

**PASANTÍA INTERNACIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO 2017**

**DIAGNÓSTICO DE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES DEL PUENTE EL
VIACRUCIS, UBICADO EN LOS MUNICIPIOS DE PEREIRA Y
DOSQUEBRADAS, RISARALDA**

**JENNIFER ALEJANDRA ERASO JOJOA
DIEGO ALBERTO GIRALDO LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA
2017**

**PASANTÍA INTERNACIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO 2017**

**DIAGNÓSTICO DE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES DEL PUENTE EL
VIACRUCIS, UBICADO EN LOS MUNICIPIOS DE PEREIRA Y
DOSQUEBRADAS, RISARALDA**

**JENNIFER ALEJANDRA ERASO JOJOA
DIEGO ALBERTO GIRALDO LÓPEZ**

**PASANTÍA INTERNACIONAL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO - UNAM**

**ASESOR:
ING. ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA
2017**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	7
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
3.1 OBJETIVO GENERAL	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. MARCO DE REFERENCIA	12
4.1 MARCO TEÓRICO.....	12
4.1.1 Puentes.....	12
4.1.2 El concreto.....	13
4.1.3 Patologías estructurales.....	14
4.1.4 Daños estructurales.....	14
4.1.5 Inspección visual.....	16
4.2 MARCO DE ANTECEDENTES	19
4.3 MARCO LEGAL	21
4.4 MARCO GEOGRÁFICO	22
5. MARCO METODOLÓGICO.....	24
5.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	24
5.2 MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO.....	24
5.3 FASES Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	25

6. ANÁLISIS CON BASE EN EL “MANUAL PARA INSPECCIÓN VISUAL DE Puentes Y PONTONES” INVIAS 2006, DE LOS DAÑOS PRESENTADOS EN EL PUENTE EL VIACRUCIS.....	27
6.1 SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTOS	27
6.2 SUBESTRUCTURA.....	29
6.3 SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO	31
6.4 SUPERESTRUCTURA METÁLICA	33
7. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PUENTE EL VIACRUCIS CON EL SOFTWARE SAP 2000	39
7.1 RESULTADOS DE LA ESTRUCTURA	39
7.2 MODELO GEOMÉTRICO	42
7.2 ARTICULACIONES CONJUNTAS	44
7.3 RESUMEN MASIVO DE LOS RESULTADOS	44
7.3.1 Resultados conjuntos.....	44
7.3.1.1 Resultados de la estructura	44
7.3.1.2 Resultados modales	51
7.3.1.3 Desplazamientos y reacciones	52
8. SOLUCIONES A LOS DIFERENTES PROBLEMAS QUE PRESENTA EL PUENTE EL VIACRUCIS.....	61
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	69

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Elementos a considerar en la inspección visual	16
Tabla 2. Manifestaciones patológicas en los puentes	17
Tabla 3. Matriz de diseño metodológico	25
Tabla 4. Coordenadas conjuntas de los nodos más críticos de la estructura analizada.....	42
Tabla 5. Asignaciones de restricciones conjuntas	44
Tabla 6. Masas conjuntas ensambladas	45
Tabla 7. Masas conjuntas ensambladas parte 2 de 2	48
Tabla 8. Reacciones base.....	51
Tabla 9. Proporciones masivas de participación modal	51
Tabla 10. Desplazamiento de articulaciones	52
Tabla 11. Reacciones conjuntas	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación Puente El Viacrucis.....	22
Figura 2. Puente El Viacrucis	23
Figura 3. Características de superficie y equipamientos	28
Figura 4. Tipo de falla en la losa por ausencia de juntas de dilatación	28
Figura 5. Estribos que evidencias eflorescencia	29
Figura 6. Tipo de falla por tensor del anclaje	31
Figura 7. Falla en la losa	32
Figura 8. Vigas transversales	33
Figura 9. Vigas longitudinales y riostras	34
Figura 10. Cable, tensor y pendolones.	35
Figura 11. Cable, tensor y pendolones.	36
Figura 12. Cercha	36
Figura 13. Atornillado, remache y platina	38
Figura 14. Modelado del puente en tres dimensiones	39
Figura 15. Vista frontal del puente	40
Figura 16. Vista lateral del puente	40
Figura 17. Diagrama de fuerzas axiales (carga muerta).....	41
Figura 17. Diagrama de fuerzas axiales (carga viva)	41
Figura 19. Diagrama de fuerzas axiales (combinación)	42
Figura 20. Figura deformada	45

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación del diagnóstico de las patologías estructurales que presenta el Puente El viacrucis, ubicado en los municipios de Pereira y Dosquebradas, Risaralda, con la finalidad de plantear una propuesta de intervención, se estructuró bajo tres objetivos específicos, el primero analizar con base en el “Manual para inspección visual de puentes y pontones” INVIAS 2006, los daños presentados en el puente El Viacrucis, a partir de la técnica de la observación, teniendo como instrumento la inspección visual, para lo cual, una vez se indaga el manual, se procede a las visitas para la inspección detallada de los elementos que componen la estructura, con su debido registro fotográfico, dando como producto un documento técnico.

El segundo objetivo trazó el modelamiento de la estructura del puente El Viacrucis con el software SAP 2000, para lo cual se recolectaron los datos necesarios, como las dimensiones de la estructura, con la cual se alimentó el software obteniendo los resultados requeridos.

