 MEMB 10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233 235 TO 243 245  
247 249 -  
251 253 255 257 TO 264 266 268 270 272 274 276 278 TO 285 287 291 TO  
293 -  
297 TO 299 303 TO 305 312 TO 318 391 TO 406 413 TO 428  
CHECK CODE MEMB 10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233 235 TO 243  
245 247 249 -  
251 253 255 257 TO 264 266 268 270 272 274 276 278 TO 285 287 291 TO  
293 -  
297 TO 299 303 TO 305 312 TO 318 391 TO 406 413 TO 428  
PARAMETER 2  
CODE AISC  
STEEL MEMBER TAKE OFF LIST 10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233  
235 TO 243 -

245 247 249 251 253 255 257 TO 264 266 268 270 272 274 276 278 TO 285  
287 -  
291 TO 293 297 TO 299 303 TO 305 312 TO 318 391 TO 406 413 TO 428  
FINISH

**Puente completo en su condición actual (Diseño de las vigas  
transversales, pilotes de acero, y comportamiento del conjunto).**

STAAD SPACE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 28-May-14

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KG

JOINT COORDINATES

1 0 0 0; 2 5.852 0 0; 3 11.743 0 0; 4 17.255 0 0; 5 22.791 0 0; 6 28.448 0 0;  
11 1.15 0 1.585; 12 2.31 0 3.19; 13 3.48 0 4.795; 14 4.65 0 6.42;  
15 5.81 0 8.02; 16 7.002 0 1.585; 17 8.162 0 3.19; 18 9.332 0 4.795;  
19 10.502 0 6.42; 20 11.662 0 8.02; 21 12.893 0 1.585; 22 14.053 0 3.19;  
23 15.223 0 4.795; 24 16.393 0 6.42; 25 17.553 0 8.02; 26 18.405 0 1.585;  
27 19.565 0 3.19; 28 20.735 0 4.795; 29 21.905 0 6.42; 30 23.065 0 8.02;  
31 23.941 0 1.585; 32 25.101 0 3.19; 33 26.271 0 4.795; 34 27.441 0 6.42;  
35 28.601 0 8.02; 36 29.598 0 1.585; 37 30.758 0 3.19; 38 31.928 0 4.795;  
39 33.098 0 6.42; 40 34.258 0 8.02; 61 5.852 -2.7 0; 62 7.002 -2.7 1.585;  
63 8.162 -2.7 3.19; 64 9.332 -2.7 4.795; 65 10.502 -2.7 6.42;  
66 11.662 -2.7 8.02; 67 11.662 -1.8 8.02; 68 11.662 -0.9 8.02;  
69 10.502 -1.8 6.42; 70 10.502 -0.9 6.42; 71 9.332 -1.8 4.795;  
72 9.332 -0.9 4.795; 73 8.162 -1.8 3.19; 74 8.162 -0.9 3.19;  
75 7.002 -1.8 1.585; 76 7.002 -0.9 1.585; 77 5.852 -1.8 0; 78 5.852 -0.9 0;  
80 12.893 -4.02 1.585; 81 14.053 -4.02 3.19; 82 15.223 -4.02 4.795;  
83 16.393 -4.02 6.42; 84 17.553 -4.02 8.02; 85 17.255 -5.28 0;  
86 18.405 -5.28 1.585; 87 19.565 -5.28 3.19; 88 20.735 -5.28 4.795;  
89 21.905 -5.28 6.42; 90 23.065 -5.28 8.02; 91 22.791 -8.31 0;  
92 23.941 -8.31 1.585; 93 25.101 -8.31 3.19; 94 26.271 -8.31 4.795;  
95 27.441 -8.31 6.42; 96 28.601 -8.31 8.02; 97 28.448 -8.4 0;  
98 29.598 -8.4 1.585; 99 30.758 -8.4 3.19; 100 31.928 -8.4 4.795;  
102 34.258 -8.4 8.02; 127 34.149 0 0; 128 39.585 0 0; 129 45 0 0;

130 35.299 0 1.585; 131 36.459 0 3.19; 132 37.629 0 4.795; 133 38.799 0  
6.42;  
134 39.959 0 8.02; 135 40.735 0 1.585; 136 41.895 0 3.19; 137 43.065 0  
4.795;  
138 44.235 0 6.42; 139 45.395 0 8.02; 140 46.15 0 1.585; 141 47.31 0 3.19;  
142 48.48 0 4.795; 143 49.65 0 6.42; 144 50.81 0 8.02; 151 39.585 -3.06 0;  
152 40.735 -3.06 1.585; 153 41.895 -3.06 3.19; 154 43.065 -3.06 4.795;  
155 44.235 -3.06 6.42; 156 45.395 -3.06 8.02; 157 12.513 0 0;  
158 13.663 0 1.585; 159 14.823 0 3.19; 160 15.993 0 4.795; 161 17.163 0  
6.42;  
162 18.323 0 8.02; 163 17.743 0 7.22; 164 16.578 0 5.6075; 165 15.408 0  
3.9925;  
166 14.243 0 2.3875; 167 13.088 0 0.7925; 168 17.743 -4.07 7.22;  
169 16.578 -4.07 5.6075; 170 15.408 -4.07 3.9925; 172 13.088 -4.07 0.7925;  
173 29.363 0 0; 174 29.938 0 0.7925; 175 30.513 0 1.585; 176 31.093 0  
2.3875;  
177 31.673 0 3.19; 178 32.258 0 3.9925; 179 32.843 0 4.795;  
180 33.428 0 5.6075; 181 34.013 0 6.42; 182 34.593 0 7.22; 183 35.173 0  
8.02;  
184 34.593 -4.07 7.22; 185 33.428 -4.07 5.6075; 186 32.258 -4.07 3.9925;  
188 29.938 -4.07 0.7925; 189 34.563 0 0; 190 35.138 0 0.7925;  
191 35.713 0 1.585; 192 36.293 0 2.3875; 193 36.873 0 3.19;  
194 37.458 0 3.9925; 195 38.043 0 4.795; 196 38.628 0 5.6075;  
197 39.213 0 6.42; 198 39.793 0 7.22; 199 40.373 0 8.02; 200 39.793 -4.07  
7.22;  
201 38.628 -4.07 5.6075; 202 37.458 -4.07 3.9925; 204 35.138 -4.07 0.7925;  
205 17.553 -3.015 8.02; 206 17.553 -2.01 8.02; 207 17.553 -1.005 8.02;  
208 17.743 -3.0525 7.22; 209 17.743 -2.035 7.22; 210 17.743 -1.0175 7.22;  
211 16.393 -3.015 6.42; 212 16.393 -2.01 6.42; 213 16.393 -1.005 6.42;  
214 16.578 -3.0525 5.6075; 215 16.578 -2.035 5.6075; 216 16.578 -1.0175  
5.6075;  
217 15.223 -3.015 4.795; 218 15.223 -2.01 4.795; 219 15.223 -1.005 4.795;  
220 15.408 -3.0525 3.9925; 221 15.408 -2.035 3.9925; 222 15.408 -1.0175  
3.9925;  
223 14.053 -3.015 3.19; 224 14.053 -2.01 3.19; 225 14.053 -1.005 3.19;  
226 12.893 -3.015 1.585; 227 12.893 -2.01 1.585; 228 12.893 -1.005 1.585;  
229 13.088 -3.0525 0.7925; 230 13.088 -2.035 0.7925; 231 13.088 -1.0175  
0.7925;

232 14.243 -4.07 2.3875; 233 14.243 -3.0525 2.3875; 234 14.243 -2.035  
2.3875;  
235 14.243 -1.0175 2.3875; 236 23.065 -3.96 8.02; 237 23.065 -2.64 8.02;  
238 23.065 -1.32 8.02; 239 21.905 -3.96 6.42; 240 21.905 -2.64 6.42;  
241 21.905 -1.32 6.42; 242 20.735 -3.96 4.795; 243 20.735 -2.64 4.795;  
244 20.735 -1.32 4.795; 245 19.565 -3.96 3.19; 246 19.565 -2.64 3.19;  
247 19.565 -1.32 3.19; 248 18.405 -3.96 1.585; 249 18.405 -2.64 1.585;  
250 18.405 -1.32 1.585; 251 17.255 -3.96 0; 252 17.255 -2.64 0;  
253 17.255 -1.32 0; 254 28.601 -6.925 8.02; 255 28.601 -5.54 8.02;  
256 28.601 -4.155 8.02; 257 28.601 -2.77 8.02; 258 28.601 -1.385 8.02;  
259 27.441 -6.925 6.42; 260 27.441 -5.54 6.42; 261 27.441 -4.155 6.42;  
262 27.441 -2.77 6.42; 263 27.441 -1.385 6.42; 264 26.271 -6.925 4.795;  
265 26.271 -5.54 4.795; 266 26.271 -4.155 4.795; 267 26.271 -2.77 4.795;  
268 26.271 -1.385 4.795; 269 25.101 -6.925 3.19; 270 25.101 -5.54 3.19;  
271 25.101 -4.155 3.19; 272 25.101 -2.77 3.19; 273 25.101 -1.385 3.19;  
274 23.941 -6.925 1.585; 275 23.941 -5.54 1.585; 276 23.941 -4.155 1.585;  
277 23.941 -2.77 1.585; 278 23.941 -1.385 1.585; 279 22.791 -6.925 0;  
280 22.791 -5.54 0; 281 22.791 -4.155 0; 282 22.791 -2.77 0;  
283 22.791 -1.385 0; 284 34.258 -7.2 8.02; 285 34.258 -6 8.02;  
286 34.258 -4.8 8.02; 287 34.258 -3.6 8.02; 288 34.258 -2.4 8.02;  
289 34.258 -1.2 8.02; 290 30.758 -7.2 3.19; 291 30.758 -6 3.19;  
292 30.758 -4.8 3.19; 293 30.758 -3.6 3.19; 294 30.758 -2.4 3.19;  
295 30.758 -1.2 3.19; 296 29.598 -7.2 1.585; 297 29.598 -6 1.585;  
298 29.598 -4.8 1.585; 299 29.598 -3.6 1.585; 300 29.598 -2.4 1.585;  
301 29.598 -1.2 1.585; 302 28.448 -7.2 0; 303 28.448 -6 0; 304 28.448 -4.8 0;  
305 28.448 -3.6 0; 306 28.448 -2.4 0; 307 28.448 -1.2 0;  
308 29.938 -3.0525 0.7925; 309 29.938 -2.035 0.7925; 310 29.938 -1.0175  
0.7925;  
311 32.258 -3.0525 3.9925; 312 32.258 -2.035 3.9925; 313 32.258 -1.0175  
3.9925;  
314 33.428 -3.0525 5.6075; 315 33.428 -2.035 5.6075; 316 33.428 -1.0175  
5.6075;  
317 34.593 -3.0525 7.22; 318 34.593 -2.035 7.22; 319 34.593 -1.0175 7.22;  
320 31.093 -4.07 2.3875; 321 31.093 -3.0525 2.3875; 322 31.093 -2.035  
2.3875;  
323 31.093 -1.0175 2.3875; 324 31.928 -7.2 4.795; 325 31.928 -6 4.795;  
326 31.928 -4.8 4.795; 327 31.928 -3.6 4.795; 328 31.928 -2.4 4.795;  
329 31.928 -1.2 4.795; 330 39.793 -3.0525 7.22; 331 39.793 -2.035 7.22;