El tercer objetivo plantea las soluciones a los diferentes problemas que presenta el puente El Viacrucis, partiendo de la técnica de la apropiación del conocimiento, a través del análisis de resultados se sugieren las intervenciones y reparaciones de daños, priorizándolas y plasmándolas en un plan de soluciones

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los puentes son obras esenciales en la infraestructura vial, los cuales están contruidos para salvar obstáculos naturales como ríos, valles, lagos, cañones, vías y obstáculos artificiales como vías férreas y carreteras, uniendo caminos, haciendo posible el tránsito de personas, animales y mercancías¹.

Algunas de estas estructuras datan de mucho tiempo, presentando daños que limitan su operación, uno de estos casos es el Puente El Viacrucis, ubicado a la altura de la calle 19 con Avenida del Río, sector La Badea, entre el municipio de Pereira y Dosquebradas, instalado desde hace 93 años.

Antaño, el Puente El Viacrucis fue icono en la ciudad, toda vez que por él transitaban importante cantidad de personas que realizaban el viacrucis en Semana Santa, visitado por turistas locales, nacionales e internacionales.

Desde hace mucho tiempo, esta zona fue considerada “peligrosa” debido a los constantes derrumbes que sucedían allí, situación que generó discusión entre los municipios de Pereira y Dosquebradas por temas de responsabilidad frente a la inversión para el mantenimiento del puente, el cual no realizó ninguna de las dos administraciones, generando el cambio en las costumbres, dejando de un lado el ambiente familiar y tranquilo que se daba en el sector, para dar paso a un ambiente habitado por gente de la calle e inseguro².

¹ EL DIARIO. Recordanto El Viacrucis . [En línea] 16 de Marzo de 2016. [Citado el: 20 de Septiembre de 2017.] <http://www.eldiario.com.co/seccion/LOCAL/recordando-el-viacrucis-galer-a-1603.html>.

² Ibíd.

Es así, como este icono, presenta en la actualidad un mal estado en su estructura, de acuerdo al recorrido realizado por periodistas del periódico El Diario³, además según los autores de la presente investigación, es notable la vulnerabilidad estructural del puente, sin notarse ningún mantenimiento ni reforzamiento, haciendo necesario un estudio sobre la patologías estructurales.

³ Ibíd.

2. JUSTIFICACIÓN

El diagnóstico de las patologías estructurales del Puente El Viacrucis, permite analizar con base en el Manual para inspección visual de puentes y pontones, INVIAS 2006, los daños presentados y el nivel de los mismos, modelando su estructura con el software SAP 2000, convirtiéndose en una herramienta para que las administraciones municipales conozcan el estado del mismo y las inversiones necesarias para su recuperación.

El Puente El Viacrucis fue un sitio importante en Semana Santa, en el cual se realizaba la peregrinación del Viernes Santo, una tradición de más de 40 años, sector llamado “bastión espiritual de la región”⁴.

Desde el año 2010, se plantea la recuperación de este espacio, no solo pensando en las necesidades de los habitantes del sector, sino también como iniciativa de las alcaldías de Dosquebradas y Pereira, para posicionar a Risaralda como “destino turístico en la celebración de la Semana Santa, y promover el Vía crucis como patrimonio histórico y cultural de la región”⁵.

Así las cosas, el estudio de patología del puente El Viacrucis, permite conocer las causas y problemas estructurales que se presentan, así mismo plantea soluciones a los diferentes problemas detectados, siendo punto de partida para su posterior mantenimiento y reforzamiento estructural, generando la recuperación de tan importante puente.

⁴ EL TIEMPO. En Pereira, quieren recuperar el tradicional Vía crucis de La Badea para esta Semana Santa. [En línea] 25 de Febrero de 2010. [Citado el: 20 de Septiembre de 2017.] <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7301521>.

⁵ Ibíd.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar las patologías estructurales que presenta el Puente El viacruzis, ubicado en los municipios de Pereira y Dosquebradas, Risaralda, con la finalidad de plantear una propuesta de intervención.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFOS

Analizar con base en el “Manual para inspección visual de puentes y pontones” INVIAS 2006, los daños presentados en el puente El Viacruzis.

Modelar la estructura del puente El Viacruzis con el software SAP 2000.

Plantear soluciones a los diferentes problemas que presenta el puente El Viacruzis.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Puentes. Los puentes son estructuras, que salvan las barreras que separan a las personas, uniendo comunidades, acortando distancias, facilitando el transporte y el comercio, soportan sus cargas para aligerar las tareas de los hombres, EL puente debe verse bajo diversas perspectivas: como ideal constructivo, como símbolo de toda una sociedad, como logro tecnológico con el que vencer un obstáculo, como monumento, como superador de fronteras, herramienta económica y comercial⁶.

Básicamente un puente está formado por 2 partes principales: el tablero y los apoyos. Normalmente además de estas dos partes también llevan una armadura, el tablero descansa en los apoyos, siendo la distancia entre dos puntos de apoyo lo que se llama vano, a la hora de plantearse la construcción de un puente, se dividen dos partes separadas: la superestructura, siendo ésta el conjunto de los tramos que salvan los vanos situados entre los soportes y la infraestructura, formada por los cimientos, los estribos y las pilas que soportan los tramos⁷.

Según su forma, los puentes pueden ser de viga, formados principalmente por elementos horizontales que se apoyan en sus extremos sobre soportes o pilares; de arco; colgantes, formados por un tablero por el que se circula, que pende, mediante un gran número de tirantes de dos cables que forman catenarias y que

⁶ ESPAÑA. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS - INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN. *Puentes, sociedad e ingeniería. En: Informes de la Construcción, diciembre de 2014, vol. 66, no. 536 . ISSN-B-1988-3234..*

⁷ TECNOLOGÍA . Puentes. [En línea] Tecnología , 2017. [Citado el: 26 de Septiembre de 2017.] <http://www.areatecnologia.com/puentes.htm>.

están anclados en los extremos del puente y sujetos por grandes torres de hormigón o acero⁸.

Según el material pueden ser de puentes de madera, que son más fáciles de construir y menos costoso, pero menos resistente; puentes de piedra, siendo más resistente, compactos y duraderos, pero más costosos; puentes metálicos, que son muy versátiles, pero están sometidos a la acción corrosiva y puentes de hormigón armado, son de montaje rápido, incorporando en algunos casos elementos prefabricados, son resistentes a la acción de los agentes atmosféricos⁹.

4.1.2 El concreto. El concreto es un material que es influenciado por diferentes variables, como “las características y variabilidad de sus componentes (cemento, agregados, agua, adiciones minerales y aditivos químicos); las tecnologías de dosificación, mezclado, transporte, vertido y curado, y por las variaciones en la elaboración. Para mantener las propiedades del concreto, es necesario un control de calidad¹⁰.

Ante una alteración en el concreto, se pueden evidenciar algunas señales como las fisuras, siendo este uno de los síntomas más importantes de patología, éstas “son roturas que aparecen en el concreto como consecuencia de la aparición de esfuerzos que superan la capacidad resistente del material”. Las fisuras se determinan por su edad, forma, posición, espaciamiento en el elemento, trayectoria, amplitud de la abertura, movimiento, entre otras¹¹.

⁸ *Ibíd.*

⁹ *Ibíd.*

¹⁰ VIDAUD, Eduardo; VIDAUD, Ingrid. *Control de calidad al concreto*. México: Construcción y Tecnología en Concreto, 2014.

¹¹ VIDAUD, Eduardo. *Fisuras en el concreto ¿Síntoma o enfermedad?* México: Construcción y Tecnología en Concreto, 2013.

Otra señal, son las grietas, generadas en el concreto endurecido y en el concreto plástico, en el primero se clasifican en físicas (contracción de agregados, contracción por secado), químicas (corrosión de refuerzo, alcalí – agregado, carbonatación), térmicas (congelamiento – deshielo, temperatura ambiente, temperatura de reacción), estructurales (sobrecargas, flujo plástico, cargas de diseño, asentamiento diferencial; en el concreto plástico se clasifican en plásticas (congelación temprana, contracción plástica, asentamiento plástico), construcción (movimiento de cimbras, movimiento del terreno)¹².

4.1.3 Patologías estructurales. Toda acción, sea debida a la exposición ambiental o al uso, que resulte en sollicitaciones que exceden la capacidad de los materiales para permanecer en el intervalo elástico de su comportamiento bajo cargas, produce daños visibles bajo inspección. Esta evidencia es lo que se denomina como manifestación patológica¹³.

La patología de las estructuras es “el tratamiento sistemático de los defectos de las construcciones, sus causas, sus consecuencias y sus soluciones. Tiene su origen en enfermedades congénitas, es decir, errores de concepción o ejecución, y en las enfermedades adquiridas, por acciones del medio ambiente¹⁴.

4.1.4 Daños estructurales. Es la consecuencia de sobrepasar un estado límite de la estructura durante su uso o explotación, pueden ser de tipo mecánico, físico, químico, biológico¹⁵.

¹²CURSO EVALUACIÓN PATOLÓGICA DE ESTRUCTURAS. (2017: México). Memorias, México: División de Educación Continua y a Distancia de la Facultad de Ingeniería. .

¹³ COLOMBIA. FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales. [En línea] Alcaldía de Bogotá, 2011. [Citado el: 23 de Septiembre de 2017.] http://www.elespectador.com/files/pdf_files/f938a83978ecae571b3713873fad1224.pdf.

¹⁴ CURSO EVALUACIÓN PATOLÓGICA DE ESTRUCTURAS.Op. cit.

¹⁵ Ibíd.

Los síntomas comunes en las estructuras son grietas, fisuras y/o fracturas, aplastamientos, desconchamientos, zonas punzonadas, eflorescencias, cambios de coloración, segregación, hinchazones, deformaciones, oquedadas o deflexiones¹⁶.

Entre los daños estructurales por acciones mecánicas se tiene cargas vivas, cargas muertas, viento, sismo, vibraciones, impacto, empujes del suelo, deformaciones impuestas. En los daños físicos están los cambios de humedad y cambios de temperatura. Por acciones químicas se tiene la corrosión del acero del refuerzo, carbonatación, reacción alcalí – agregado, lixiviación y eflorescencia. Por acciones biológicas se tiene la vegetación, microorganismos, bacterias, entre otros. Por construcción inadecuada se presenta por ejecución incorrecta, bajo recubrimiento y mala colocación del acero de refuerzo¹⁷.

La carbonatación, es un proceso físico-químico, el cual cambia poco a poco la estructura del concreto, cambiando sus propiedades físicas, penetrando a través de sus poros; su presencia se da debido al dióxido de carbono, presente en el ambiente, siendo más frecuencia en zonas de contaminación, siendo importante entonces, la humedad y la temperatura¹⁸.

La lixiviación, es una degradación que ocurre por el agua con contenido de sustancias agresivas, aguas blandas y puras, siendo un mecanismo de ataque leve, que se genera entonces cuando el agua disuelve componentes del material¹⁹.

¹⁶ Ibíd.

¹⁷ Ibíd.

¹⁸ VIDAUD, Eduardo. *La carbonatación en el concreto reforzado*. México : Construcción y Tecnología en Concreto, 2012.