332 39.793 -1.0175 7.22; 333 38.628 -3.0525 5.6075; 334 38.628 -2.035  
5.6075;  
335 38.628 -1.0175 5.6075; 336 37.458 -3.0525 3.9925; 337 37.458 -2.035  
3.9925;  
338 37.458 -1.0175 3.9925; 339 35.138 -3.0525 0.7925; 340 35.138 -2.035  
0.7925;  
341 35.138 -1.0175 0.7925; 342 36.293 -4.07 2.3875; 343 36.293 -3.0525  
2.3875;  
344 36.293 -2.035 2.3875; 345 36.293 -1.0175 2.3875; 346 45.395 -2.04  
8.02;  
347 45.395 -1.02 8.02; 348 44.235 -2.04 6.42; 349 44.235 -1.02 6.42;  
350 43.065 -2.04 4.795; 351 43.065 -1.02 4.795; 352 41.895 -2.04 3.19;  
353 41.895 -1.02 3.19; 354 40.735 -2.04 1.585; 355 40.735 -1.02 1.585;  
356 39.585 -2.04 0; 357 39.585 -1.02 0;

#### MEMBER INCIDENCES

1 1 2; 2 2 3; 3 3 157; 4 4 5; 5 5 6; 10 1 11; 11 11 12; 12 12 13; 13 13 14;  
14 14 15; 15 2 16; 16 16 17; 17 17 18; 18 18 19; 19 19 20; 20 3 21; 21 21 22;  
22 22 23; 23 23 24; 24 24 25; 25 4 26; 26 26 27; 27 27 28; 28 28 29; 29 29  
30;  
30 5 31; 31 31 32; 32 32 33; 33 33 34; 34 34 35; 35 6 36; 36 36 37; 37 37 38;  
38 38 39; 39 39 40; 60 11 16; 61 16 21; 62 21 158; 63 26 31; 64 31 36;  
69 12 17; 70 17 22; 71 22 159; 72 27 32; 73 32 37; 78 13 18; 79 18 23;  
80 23 160; 81 28 33; 82 33 38; 87 14 19; 88 19 24; 89 24 161; 90 29 34;  
91 34 39; 96 15 20; 97 20 25; 98 25 162; 99 30 35; 100 35 40; 105 66 67;  
106 65 69; 107 64 71; 108 63 73; 109 62 75; 110 61 77; 111 67 68; 112 68  
20;  
113 69 70; 114 70 19; 115 71 72; 116 72 18; 117 73 74; 118 74 17; 119 75  
76;  
120 76 16; 121 77 78; 122 78 2; 123 84 205; 124 83 211; 125 82 217; 126 81  
223;  
127 80 226; 129 90 236; 130 89 239; 131 88 242; 132 87 245; 133 86 248;  
134 85 251; 135 96 254; 136 95 259; 137 94 264; 138 93 269; 139 92 274;  
140 91 279; 141 102 284; 143 100 324; 144 99 290; 145 98 296; 146 97 302;  
180 6 173; 181 127 189; 182 128 129; 188 128 135; 189 135 136; 190 136  
137;  
191 137 138; 192 138 139; 193 129 140; 194 140 141; 195 141 142; 196 142  
143;  
197 143 144; 198 36 175; 199 130 191; 200 135 140; 201 37 177; 202 131  
193;

203 136 141; 204 38 179; 205 132 195; 206 137 142; 207 39 181; 208 133  
197;  
209 138 143; 210 40 183; 211 134 199; 212 139 144; 219 156 346; 220 155  
348;  
221 154 350; 222 153 352; 223 152 354; 224 151 356; 225 157 4; 226 158  
26;  
227 157 167; 228 159 27; 229 158 166; 230 160 28; 231 159 165; 232 161  
29;  
233 160 164; 234 162 30; 235 161 163; 236 163 162; 237 164 161; 238 165  
160;  
239 166 159; 240 167 158; 241 168 208; 242 169 214; 243 170 220; 245 172  
229;  
246 173 127; 247 173 174; 248 175 130; 249 175 176; 250 177 131; 251 177  
178;  
252 179 132; 253 179 180; 254 181 133; 255 181 182; 256 183 134; 257 182  
183;  
258 180 181; 259 178 179; 260 176 177; 261 174 175; 262 184 317; 263 185  
314;  
264 186 311; 266 188 308; 267 189 128; 268 189 190; 269 191 135; 270 191  
192;  
271 193 136; 272 193 194; 273 195 137; 274 195 196; 275 197 138; 276 197  
198;  
277 199 139; 278 198 199; 279 196 197; 280 194 195; 281 192 193; 282 190  
191;  
283 200 330; 284 201 333; 285 202 336; 287 204 339; 288 205 206; 289 206  
207;  
290 207 25; 291 208 209; 292 209 210; 293 210 163; 294 211 212; 295 212  
213;  
296 213 24; 297 214 215; 298 215 216; 299 216 164; 300 217 218; 301 218  
219;  
302 219 23; 303 220 221; 304 221 222; 305 222 165; 306 223 224; 307 224  
225;  
308 225 22; 309 226 227; 310 227 228; 311 228 21; 312 229 230; 313 230  
231;  
314 231 167; 315 232 233; 316 233 234; 317 234 235; 318 235 166; 319 236  
237;  
320 237 238; 321 238 30; 322 239 240; 323 240 241; 324 241 29; 325 242  
243;

326 243 244; 327 244 28; 328 245 246; 329 246 247; 330 247 27; 331 248  
249;  
332 249 250; 333 250 26; 334 251 252; 335 252 253; 336 253 4; 337 254  
255;  
338 255 256; 339 256 257; 340 257 258; 341 258 35; 342 259 260; 343 260  
261;  
344 261 262; 345 262 263; 346 263 34; 347 264 265; 348 265 266; 349 266  
267;  
350 267 268; 351 268 33; 352 269 270; 353 270 271; 354 271 272; 355 272  
273;  
356 273 32; 357 274 275; 358 275 276; 359 276 277; 360 277 278; 361 278  
31;  
362 279 280; 363 280 281; 364 281 282; 365 282 283; 366 283 5; 367 284  
285;  
368 285 286; 369 286 287; 370 287 288; 371 288 289; 372 289 40; 373 290  
291;  
374 291 292; 375 292 293; 376 293 294; 377 294 295; 378 295 37; 379 296  
297;  
380 297 298; 381 298 299; 382 299 300; 383 300 301; 384 301 36; 385 302  
303;  
386 303 304; 387 304 305; 388 305 306; 389 306 307; 390 307 6; 391 308  
309;  
392 309 310; 393 310 174; 394 311 312; 395 312 313; 396 313 178; 397 314  
315;  
398 315 316; 399 316 180; 400 317 318; 401 318 319; 402 319 182; 403 320  
321;  
404 321 322; 405 322 323; 406 323 176; 407 324 325; 408 325 326; 409 326  
327;  
410 327 328; 411 328 329; 412 329 38; 413 330 331; 414 331 332; 415 332  
198;  
416 333 334; 417 334 335; 418 335 196; 419 336 337; 420 337 338; 421 338  
194;  
422 339 340; 423 340 341; 424 341 190; 425 342 343; 426 343 344; 427 344  
345;  
428 345 192; 429 346 347; 430 347 139; 431 348 349; 432 349 138; 433 350  
351;  
434 351 137; 435 352 353; 436 353 136; 437 354 355; 438 355 135; 439 356  
357;  
440 357 128;