¹⁹ VIDAUD, Eduardo; VIDAUD, Ingrid. *Eflorescencia en el concreto: Mecanismo y terapéutica*. México: Construcción y Tecnología en Concreto, 2013.

4.1.5 Inspección visual. Según el Manual para inspección visual de puentes y pontones²⁰, los siguientes son los elementos a considerar en la inspección visual:

Tabla 1. Elementos a considerar en la inspección visual

Aspecto	Elementos
Superficie y equipamientos	Superficie del puente y accesos Juntas de expansión Andenes y/o bordillos Barandas Iluminación Señalización Drenajes
Subestructura	Aletas Estribos Pilas
Superestructura en concreto	Losa Vigas Riostras Marcos en mampostería y concreto Apoyos
Superestructura metálica	Cables / pendolones Perfiles metálicos Armaduras Conexiones Arcos metálicos
Otros	Acceso peatonal (escalera) Acceso peatonal (rampa) Cauce Puente en general

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. 2006. *Manual para la inspección visual de puentes y pontones*

El mismo manual señala las manifestaciones patológicas más comunes en los puentes²¹:

²⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. 2006. *Manual para la inspección visual de puentes y pontones*. Bogotá : Universidad Nacional , 2006.

²¹ *Ibíd.*

Tabla 2. Manifestaciones patológicas en los puentes

Daño general	Daño específico	Descripción
Daños por diseño	Fisuras	Resultados de los esfuerzos que actúan sobre los elementos estructurales
	Aplastamiento local	Alta concentración de cargas en las zonas de apoyo
	Asentamientos	Movimientos verticales diferenciales
	Volcamiento	Mal dimensionamiento de los elementos
	Vibración excesiva	Movimiento que se percibe en la estructura debido a sobrecargas
Daños por construcción	Hormigueros	Alteración sufrida por el concreto, presencia de oqueadas
	Segregación	Distribución inadecuada de los componentes de la mezcla
Daños por construcción	Fisuración por retracción	Ocurre cuando el concreto está en estado fresco, generalmente en superficies horizontales
	Construcción inadecuada de juntas frías	La continuidad entre concretos vaciados en diferentes etapas no se tratan correctamente, afectando la durabilidad de la estructura
	Recubrimiento inadecuado y exposición de acero de refuerzo	Las barras de refuerzo deben tener un recubrimiento adecuado de concreto según el ambiente
Daños durante el funcionamiento	Infiltración y eflorescencias	Las eflorescencias consisten en el depósito de sales que son lixiviadas fuera del concreto, las cuales se cristalizan luego de la evaporación del agua que las transportó
	Carbonatación	Es la reacción que se presenta entre el dióxido de carbono del aire atmosférico o del suelo con los componentes alcalinos del concreto, generando carbonato de calcio y la disminución de la reserva alcalina de concreto
	Corrosión de armadura	Proceso electroquímico que causa la oxidación del acero del refuerzo en el concreto
	Contaminación del concreto	Presencia de microorganismos afectan la estética e inducen a fallas

Daño general	Daño específico	Descripción
		de carácter físico o químico, aumentando el deterioro de daños preexistentes
	Fallas por impacto	Genera diversas consecuencias, como daños leves como fisuras y descascamientos o fallas de consideración como propagación de grietas, pérdida de la rigidez y colapso de la estructura
	Socavación	Erosión causada por el agua o por materiales abrasivos, genera desgaste del concreto y fallas de estabilidad

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. 2006. *Manual para la inspección visual de puentes y pontones*

Otros daños a evaluar son los presentados en la estructura metálica, en los cables y pendones, en los perfiles metálicos, torres y miembros de armaduras y en las conexiones, los cuales se describen a continuación²²:

En las estructuras metálicas los daños que se presentan es la corrosión, siendo esta un deterioro de las propiedades físicas y químicas, la pintura deteriorada, asociada a la patología anterior, toda vez que la pintura protege de la corrosión.

Los daños en cables y pendolones, se clasifican en pérdida de recubrimiento de los cables, la pérdida de tensión de cables y pendolones, debido a los esfuerzos axiales de tracción, las fisuras en los alambres, las fisuras en los muertos y contaminación en la zona de los anclajes.

Los daños presentados en los perfiles metálicos, torres y miembros de armaduras, es el pandeo local, el pandeo general lateral, las fisuras en vigas longitudinales y transversales, las fallas por impacto y la deflexión excesiva.

²² *Ibíd.*

Los daños en las conexiones se sintetizan en ausencia o mal estado de los conectores, excentricidades, falla por tensión de la platina, aplastamiento de la platina, falla por desgarramiento, falla por corte en el conector, falla por bloque de cortante y rotura de la soldadura.

4.1.6 Software SAP 2000. Es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, el cual realiza de forma integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de la estructura, permite su utilización en el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y todo tipo de infraestructura que necesite ser analizada y dimensionada²³.

Con el software SAP 2000, es posible generar automáticamente cargas de sismo, viento y vehículos, y posteriormente, hacer el dimensionamiento y comprobación automática de estructuras de hormigón armado, perfiles metálicos, de aluminio y conformados en frío²⁴.

4.2 MARCO DE ANTECEDENTES

El proyecto de grado “Evaluación, diagnóstico patológico y propuesta de intervención del puente Heredia”²⁵ se realizó mediante una metodología experimental, bajo una inspección visual, en la cual registraron fotográficamente los aspectos analizados, además de ensayos no destructivos como carbonatación, análisis del recubrimiento de la armadura y resistencia aparente para la toma de muestras, como resultados se encontró que los elementos estructurales presentaron daños

²³ CSI SPAIN. SAP 2000. [En línea] 2017. [Citado el: 26 de Septiembre de 2017.] <http://www.csiespana.com/software/2/sap2000>.

²⁴ Ibíd.

²⁵ OLIVEROS, Jorge. *valuación, diagnóstico patológico y propuesta de intervención del puente Heredia. Trabajo de grado Ingeniería Civil*. Cartagena: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2015.

mínimos, una falla estructural en cuanto a las pilas y vigas; en los elementos no estructurales como barandas y andenes, se tienen fallas graves tales como corrosión; las zonas peatonales estuvieron obstaculizadas por vegetación, huecos e indigentes durmiendo. En la inspección visual abarcaron la iluminación, accesos y alrededores.

Otro puente estudiado en el país fue el “Zapatero”, frente a la escuela naval Almirante Padilla de Cartagena de Indias, para el logro del objetivo general, se estructuraron cuatro objetivos específicos, el primero determinó los factores físicos, químicos, mecánicos y biológicos que tienen impacto sobre la estructura, el segundo evaluó y diagnóstico el estado de los diferentes elementos estructurales que conforman el puente, el tercer objetivo busco realizar ensayos no destructivos para determinar las distintas patologías que agreden la estructura, por último se generó un pronóstico sobre el comportamiento futuro de los elementos afectados, con el fin de determinar la terapia o intervención apropiada que se debe realizar en el puente. La investigación fu de tipo descriptiva, con un diseño de tipo experimental, a través de la observación directa y la aplicación de ensayos no destructivos.²⁶.

En el año 2014, también se diagnosticó y evaluó, el puente Román, ubicado en un barrio de la ciudad de Cartagena²⁷, para lo cual se realizó una inspección visual, registrada mediante archivo fotográfico, se hicieron mediciones y ensayos no destructivos de tipo químico (fenolftaleína) y de tipo mecánico (Esclerómetro) en la

²⁶SERPA, María Fernanda; SAMPER, Lina María. *Evaluación, diagnóstico, patología y propuesta de intervención del puente sobre el caño el zapatero a la entrada de la escuela naval almirante padilla. Trabajo de grado Ingeniería Civil.* Cartagena: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2014.

²⁷BUSTAMANTE, Carlos Andrés y GONZÁLEZ, David. *Evaluación, diagnóstico y propuesta de intervención para la patología del puente Román ubicado en el barrio Manga. Trabajo de grado Ingeniería Civil.* Cartagena: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2014.

estructura y un levantamiento topográfico que sirvió para hacer el plano y mapa de los daños.

El puente Romero Aguirre de la ciudad de Cartagena, también fue objeto de estudio, la metodología utilizada fue un estudio de tipo no experimental, para el cumplimiento de los objetivos se plantearon tres fases, la primera contempló la revisión bibliográfica y planos estructurales, la segunda una inspección preliminar, registro fotográfico y ensayos no destructivos, la última fase la cuantificación de daños patológicos y una propuesta de intervención, el trabajo fue enmarcado en la línea de seguridad estructural²⁸.

En el año 2011, se llevó a cabo la investigación “Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales”, justificada en la preocupación de un gran número de puentes en el país con importantes problemas patológicos, los resultados destacan inadecuadas condiciones de muchos puentes para el tráfico vehicular, confirmado por el número comprobado de patologías serias encontradas, que proveen evidencia sobre las deficiencias en planificación, diseño y mantención²⁹.

4.3 MARCO LEGAL

Para el diagnóstico de las patologías estructurales que presenta el Puente El viacrucis, se tendrá en cuenta el Manual para inspección visual de puentes y pontones - INVIAS 2006, el cual da recomendaciones para que el Ingeniero Civil realice la inspección visual y el inventario de los daños que afectan los elementos del puente. El manual tiene cuatro capítulos, el primero las generalidades de la

²⁸ REYES, Erika; CONTRERAS, Alejandra. *Evaluación, diagnóstico patológico y propuesta de intervención del puente Romero Aguirre. Trabajo de grado Ingeniería Civil*. Cartagena : Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2014.

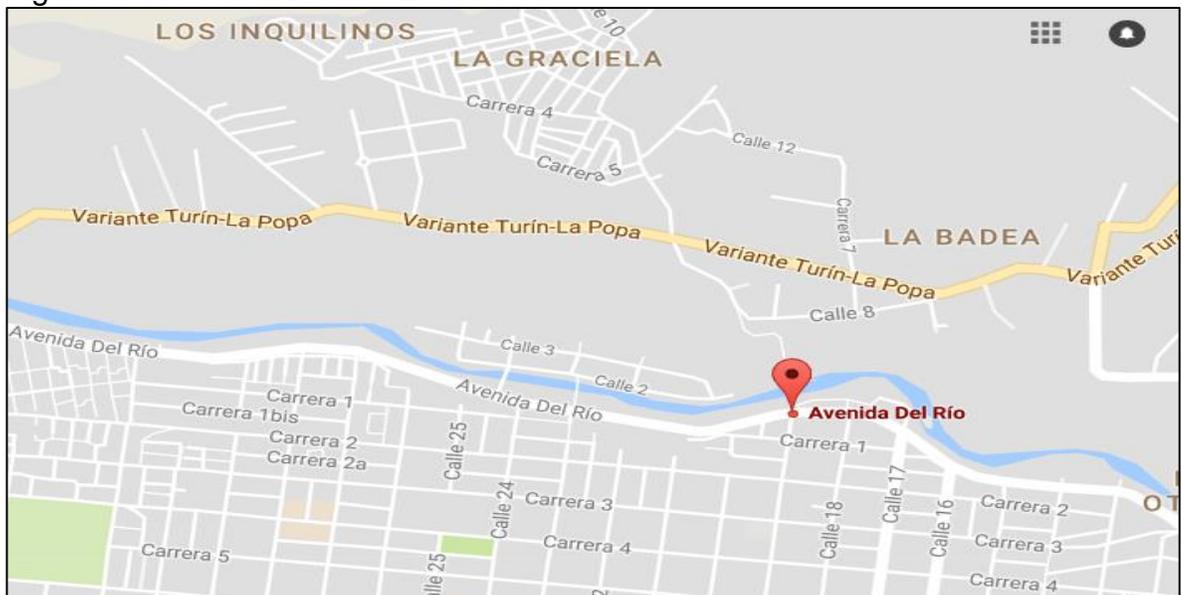
²⁹ TADEU, Nelson; LENZ, Artur. *Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales*. *En* Revista Ingeniería de Construcción, 2011. vol. 26, no. 1. p. 5-26.