START USER TABLE

TABLE 1

UNIT METER KG

WIDE FLANGE

I30X12.5

0.00474 0.3 0.008 0.125 0.01 6.7218e-005 3.26715e-006 1.3112e-007

0.0024 0.0025

I30X30

0.0159 0.3 0.015 0.3 0.02 0.00025757 9.00731e-005 1.8925e-006 0.0045

0.012

I50X16.5

0.012768 0.5 0.016 0.165 0.016 0.000446002 1.21387e-005 1.08954e-006 -

0.008 0.00528

END

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 2.09042e+010

POISSON 0.3

DENSITY 7833.41

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

ISOTROPIC CONCRETE

E 2.21467e+009

POISSON 0.17

DENSITY 2402.62

ALPHA 1e-005

DAMP 0.05

ISOTROPIC TIMBER

E 1.12593e+009

POISSON 0.25

DENSITY 700

ALPHA 5.4e-006

DAMP 0.01

END DEFINE MATERIAL

MEMBER PROPERTY AMERICAN

15 TO 39 188 TO 192 UPTABLE 1 I30X12.5

10 TO 14 193 TO 197 227 229 231 233 235 TO 240 247 249 251 253 255 -

257 TO 261 268 270 272 274 276 278 TO 282 UPTABLE 1 I30X30

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -  
225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UPTABLE 1 I50X16.5  
105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 219 TO 224 288 TO 290 294 TO 296  
300 TO 302 -  
306 TO 311 319 TO 390 407 TO 412 429 TO 440 PRIS YD 0.3 ZD 0.3  
241 TO 243 245 283 TO 285 287 291 TO 293 297 TO 299 303 TO 305 312  
TO 318 -  
413 TO 428 TABLE ST PIPS120  
262 TO 264 266 391 TO 406 TABLE ST PIPE OD 0.4064 ID 0.3874  
CONSTANTS  
MATERIAL STEEL MEMB 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -  
97 TO 100 180 TO 182 188 TO 212 225 TO 243 245 TO 264 266 TO 285  
287 -  
291 TO 293 297 TO 299 303 TO 305 312 TO 318 391 TO 406 413 TO 428  
MATERIAL TIMBER MEMB 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 219 TO  
224 288 TO 290 -  
294 TO 296 300 TO 302 306 TO 311 319 TO 390 407 TO 412 429 TO 440  
SUPPORTS  
1 11 TO 15 PINNED  
129 140 TO 144 FIXED BUT FX MX MY MZ  
61 TO 66 80 TO 100 102 151 TO 156 168 TO 170 172 184 TO 186 188 200  
TO 202 -  
204 232 320 342 FIXED  
MEMBER OFFSET  
10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233 235 TO 240 247 249 251 253 255 -  
257 TO 261 268 270 272 274 276 278 TO 282 START 0 -0.4 0  
10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233 235 TO 240 247 249 251 253 255 -  
257 TO 261 268 270 272 274 276 278 TO 282 END 0 -0.4 0  
MEMBER RELEASE  
2 TO 5 61 TO 64 70 TO 73 79 TO 82 88 TO 91 97 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -  
225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 START MX MY MZ  
1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 181 198 199  
201 202 -

204 205 207 208 210 211 225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254  
256 267 -  
269 271 273 275 277 END MX MY MZ  
DEFINE MOVING LOAD  
TYPE 1 LOAD 4283 1071  
DIST 4.27  
DEFINE WIND LOAD  
TYPE 1  
INT 280 280 HEIG -8.4 0  
EXP 1 JOINT 1 TO 6 11 TO 40 61 TO 78 80 TO 100 102 127 TO 144 151 TO  
170 172 -  
173 TO 186 188 TO 202 204 TO 357  
LOAD 1 LOADTYPE None TITLE PESO PROPIO (CP)  
SELFWEIGHT Y -1 LIST 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -  
97 TO 100 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 180 TO 182 188 TO 212  
219 TO 243 -  
245 TO 264 266 TO 285 287 TO 440  
MEMBER LOAD  
1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -  
225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GY -224  
1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -  
225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GY -384  
LOAD 2 LOADTYPE None TITLE CARGA HORIZONTAL DE FRENADO  
(CF)  
JOINT LOAD  
128 135 TO 139 FX 544.35 MZ -996.16  
LOAD 4 LOADTYPE None TITLE VIENTO LATERAL (V)  
WIND LOAD Z 1 TYPE 1 YR -8.5 0 OPEN  
LOAD 5 LOADTYPE None TITLE SISMO EN X (SX)  
\*MASAS EN X  
SELFWEIGHT X -1 LIST 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -  
97 TO 100 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 180 TO 182 188 TO 212  
219 TO 243 -

245 TO 264 266 TO 285 287 TO 440

MEMBER LOAD

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GX -280

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GX -480

\*MASAS EN Y

SELFWEIGHT Y -1 LIST 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -

97 TO 100 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 180 TO 182 188 TO 212  
219 TO 243 -

245 TO 264 266 TO 285 287 TO 440

MEMBER LOAD

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GY -280

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GY -480

\*MASAS EN Z

SELFWEIGHT Z -1 LIST 1 TO 5 10 TO 39 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87  
TO 91 96 -

97 TO 100 105 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 180 TO 182 188 TO 212  
219 TO 243 -

245 TO 264 266 TO 285 287 TO 440

MEMBER LOAD

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -  
277 UNI GZ -280

1 TO 5 60 TO 64 69 TO 73 78 TO 82 87 TO 91 96 TO 100 180 TO 182 198  
TO 212 -

225 226 228 230 232 234 246 248 250 252 254 256 267 269 271 273 275 -

277 UNI GZ -480

SPECTRUM CQC X 1 Y 0.3 Z 0.3 ACC SCALE 9.81 DAMP 0.03

0 0.14; 0.05 0.174; 0.1 0.196; 0.15 0.196; 0.2 0.196; 0.25 0.196; 0.3 0.196;  
0.35 0.196; 0.4 0.196; 0.45 0.196; 0.5 0.196; 0.55 0.196; 0.6 0.196;  
0.65 0.196; 0.7 0.196; 0.75 0.196; 0.8 0.196; 0.85 0.196; 0.9 0.196;  
0.95 0.196; 1 0.196; 1.05 0.1867; 1.1 0.1782; 1.15 0.1704; 1.2 0.1633;  
1.25 0.1568; 1.3 0.1508; 1.35 0.1452; 1.4 0.14; 1.45 0.1352; 1.5 0.1307;  
1.55 0.1265; 1.6 0.1225; 1.65 0.1188; 1.7 0.1153; 1.75 0.112; 1.8 0.1089;  
1.85 0.1059; 1.9 0.1032; 1.95 0.1005; 2 0.098; 2.05 0.0956; 2.1 0.0933;  
2.15 0.0915; 2.2 0.0891; 2.25 0.0871; 2.3 0.0852; 2.35 0.0834; 2.4 0.0817;  
2.45 0.08; 2.5 0.0784;

LOAD 6 LOADTYPE None TITLE SISMO EN Y (SY)

SPECTRUM CQC X 0.3 Y 1 Z 0.3 ACC SCALE 9.81 DAMP 0.03

0 0.098; 0.05 0.1218; 0.1 0.1372; 0.15 0.1372; 0.2 0.1372; 0.25 0.1372;  
0.3 0.1372; 0.35 0.1372; 0.4 0.1372; 0.45 0.1372; 0.5 0.1372; 0.55 0.1372;  
0.6 0.1372; 0.65 0.1372; 0.7 0.1372; 0.75 0.1372; 0.8 0.1372; 0.85 0.1372;  
0.9 0.1372; 0.95 0.1372; 1 0.1372; 1.05 0.1307; 1.1 0.1247; 1.15 0.1193;  
1.2 0.1143; 1.25 0.1098; 1.3 0.1055; 1.35 0.1016; 1.4 0.098; 1.45 0.0946;  
1.5 0.0915; 1.55 0.0855; 1.6 0.0858; 1.65 0.0832; 1.7 0.0807; 1.75 0.0784;  
1.8 0.0762; 1.85 0.0742; 1.9 0.0722; 1.95 0.0704; 2 0.0686; 2.05 0.0669;  
2.1 0.0653; 2.15 0.0638; 2.2 0.0624; 2.25 0.061; 2.3 0.0597; 2.35 0.0584;  
2.4 0.0572; 2.45 0.056; 2.5 0.0549;

LOAD 7 LOADTYPE None TITLE SISMO EN Z (SZ)

SPECTRUM CQC X 0.3 Y 0.3 Z 1 ACC SCALE 9.81 DAMP 0.03

0 0.14; 0.05 0.174; 0.1 0.196; 0.15 0.196; 0.2 0.196; 0.25 0.196; 0.3 0.196;  
0.35 0.196; 0.4 0.196; 0.45 0.196; 0.5 0.196; 0.55 0.196; 0.6 0.196;  
0.65 0.196; 0.7 0.196; 0.75 0.196; 0.8 0.196; 0.85 0.196; 0.9 0.196;  
0.95 0.196; 1 0.196; 1.05 0.1867; 1.1 0.1782; 1.15 0.1704; 1.2 0.1633;  
1.25 0.1568; 1.3 0.1508; 1.35 0.1452; 1.4 0.14; 1.45 0.1352; 1.5 0.1307;  
1.55 0.1265; 1.6 0.1225; 1.65 0.1188; 1.7 0.1153; 1.75 0.112; 1.8 0.1089;  
1.85 0.1059; 1.9 0.1032; 1.95 0.1005; 2 0.098; 2.05 0.0956; 2.1 0.0933;  
2.15 0.0915; 2.2 0.0891; 2.25 0.0871; 2.3 0.0852; 2.35 0.0834; 2.4 0.0817;  
2.45 0.08; 2.5 0.0784;

LOAD 8 LOADTYPE None TITLE CORRIENTE DE AGUA (CR)

MEMBER LOAD

105 TO 111 113 115 117 119 121 123 TO 127 129 TO 141 143 TO 146 219  
TO 224 -

241 TO 243 245 262 TO 264 266 283 TO 285 287 TO 289 291 292 294 295  
297 298 -

300 301 303 304 306 307 309 310 312 313 315 TO 317 319 320 322 323  
325 326 -  
328 329 331 332 334 335 337 TO 340 342 TO 345 347 TO 350 352 TO 355 -  
357 TO 360 362 TO 365 367 TO 371 373 TO 377 379 TO 383 385 TO 389  
391 392 -  
394 395 397 398 400 401 403 TO 405 407 TO 411 413 414 416 417 419 420  
422 -  
423 425 TO 427 429 431 433 435 437 439 UNI GZ -345  
LOAD 9 LOADTYPE None TITLE CAMIÓN DE DISEÑO H10-44 (CC)  
LOAD GENERATION 70  
TYPE 1 -8.54 0 0 XINC 1  
TYPE 1 -8.54 0 1.585 XINC 1  
TYPE 1 -8.54 0 3.19 XINC 1  
TYPE 1 58 0 4.795 XINC -1  
TYPE 1 58 0 6.42 XINC -1  
TYPE 1 58 0 8.02 XINC -1  
\*\*COMBINACIÓN DE CARGAS DE SERVICIO\*\*  
LOAD COMB 3 CP+CF  
1 1.0 2 1.0  
LOAD COMB 80 CP+V  
1 1.0 4 1.0  
LOAD COMB 81 CP+CR  
1 1.0 8 1.0  
LOAD COMB 82 CP+CC1  
1 1.0 10 1.0  
LOAD COMB 83 CP+CC2  
1 1.0 11 1.0  
LOAD COMB 84 CP+CC3  
1 1.0 12 1.0  
LOAD COMB 85 CP+CC4  
1 1.0 13 1.0  
LOAD COMB 86 CP+CC5  
1 1.0 14 1.0  
LOAD COMB 87 CP+CC6  
1 1.0 15 1.0  
LOAD COMB 88 CP+CC7  
1 1.0 16 1.0  
LOAD COMB 89 CP+CC8  
1 1.0 17 1.0

LOAD COMB 90 CP+CC9  
1 1.0 18 1.0  
LOAD COMB 91 CP+CC10  
1 1.0 19 1.0  
LOAD COMB 92 CP+CC11  
1 1.0 20 1.0  
LOAD COMB 93 CP+CC12  
1 1.0 21 1.0  
LOAD COMB 94 CP+CC13  
1 1.0 22 1.0  
LOAD COMB 95 CP+CC14  
1 1.0 23 1.0  
LOAD COMB 96 CP+CC15  
1 1.0 24 1.0  
LOAD COMB 97 CP+CC16  
1 1.0 25 1.0  
LOAD COMB 98 CP+CC17  
1 1.0 26 1.0  
LOAD COMB 99 CP+CC18  
1 1.0 27 1.0  
LOAD COMB 100 CP+CC19  
1 1.0 28 1.0  
LOAD COMB 101 CP+CC20  
1 1.0 29 1.0  
LOAD COMB 102 CP+CC21  
1 1.0 30 1.0  
LOAD COMB 103 CP+CC22  
1 1.0 31 1.0  
LOAD COMB 104 CP+CC23  
1 1.0 32 1.0  
LOAD COMB 105 CP+CC24  
1 1.0 33 1.0  
LOAD COMB 106 CP+CC25  
1 1.0 34 1.0  
LOAD COMB 107 CP+CC26  
1 1.0 35 1.0  
LOAD COMB 108 CP+CC27  
1 1.0 36 1.0  
LOAD COMB 109 CP+CC28

1 1.0 37 1.0  
LOAD COMB 110 CP+CC29  
1 1.0 38 1.0  
LOAD COMB 111 CP+CC30  
1 1.0 39 1.0  
LOAD COMB 112 CP+CC31  
1 1.0 40 1.0  
LOAD COMB 113 CP+CC32  
1 1.0 41 1.0  
LOAD COMB 114 CP+CC33  
1 1.0 42 1.0  
LOAD COMB 115 CP+CC34  
1 1.0 43 1.0  
LOAD COMB 116 CP+CC35  
1 1.0 44 1.0  
LOAD COMB 117 CP+CC36  
1 1.0 45 1.0  
LOAD COMB 118 CP+CC37  
1 1.0 46 1.0  
LOAD COMB 119 CP+CC38  
1 1.0 47 1.0  
LOAD COMB 120 CP+CC39  
1 1.0 48 1.0  
LOAD COMB 121 CP+CC40  
1 1.0 49 1.0  
LOAD COMB 122 CP+CC41  
1 1.0 50 1.0  
LOAD COMB 123 CP+CC42  
1 1.0 51 1.0  
LOAD COMB 124 CP+CC43  
1 1.0 52 1.0  
LOAD COMB 125 CP+CC44  
1 1.0 53 1.0  
LOAD COMB 126 CP+CC45  
1 1.0 54 1.0  
LOAD COMB 127 CP+CC46  
1 1.0 55 1.0  
LOAD COMB 128 CP+CC47  
1 1.0 56 1.0

LOAD COMB 129 CP+CC48  
1 1.0 57 1.0  
LOAD COMB 130 CP+CC49  
1 1.0 58 1.0  
LOAD COMB 131 CP+CC50  
1 1.0 59 1.0  
LOAD COMB 132 CP+CC51  
1 1.0 60 1.0  
LOAD COMB 133 CP+CC52  
1 1.0 61 1.0  
LOAD COMB 134 CP+CC53  
1 1.0 62 1.0  
LOAD COMB 135 CP+CC54  
1 1.0 63 1.0  
LOAD COMB 136 CP+CC55  
1 1.0 64 1.0  
LOAD COMB 137 CP+CC56  
1 1.0 65 1.0  
LOAD COMB 138 CP+CC57  
1 1.0 66 1.0  
LOAD COMB 139 CP+CC58  
1 1.0 67 1.0  
LOAD COMB 140 CP+CC59  
1 1.0 68 1.0  
LOAD COMB 141 CP+CC60  
1 1.0 69 1.0  
LOAD COMB 142 CP+CC61  
1 1.0 70 1.0  
LOAD COMB 143 CP+CC62  
1 1.0 71 1.0  
LOAD COMB 144 CP+CC63  
1 1.0 72 1.0  
LOAD COMB 145 CP+CC64  
1 1.0 73 1.0  
LOAD COMB 146 CP+CC65  
1 1.0 74 1.0  
LOAD COMB 147 CP+CC66  
1 1.0 75 1.0  
LOAD COMB 148 CP+CC67

1 1.0 76 1.0  
LOAD COMB 149 CP+CC68

1 1.0 77 1.0  
LOAD COMB 150 CP+CC69

1 1.0 78 1.0  
LOAD COMB 151 CP+CC70

1 1.0 79 1.0

**\*\*COMBINACIÓN DE CARGAS MAYORADAS\*\***

LOAD COMB 152 0.9CP+CR  
1 0.9 8 1.0

LOAD COMB 153 0.9CP+1.3V  
1 0.9 4 1.3

LOAD COMB 154 1.2CP+CF  
1 1.2 2 1.0

LOAD COMB 155 0.9CP+SX  
1 0.9 5 1.0

LOAD COMB 156 0.9CP-SX  
1 0.9 5 -1.0

LOAD COMB 157 0.9CP+SY  
1 0.9 6 1.0

LOAD COMB 158 0.9CP-SY  
1 0.9 6 -1.0

LOAD COMB 159 0.9CP+SZ  
1 0.9 7 1.0

LOAD COMB 160 0.9CP-SZ  
1 0.9 7 -1.0

LOAD COMB 161 1.2CP+SX  
1 1.2 5 1.0

LOAD COMB 162 1.2CP-SX  
1 1.2 5 -1.0

LOAD COMB 163 1.2CP+SY  
1 1.2 6 1.0

LOAD COMB 164 1.2CP-SY  
1 1.2 6 -1.0

LOAD COMB 165 1.2CP+SZ  
1 1.2 7 1.0

LOAD COMB 166 1.2CP-SZ  
1 1.2 7 -1.0

LOAD COMB 167 1.3CP+2.61CC1

1 1.3 10 2.61  
LOAD COMB 168 1.3CP+2.61CC2  
1 1.3 11 2.61  
LOAD COMB 169 1.3CP+2.61CC3  
1 1.3 12 2.61  
LOAD COMB 170 1.3CP+2.61CC4  
1 1.3 13 2.61  
LOAD COMB 171 1.3CP+2.61CC5  
1 1.3 14 2.61  
LOAD COMB 172 1.3CP+2.61CC6  
1 1.3 15 2.61  
LOAD COMB 173 1.3CP+2.61CC7  
1 1.3 16 2.61  
LOAD COMB 174 1.3CP+2.61CC8  
1 1.3 17 2.61  
LOAD COMB 175 1.3CP+2.61CC9  
1 1.3 18 2.61  
LOAD COMB 176 1.3CP+2.61CC10  
1 1.3 19 2.61  
LOAD COMB 177 1.3CP+2.61CC11  
1 1.3 20 2.61  
LOAD COMB 178 1.3CP+2.61CC12  
1 1.3 21 2.61  
LOAD COMB 179 1.3CP+2.61CC13  
1 1.3 22 2.61  
LOAD COMB 180 1.3CP+2.61CC14  
1 1.3 23 2.61  
LOAD COMB 181 1.3CP+2.61CC15  
1 1.3 24 2.61  
LOAD COMB 182 1.3CP+2.61CC16  
1 1.3 25 2.61  
LOAD COMB 183 1.3CP+2.61CC17  
1 1.3 26 2.61  
LOAD COMB 184 1.3CP+2.61CC18  
1 1.3 27 2.61  
LOAD COMB 185 1.3CP+2.61CC19  
1 1.3 28 2.61  
LOAD COMB 186 1.3CP+2.61CC20  
1 1.3 29 2.61