inspección, estableciendo el procedimiento y elementos y equipos; el segundo la captura de información, con la localización de la estructura, la identificación de la estructura y la inspección por elementos; el tercer capítulo brinda herramientas de síntesis de daños en puentes de concreto, como son daños por diseño, por construcción y durante el funcionamiento; el cuarto capítulo relaciona la síntesis de daños en estructuras metálicas, dividido en corrosión, pintura deteriorada, daños en cables y pendolones, perfiles metálicos, torres y miembros de armaduras y daños en las conexiones³⁰.

4.4 MARCO GEOGRÁFICO

El Puente El Viacrucis, está ubicado a la altura de la calle 19 con Avenida del Río, entre el municipio de Pereira y Dosquebradas, en la figura 1 se aprecia su ubicación.

Figura 1. Ubicación Puente El Viacrucis



Fuente: Google maps

³⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. 2006. Op. Cit.

En la figura 2, se observa la imagen del Puente El Viacrucis.

Figura 2. Puente El Viacrucis



Fuente: Los autores

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es cualitativo, el cual tiene como principales características que explora los fenómenos en profundidad, se conduce básicamente en ambientes naturales, los significados se extraen de los datos, no se fundamenta en la estadística; mediante un proceso inductivo, recurrente, donde se analiza múltiples realidades subjetivas, sin tener una secuencia lineal³¹, el proyecto “Diagnóstico de las patologías estructurales del Puente El viacruzis, ubicado en los municipios de Pereira y Dosquebradas, Risaralda”, parte de una inspección visual a partir del Manual para inspección visual de puentes y pontones INVIAS 2006, para detectar los daños presentados en el puente El Viacruzis, estudiando a profundidad los resultados, contextualizando el fenómeno estudiado.

En enfoque cualitativo procede a recolectar y analizar datos, una vez realizada la inspección visual, se procede analizar la información y a modelar la estructura del puente El Viacruzis con el software SAP 2000, permitiendo proponer soluciones.

5.2 MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

La matriz del diseño metodológico, plantea la técnica para el logro de cada objetivo, el instrumento y la variable a evaluar.

³¹ HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la Investigación*. México : Mc-Graw-Hill, 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9.

Tabla 3. Matriz de diseño metodológico

Objetivos Específicos	Técnica	Instrumentos	Variables
Analizar con base en el “Manual para inspección visual de puentes y pontones” INVIAS 2006, los daños presentados en el puente El Viacruzis.	Observación	Manual de inspección del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)	Características patológicas del puente
Modelar la estructura del puente El Viacruzis con el software SAP 2000.	Informática	Software SAP 2000	Modelamiento de la estructura del puente
Plantear soluciones a los diferentes problemas que presenta el puente El Viacruzis	Conocimientos propios	Análisis y discusión	

Fuente: Los autores

5.3 FASES Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto tiene tres fases, las cuales se describen a continuación con el producto obtenido.

Fase I. Inspección visual

Actividades:

- Visita de campo para la inspección visual
- Registro de evidencia fotográfica

Producto: Documento técnico

Fase II Modelamiento de estructura

Actividades:

- Recolección de información
- Se alimenta el sistema

Producto: Modelamiento estructural del Puente El Viacrucis en software

Fase III – Planteamiento de soluciones

Actividades

- Análisis y discusión de resultados
- Propuesta de soluciones

Producto: Documento técnico

6. ANÁLISIS CON BASE EN EL “MANUAL PARA INSPECCIÓN VISUAL DE Puentes Y PONTONES” INVIAS 2006, DE LOS DAÑOS PRESENTADOS EN EL PUENTE EL VIACRUCIS.

De acuerdo a la inspección visual realizada en el Puente el Viacrucis, con base al manual de puentes y pontones de INVIAS, se obtienen los siguientes resultados:

6.1 SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTOS

Se observó que el puente no cuenta con iluminación, tampoco con señalización reglamentaria, ni informativa sobre el estado del mismo y su restricción para utilizarlo.

El puente cuenta con dos accesos, uno sentido Avenida del Río - Barrio La Esneda y el Sector la Badea, el otro acceso en el sentido contrario, dichos accesos solo son peatonales, toda vez que ubicaron bolardos de concreto en las entradas para evitar el acceso vehicular.

El puente no cuenta con andenes exclusivos para uso peatonal, pero en la actualidad solo transitan personas, a cada lado cuenta con barandas en concreto ciclópeo, las cuales están en mal estado

En la figura 3 se aprecian las condiciones señaladas anteriormente.

Figura 3. Características de superficie y equipamientos



Fuente: Los autores

El puente no tiene juntas de expansión que eviten el daño en la losa, toda vez que en la construcción de ésta no se tomó en cuenta la realización de las mismas, presentando fallas de agrietamiento por dilatación, como se puede observar en la figura 4.

Figura 4. Tipo de falla en la losa por ausencia de juntas de dilatación



Fuente: Los autores

6.2 SUBESTRUCTURA

Estribos

El puente cuenta con dos estribos, los cuales se observan en mal estado, evidenciando patologías de eflorescencia o conocidas también como lixiviación, en razón a la presencia de aguas que contienen sustancias agresivas, aguas blandas y puras (lluvias), como se aprecia en la figura 5.

Figura 5. Estribos que evidencias eflorescencia



Fuente: Los autores

Macizo de anclaje

El macizo de anclaje generalmente es de hormigón y sirve para anclar la estructura a una base firme, éste presenta fisuras, deduciendo que esta falla se genera debido al sobre esfuerzo que soporta, como se observa en la figura 6.

Figura 6. Tipo de falla por tensor del anclaje



Fuente: Los autores

6.3 SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO

Losa

En el puente El Viacrucis se tiene un tipo de losa aligerada, según la inspección visual se observa que se encuentra en mal estado y desnivelada, con un 100% de desgaste en toda su longitud, además la placa metal deck tiene corrosión y está expuesta a la superficie superior, situaciones generadas por falta de mantenimiento, como se detalla en la figura 7.

Figura 7. Falla en la losa



Fuente: Los autores

6.4 SUPERESTRUCTURA METÁLICA

Vigas

El puente tiene 11 vigas transversales, en estructura metálica de forma “I” de 23 cm de alma, detallando que están en mal estado, presentan corrosión y rodeadas de vegetación, notándose la falta de mantenimiento, como se aprecia en la figura 8.

Figura 8. Vigas transversales



Fuente: Los autores

La estructura cuenta con 4 vigas longitudinales y riostras a lo largo de la losa, se evidencia que hay ausencia de esta viga y de riostras en unos tramos, dado que la corrosión las desgasto a tal punto que no se logran visualizar, otro escenario que se puede presentar es el hurto, ante esta situación se reemplaza por guadua, como se aprecia en la figura 9.

Figura 9. Vigas longitudinales y riostras



Fuente: Los autores

Cables / pendolones

El cable, el tensor y los pendolones se encuentran en general en buen estado, se presentan en la figura 10.

Figura 10. Cable, tensor y pendolones.



Fuente: Los autores

Torre en estructura metálica

La torre de la estructura metálica está construida por perfiles tipo “H”, según la inspección visual se encuentra en buen estado, se apoya sobre pedestales de concreto y tienen riostras para rigidizar el elemento, como se aprecia en la figura 11.

Figura 11. Cable, tensor y pendolones.



Fuente: Los autores

Cercha

Este elemento se encuentra a lo largo del puente, se puede apreciar que trabaja más como protección a los peatones, que como reforzamiento a la estructura, cuenta con ángulos metálicos de 3 pulgadas, evidenciando corrosión.

Figura 12. Cercha.



Fuente: Los autores



Conexiones

En materia de conexiones, el puente cuenta con atornillado, remache y platina, se encuentran en buen estado, se detallan en la figura 13.

Figura 13. Atornillado, remache y platina



Fuente: Los autores

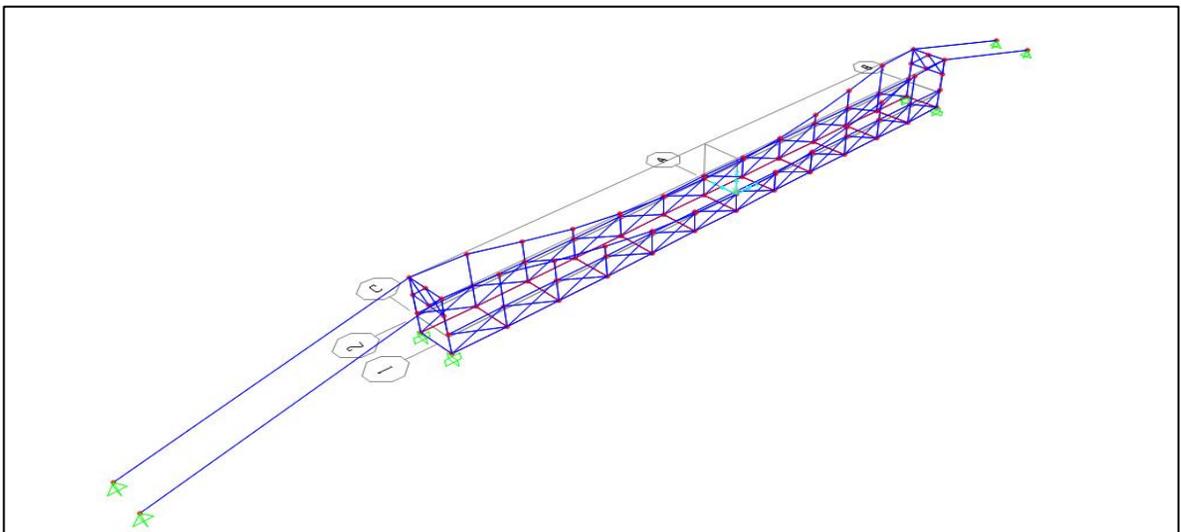
7. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PUENTE EL VIACRUCIS CON EL SOFTWARE SAP 2000

Con la ayuda del software SAP, se diseñó la estructura del puente El Viacrucis, teniendo en cuenta los datos encontrados en campo, como secciones de los perfiles, tipo de material, tipo de estructura, entre otros, se aplicó una carga viva, una muerta y la combinación de éstas, los resultados del software permiten realizar un análisis estructural del puente, algunos de los resultados se resumen en el siguiente capítulo, la información completa del modelamiento del puente se anexa al presente proyecto.