LOAD COMB 187 1.3CP+2.61CC21  
1 1.3 30 2.61  
LOAD COMB 188 1.3CP+2.61CC22  
1 1.3 31 2.61  
LOAD COMB 189 1.3CP+2.61CC23  
1 1.3 32 2.61  
LOAD COMB 190 1.3CP+2.61CC24  
1 1.3 33 2.61  
LOAD COMB 191 1.3CP+2.61CC25  
1 1.3 34 2.61  
LOAD COMB 192 1.3CP+2.61CC26  
1 1.3 35 2.61  
LOAD COMB 193 1.3CP+2.61CC27  
1 1.3 36 2.61  
LOAD COMB 194 1.3CP+2.61CC28  
1 1.3 37 2.61  
LOAD COMB 195 1.3CP+2.61CC29  
1 1.3 38 2.61  
LOAD COMB 196 1.3CP+2.61CC30  
1 1.3 39 2.61  
LOAD COMB 197 1.3CP+2.61CC31  
1 1.3 40 2.61  
LOAD COMB 198 1.3CP+2.61CC32  
1 1.3 41 2.61  
LOAD COMB 199 1.3CP+2.61CC33  
1 1.3 42 2.61  
LOAD COMB 200 1.3CP+2.61CC34  
1 1.3 43 2.61  
LOAD COMB 201 1.3CP+2.61CC35  
1 1.3 44 2.61  
LOAD COMB 202 1.3CP+2.61CC36  
1 1.3 45 2.61  
LOAD COMB 203 1.3CP+2.61CC37  
1 1.3 46 2.61  
LOAD COMB 204 1.3CP+2.61CC38  
1 1.3 47 2.61  
LOAD COMB 205 1.3CP+2.61CC39  
1 1.3 48 2.61  
LOAD COMB 206 1.3CP+2.61CC40

1 1.3 49 2.61  
LOAD COMB 207 1.3CP+2.61CC41  
1 1.3 50 2.61  
LOAD COMB 208 1.3CP+2.61CC42  
1 1.3 51 2.61  
LOAD COMB 209 1.3CP+2.61CC43  
1 1.3 52 2.61  
LOAD COMB 210 1.3CP+2.61CC44  
1 1.3 53 2.61  
LOAD COMB 211 1.3CP+2.61CC45  
1 1.3 54 2.61  
LOAD COMB 212 1.3CP+2.61CC46  
1 1.3 55 2.61  
LOAD COMB 213 1.3CP+2.61CC47  
1 1.3 56 2.61  
LOAD COMB 214 1.3CP+2.61CC48  
1 1.3 57 2.61  
LOAD COMB 215 1.3CP+2.61CC49  
1 1.3 58 2.61  
LOAD COMB 216 1.3CP+2.61CC50  
1 1.3 59 2.61  
LOAD COMB 217 1.3CP+2.61CC51  
1 1.3 60 2.61  
LOAD COMB 218 1.3CP+2.61CC52  
1 1.3 61 2.61  
LOAD COMB 219 1.3CP+2.61CC53  
1 1.3 62 2.61  
LOAD COMB 220 1.3CP+2.61CC54  
1 1.3 63 2.61  
LOAD COMB 221 1.3CP+2.61CC55  
1 1.3 64 2.61  
LOAD COMB 222 1.3CP+2.61CC56  
1 1.3 65 2.61  
LOAD COMB 223 1.3CP+2.61CC57  
1 1.3 66 2.61  
LOAD COMB 224 1.3CP+2.61CC58  
1 1.3 67 2.61  
LOAD COMB 225 1.3CP+2.61CC59  
1 1.3 68 2.61

LOAD COMB 226 1.3CP+2.61CC60

1 1.3 69 2.61

LOAD COMB 227 1.3CP+2.61CC61

1 1.3 70 2.61

LOAD COMB 228 1.3CP+2.61CC62

1 1.3 71 2.61

LOAD COMB 229 1.3CP+2.61CC63

1 1.3 72 2.61

LOAD COMB 230 1.3CP+2.61CC64

1 1.3 73 2.61

LOAD COMB 231 1.3CP+2.61CC65

1 1.3 74 2.61

LOAD COMB 232 1.3CP+2.61CC66

1 1.3 75 2.61

LOAD COMB 233 1.3CP+2.61CC67

1 1.3 76 2.61

LOAD COMB 234 1.3CP+2.61CC68

1 1.3 77 2.61

LOAD COMB 235 1.3CP+2.61CC69

1 1.3 78 2.61

LOAD COMB 236 1.3CP+2.61CC70

1 1.3 79 2.61

PERFORM ANALYSIS

UNIT CM KG

PARAMETER 1

CODE AISC

FYLD 2530 MEMB 10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233 235 TO 243 245

247 249 -

251 253 255 257 TO 264 266 268 270 272 274 276 278 TO 285 287 291 TO

293 -

297 TO 299 303 TO 305 312 TO 318 391 TO 406 413 TO 428

CHECK CODE MEMB 10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233 235 TO 243

245 247 249 -

251 253 255 257 TO 264 266 268 270 272 274 276 278 TO 285 287 291 TO

293 -

297 TO 299 303 TO 305 312 TO 318 391 TO 406 413 TO 428

PARAMETER 2

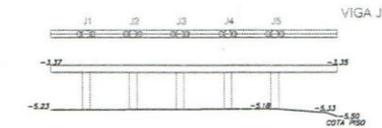
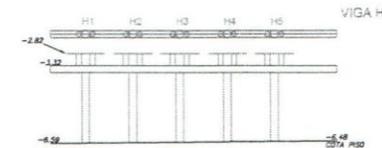
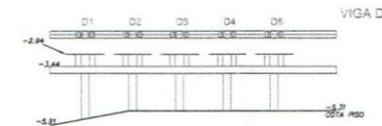
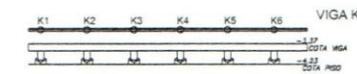
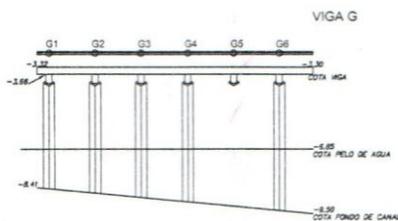
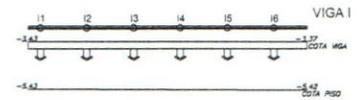
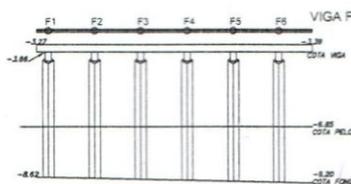
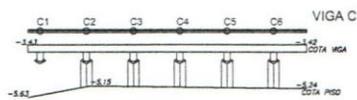
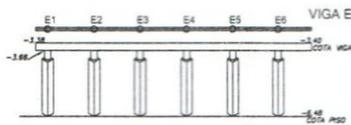
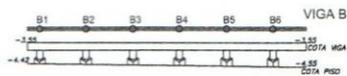
CODE AISC

STEEL MEMBER TAKE OFF LIST 10 TO 39 188 TO 197 227 229 231 233  
235 TO 243 -  
245 247 249 251 253 255 257 TO 264 266 268 270 272 274 276 278 TO 285  
287 -  
291 TO 293 297 TO 299 303 TO 305 312 TO 318 391 TO 406 413 TO 428  
FINISH

**APÉNDICE D**

**Planos del Levantamiento Planialtimétrico de abril de 2014**





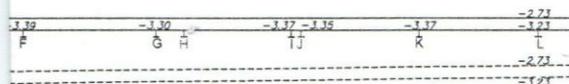
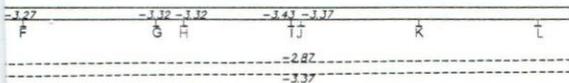
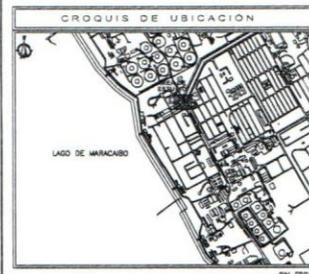
NOTA:  
LAS VIGAS DE REFUERZO EN COLOR ROJO ESTAN DIBUJADAS DE MANERA REFERENCIAL

COORDENADAS PUNTOS GPS			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
DEL-1	1 121 127.57	291 184.99	---

COORDENADAS PUNTOS AUXILIARES			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
BM-1368A	1 121 087.898	292 054.803	-3.789
ALZ-1	1 121 102.289	292 034.804	-3.898
ALZ-2	1 121 073.286	292 014.802	-3.790

BM's DE REFERENCIA UTILIZADO

BM	COTA(m)	UBIC.	FECHA
1368A	-3.789	LAGUNILLAS	18/03/2014



ESCALA GRAFICA



PARAMETROS GEODESICOS	
PROYECCION: UTM	ACOTAMIENTO: 1:200.2012M
SISTEMA: NOROCCIDENTAL DE 1984	ORIENTACION: MAGNÉTICO
ESFERA: 19 ESPERDEDE INTERNACIONAL	FALSO NORTE: 0.00 m
ELIPSOIDE: WGS84	FALSO ESTE: 00.000 m
FACTOR ESCALA: 1/630 958	METODO: MEDICION DIRECTA

ARCHIVO No.	PLANS DE REFERENCIA

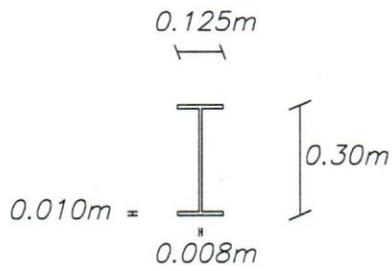


GERENCIA DIVISION COSTA ORIENTAL DEL LAGO GERENCIA DE DIQUES Y DRENAJE UNIDAD DE SERVICIOS GEODESICOS	
LEDER GEODESIA: ABELARDO LOPEZ	INGENIERO DE PROYECTO: YOMAGDA CABILLAS
DIBUJADO POR: MAYERLING ROMERO	No. TRABAJO: No. LIBRETA:

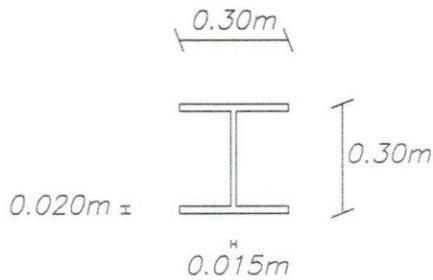
TITULO: LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO PUENTE CARRETERA NACIONAL SOBRE CANAL LG-8 LAGUNILLAS			
CAMPO: LAGUNILLAS	ESCALA: 1:100	FECHA: ABRIL, 2014	NOMBRE ARCHIVO: PUENTE LG-8 ACOTAMIENTO.DWG



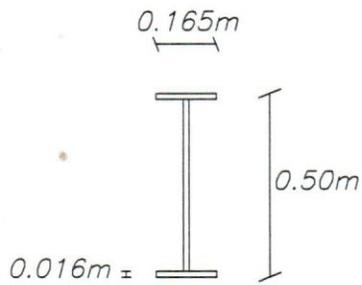




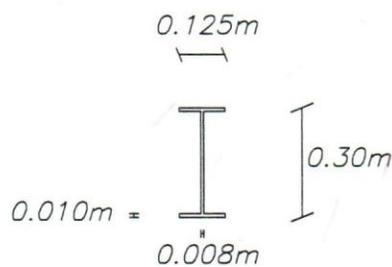
VIGAS  
TRANSVERSALES: B,C,E,F,G,I,K



VIGAS  
TRANSVERSALES: A,D,H,J,L



VIGAS  
LONGITUDINALES: 1,2,3,4,5,6



VIGAS TRANSVERSALES  
DE REFUERZO



VIGAS TRANSVERSALES  
DE REFUERZO

N:1121130

N:1121120

N:1121110

N:1121100

N:1121090

N:1121080

COORDENADAS CENTROS DE PILOTOS  
SISTEMA UTM - HUSO 19 - REGVEN

PILOTOS DE MADERA

VIGA B	NORTE (m)	ESTE (m)
B1	1.121.086,59	252.028,03
B2	1.121.086,33	252.028,90
B3	1.121.086,16	252.027,78
B4	1.121.081,87	252.028,85
B5	1.121.083,68	252.029,54
B6	1.121.085,42	252.030,42

PILOTOS DE MADERA

VIGA D	NORTE (m)	ESTE (m)
D1	1.121.097,79	252.023,27
D2	1.121.093,5	252.024,19
D3	1.121.093,23	252.025,08
D4	1.121.096,95	252.025,98
D5	1.121.098,7	252.026,88
D6	1.121.100,49	252.027,77

PILOTOS DE MADERA

VIGA C	NORTE (m)	ESTE (m)
C1	1.121.097,79	252.023,27
C2	1.121.093,5	252.024,19
C3	1.121.093,23	252.025,08
C4	1.121.096,95	252.025,98
C5	1.121.098,7	252.026,88
C6	1.121.100,49	252.027,77

PILOTOS CIRCULARES

VIGA H	NORTE (m)	ESTE (m)
H1	1.121.108,42	252.019,32
H2	1.121.110,22	252.018,2
H3	1.121.113,20	252.017,08
H4	1.121.113,88	252.017,89
H5	1.121.115,48	252.018,58

PILOTOS CIRCULARES

VIGA G	NORTE (m)	ESTE (m)
G1	1.121.093,49	252.024,31
G2	1.121.093,14	252.024,31
G3	1.121.093,63	252.025,18
G4	1.121.096,96	252.026,09
G5	1.121.100,43	252.027,07

PILOTOS DE MADERA

VIGA I	NORTE (m)	ESTE (m)
I1	1.121.111,39	252.019,79
I2	1.121.113,35	252.019,65
I3	1.121.115,13	252.019,52
I4	1.121.116,91	252.019,39
I5	1.121.118,72	252.019,26
I6	1.121.120,49	252.019,15

PILOTOS DE MADERA

VIGA E	NORTE (m)	ESTE (m)
E1	1.121.096,66	252.020,69
E2	1.121.098,41	252.021,56
E3	1.121.100,19	252.022,44
E4	1.121.101,96	252.023,31
E5	1.121.103,75	252.024,20
E6	1.121.105,51	252.025,07

PILOTOS CIRCULARES

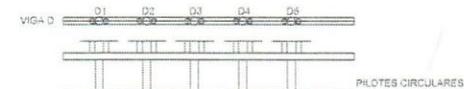
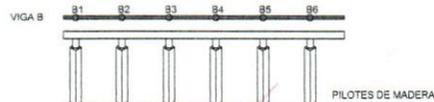
VIGA J	NORTE (m)	ESTE (m)
J1	1.121.112,82	252.019,08
J2	1.121.114,71	252.019,94
J3	1.121.116,52	252.019,82
J4	1.121.118,36	252.019,73
J5	1.121.120,19	252.019,62

PILOTOS DE MADERA

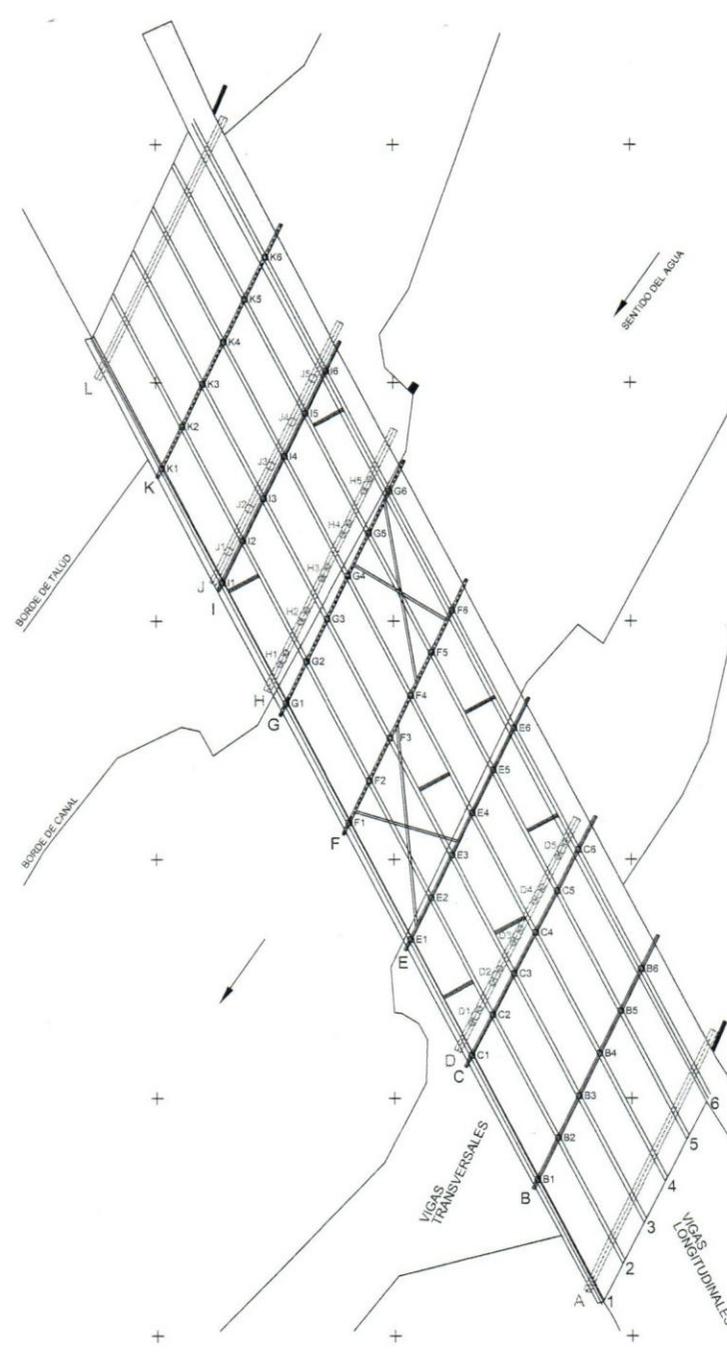
VIGA F	NORTE (m)	ESTE (m)
F1	1.121.101,56	252.018,1
F2	1.121.103,31	252.018,98
F3	1.121.105,08	252.019,84
F4	1.121.106,88	252.020,71
F5	1.121.108,68	252.021,59
F6	1.121.110,49	252.022,46

PILOTOS DE MADERA

VIGA K	NORTE (m)	ESTE (m)
K1	1.121.118,40	252.019,24
K2	1.121.118,15	252.019,19
K3	1.121.119,83	252.019,98
K4	1.121.121,71	252.020,85
K5	1.121.123,51	252.021,74
K6	1.121.125,28	252.022,61

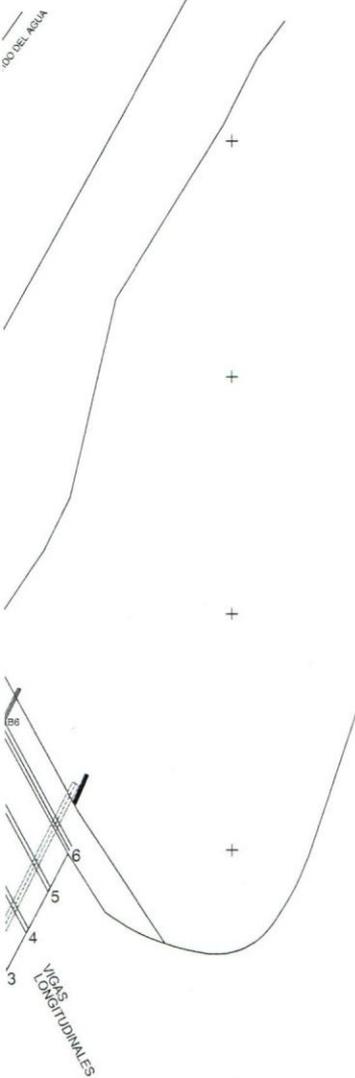


NOTA:  
PILOTE DE MADERA C1: NO EXISTE  
PILOTE DE MADERA G5: NO EXISTE  
PILOTOS DE MADERA EN VIGA I: NO EXISTEN



E:251980	E:251990	E:252000	E:252010	E:252020	E:252030
----------	----------	----------	----------	----------	----------

ELABORADO POR: <b>CorreloSer</b> CORPORACION PERUANA DE SERVICIOS SA TOPOGRAFOS: AURELIO ARACQUE, JESUS CAMPO REVISADO POR: ING. YUSMERY CALZADILLA	NOTAS	No.	POR	REVISIONES	APROB.	FECHA	ARCHIVO No.



COORDENADAS PUNTOS GPS			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
DEL-1	1 121 127 07	281 844 38	---

COORDENADAS PUNTOS AUXILIARES			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
BM-1988A	1 121 287 898	282 034 802	-3,799
AUX-1	1 121 182 328	282 034 304	-3,988
AUX-2	1 121 273 385	282 014 802	-3,790

BM's DE REFERENCIA UTILIZADO			
BM	COTA(m)	UBIC.	FECHA
1988A	-3,799	LAGUNILLAS	18-03-2014

N:1121130

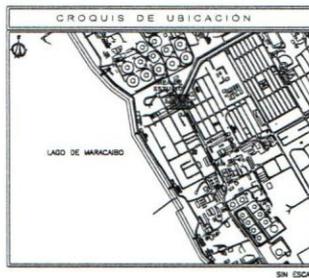
N:1121120

N:1121110

N:1121100

N:1121090

N:1121080



PARAMETROS GEODÉSICOS			
PROYECCION UTM	ACHATAMIENTO 102835/224		
DATUM WORLD GEODETIC SYS 1984	ESCALA MAYOR: 6371237		
HUHO 18 ESFERA INTERNA	FALSO NORTE: 8,8 m		
ELIPSOIDE WGS-84	FALSO ESTE: 88 986,20 m		
FACTOR ESCALA (MG) 0,9998	MERIDIANO CENTRAL: 87 m		

No.	PLANS DE REFERENCIA



GERENCIA DIVISIÓN  
 COSTA ORIENTAL DEL LAGO  
 GERENCIA DE DIQUES Y DRENAJE  
 UNIDAD DE SERVICIOS GEODÉSICOS

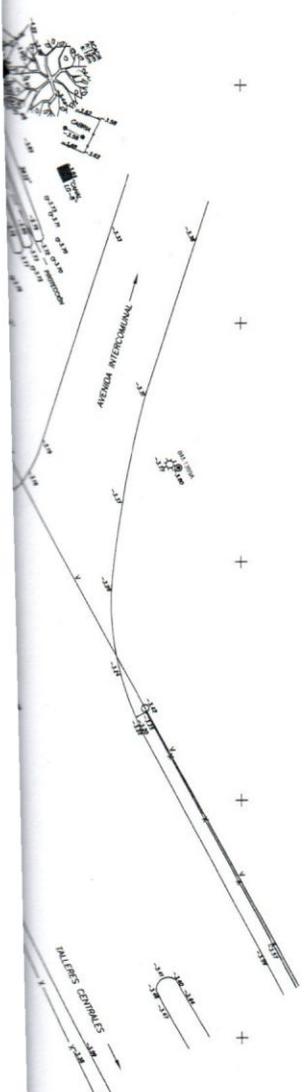
LIDER GEODÉSICO: ABELARDO LÓPEZ  
 INGENIERO DE PROYECTO: YOMAGDA CASILLAS

DIBUJADO POR: MAVERLINO ROMERO  
 No. TRABAJO: No. LIBRETA:

TÍTULO: LEVANTAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO  
 PUENTE CARRETERA NACIONAL  
 SOBRE CANAL LG-8  
 LAGUNILLAS

CAMPO: LAGUNILLAS  
 ESCALA: 1:100  
 FECHA: ABRIL, 2014  
 NOMBRE ARCHIVO: PUENTE LG-8 COORDENADAS VIGAS.DWG





N1121160

COORDENADAS PUNTOS GPS			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
DEL-1	1.121.127.07	281.944.59	---

N1121140

COORDENADAS PUNTOS AUXILIARES			
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
BM-1398A	1.121.387.898	282.094.302	-3.798
AUX.1	1.121.182.338	282.094.304	-3.698
AUX.2	1.121.273.305	282.074.682	-3.798

**BM's DE REFERENCIA UTILIZADO**

BM	COTA(m)	UBIC.	FECHA
1398A	-3.798	LAGUNILLAS	18-02-2011

**LEYENDA**

●	PUNTO GPS	TTTTTT	DALGO
⊙	PUNTO AUXILIAR	■	CONSTRUCCION
-3.50	COTA	□	ALISO
-2.30	COTA VALLEJO	—+—	CERCA/LINDERO
-3.50	COTA TUBERIA	⊗	ARBOLES
-4.30	COTA FONDO CANAL	⊗	ARBOLES DE SOMBRA
-4.85	COTA PIELO DE AGUA	▨	TANQUELLA
—	CANAL - CUERPO DE AGUA	▨	TUBERIA
○	MALGAO	---	TUBERIA ENTERRADA
○	POSTE	●	VALVULA
○	MIENTO	⊗	ENRIPOCADO
▨	TANQUELLA ELECTRICA	—	PROTECCION
◇	LUMINARIA	—	ESPORTE PARA LAGOS
—	LINEA ELECTRICA		

N1121120

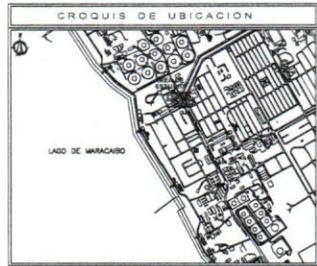
N1121100

N1121080

N1121060

N1121040

N1121020



**ESCALA GRAFICA**



**PARAMETROS GEODESICOS**

- PROYECCION U.T.M.	- ACHATAMIENTO: 1:284.257224
- DATUM: WORLD GEODETIC SYS. 1984	- SEMEJE: NAD 1983 679137
- EPOCA: 18 ESPERDIZO INTERNACIONAL	- FALSO NORTE: 0.00 m
- ELIPSOIDE: WGS 84	- FALSO ESTE: 00.000 m
- FACTOR ESCALA: 1/63089	- MERIDIANO CENTRAL: 89° W

PLANOS DE REFERENCIA



GERENCIA DIVISION  
**COSTA ORIENTAL DEL LAGO**  
 GERENCIA DE DIQUES Y DRENAJE  
 UNIDAD DE SERVICIOS GEODESICOS

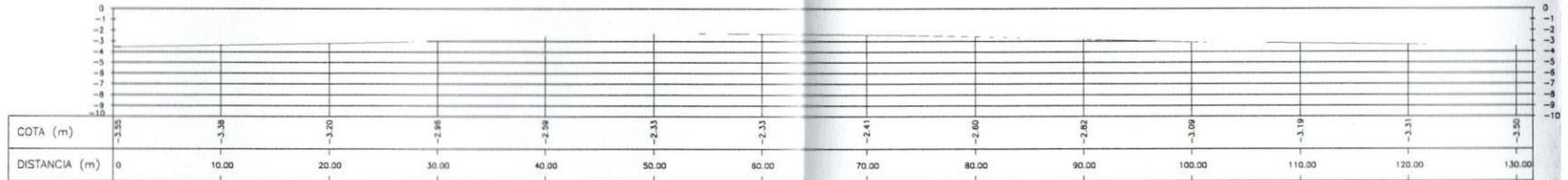
LIBER GEOMETRIA: ABELARDO LOPEZ  
 INGENIERO DE PROYECTO: YOMAGDA CASILLAS

DISEÑADO POR: BAYREY NUN BONGER  
 No. TRABAJO | No. LIBRETA

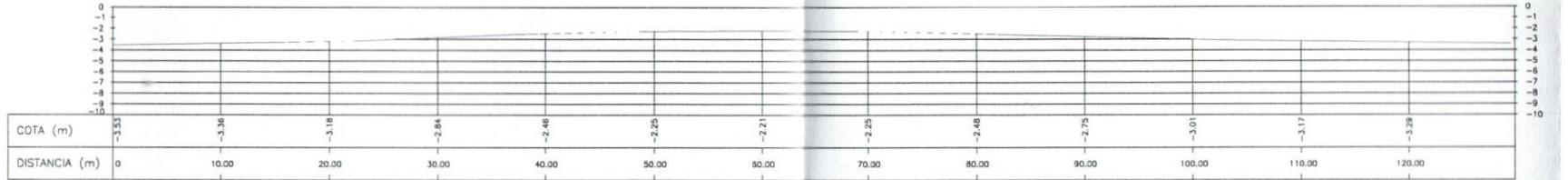
TITULO: **LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO PUNTE CARRTERA NACIONAL SOBRE CANAL LG-8 LAGUNILLAS**

CAMPO: ESCALA: FECHA: NOMBRE ARCHIVO:

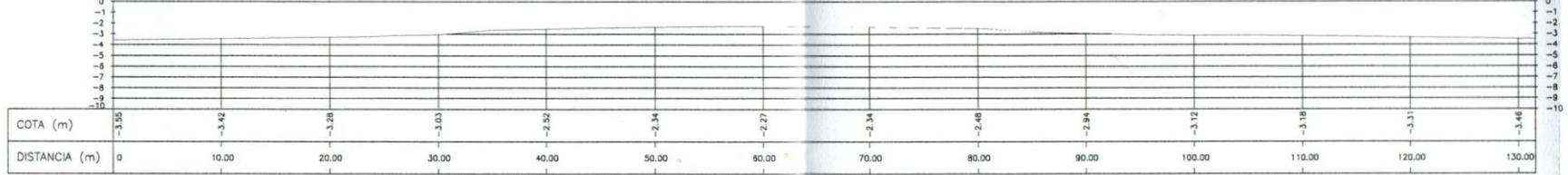
SECCIÓN 3  
Vialidad



SECCIÓN 2  
Vialidad

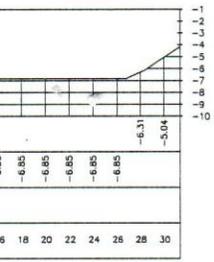


SECCIÓN 1  
Vialidad

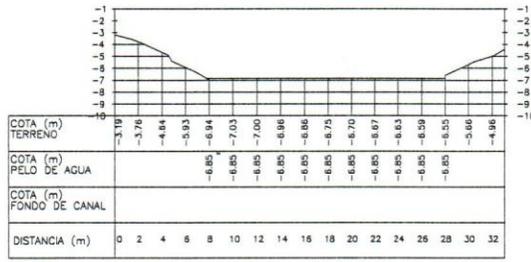




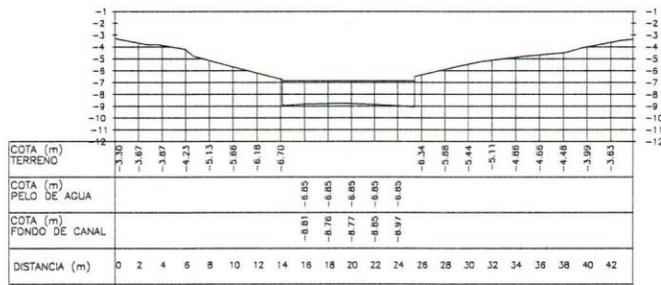
TRANSVERSALES



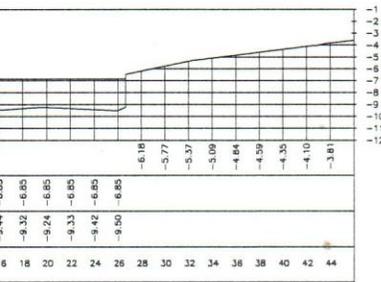
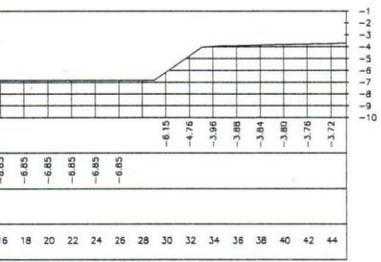
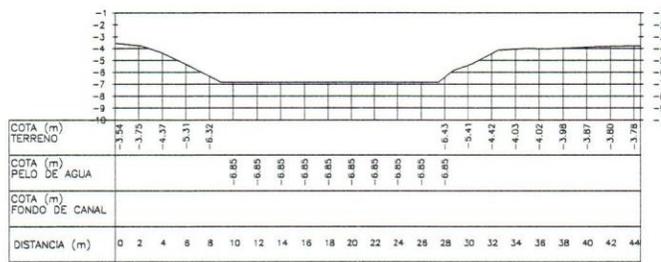
0+011.9



0+023.2



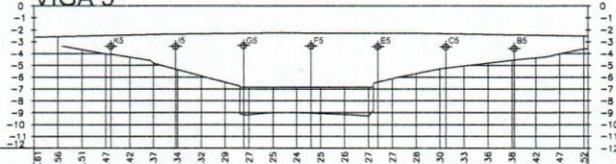
0+035.1







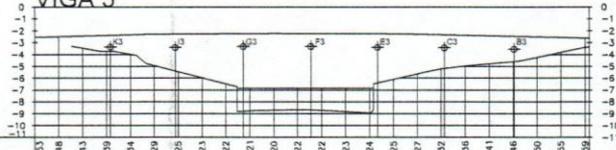
VIGA 5



COTA (m) VIALIDAD	-2.81	-2.56	-2.51	-2.47	-2.42	-2.37	-2.34	-2.32	-2.27	-2.27	-2.28	-2.30	-2.33	-2.36	-2.38	-2.42	-2.47	-2.52							
COTA (m) TOPE CENTRO DE PILOTE		-3.37	-4.01	-4.78	-5.36	-5.89	-6.42																		
DISTANCIA (m) CENTRO DE PILOTE		6.42	11.85	17.55	23.21	28.78	34.49	40.19																	
ACOTAMIENTO		8.417	5.43	5.707	5.852	5.872	5.715	5.701																	
COTA (m) TERRENO		-3.64	-4.01	-4.27	-4.78	-5.36	-5.89	-6.42																	
COTA (m) PELO DE AGUA									-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85							
COTA (m) FONDO DE CANAL									-9.14	-8.89	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85							
DISTANCIA (m)		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46

COTA (m) VIALIDAD	
COTA (m) TOPE CENTRO DE PILOTE	
DISTANCIA (m) CENTRO DE PILOTE	
ACOTAMIENTO	
COTA (m) TERRENO	
COTA (m) PELO DE AGUA	
COTA (m) FONDO DE CA	
DISTANCIA (m)	

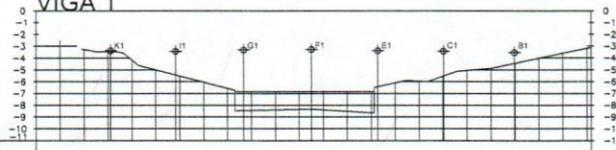
VIGA 3



COTA (m) VIALIDAD	-2.33	-2.48	-2.43	-2.39	-2.34	-2.29	-2.25	-2.22	-2.21	-2.20	-2.22	-2.22	-2.22	-2.23	-2.24	-2.25	-2.27	-2.27							
COTA (m) TOPE CENTRO DE PILOTE		-3.37	-3.37	-3.41	-3.41	-3.31	-3.32	-3.39	-3.43	-3.43	-3.43	-3.43	-3.43	-3.43	-3.43	-3.43	-3.43	-3.43							
DISTANCIA (m) CENTRO DE PILOTE		8.32	11.75	17.46	23.11	28.86	34.28	40.07																	
ACOTAMIENTO		8.319	5.433	5.704	5.855	5.854	5.613	5.796																	
COTA (m) TERRENO		-3.45	-3.75	-3.97	-4.91	-5.45	-5.97	-6.48																	
COTA (m) PELO DE AGUA									-6.85	-6.85	-6.85	-6.85	-6.85	-6.85	-6.85	-6.85	-6.85	-6.85							
COTA (m) FONDO DE CANAL									-8.75	-8.69	-8.65	-8.65	-8.65	-8.65	-8.65	-8.65	-8.65	-8.65							
DISTANCIA (m)		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46

COTA (m) VIALIDAD	
COTA (m) TOPE CENTRO DE PILOTE	
DISTANCIA (m) CENTRO DE PILOTE	
ACOTAMIENTO	
COTA (m) TERRENO	
COTA (m) PELO DE AGUA	
COTA (m) FONDO DE CA	
DISTANCIA (m)	

VIGA 1



COTA (m) VIALIDAD	SIN VIALIDAD																								
COTA (m) TOPE CENTRO DE PILOTE		-3.37	-3.43	-3.32	-3.28	-3.38	-3.43	-3.55																	
DISTANCIA (m) CENTRO DE PILOTE		8.22	11.86	17.36	23.02	28.55	34.06	39.95																	
ACOTAMIENTO		8.222	5.438	5.701	5.857	5.838	5.612	5.891																	
COTA (m) TERRENO		-3.26	-3.47	-4.14	-5.00	-5.51	-6.03	-6.54																	
COTA (m) PELO DE AGUA									-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85	-8.85							
COTA (m) FONDO DE CANAL									-8.45	-8.40	-8.36	-8.36	-8.36	-8.36	-8.36	-8.36	-8.36	-8.36							
DISTANCIA (m)		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46

COTA (m) VIALIDAD	
COTA (m) TOPE CENTRO DE PILOTE	
DISTANCIA (m) CENTRO DE PILOTE	
ACOTAMIENTO	
COTA (m) TERRENO	
COTA (m) PELO DE AGUA	
COTA (m) FONDO DE CA	
DISTANCIA (m)	