7.1 RESULTADOS DE LA ESTRUCTURA

En la figura 14 se detalla el modelado del puente El Viacrucis en tres dimensiones, con sus apoyos asignados en el software SAP.

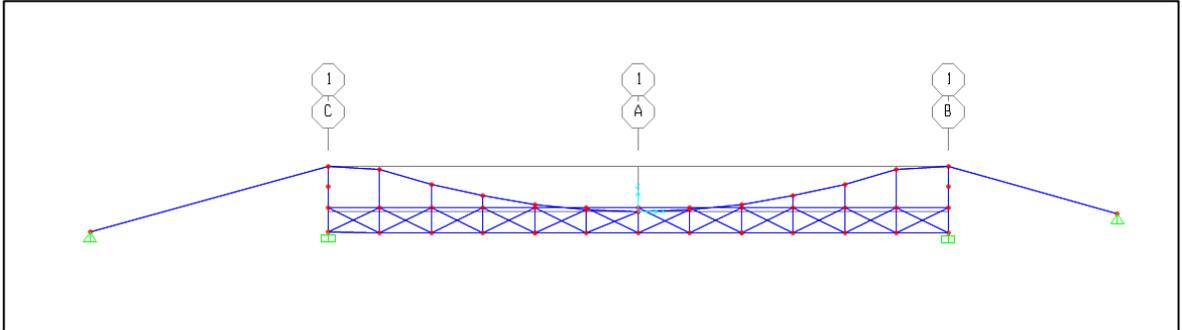
Figura 14. Modelado del puente en tres dimensiones



Fuente: Software SAP 2000

En la figura 15, se aprecia la vista frontal del puente

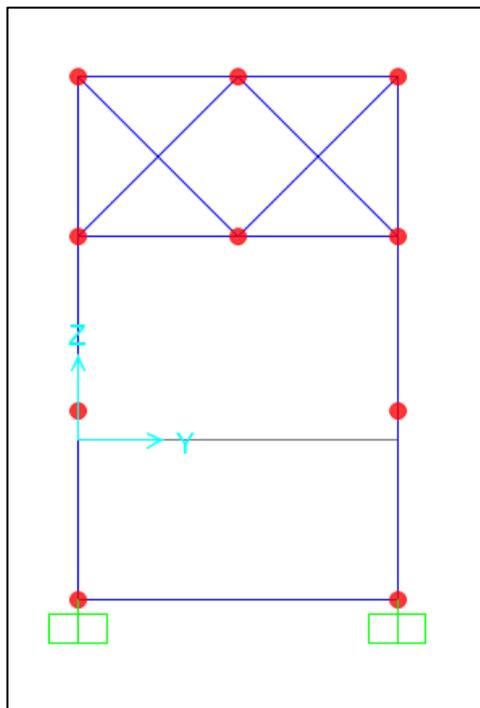
Figura 15. Vista frontal del puente



Fuente: Software SAP 2000

La vista lateral se observa en la figura 16.

Figura 16. Vista lateral del puente

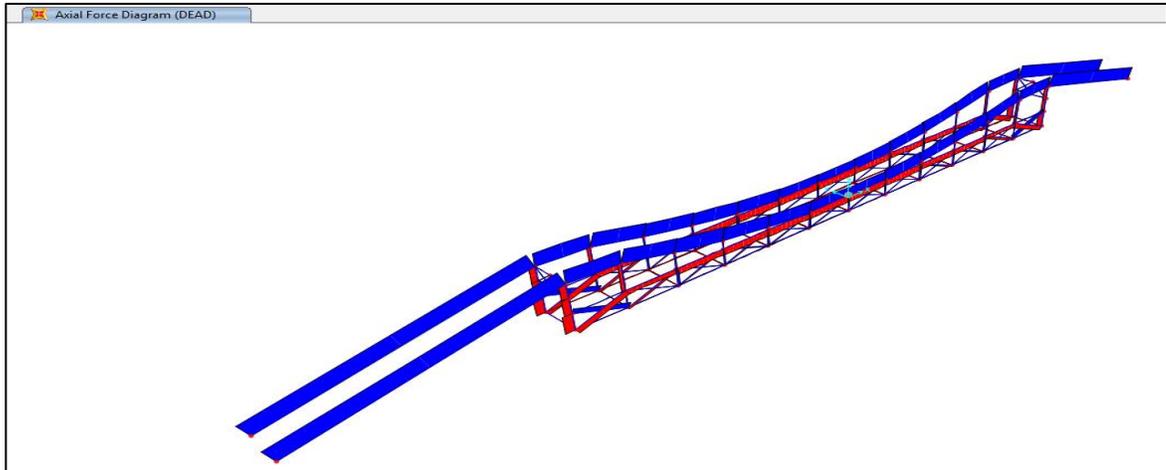


Fuente: Software SAP 2000

Los diagramas de las fuerzas axiales de las diferentes cargas y la combinación asignada para el diseño estructural, se aprecia en las figuras 17, 18 y 19.

En la figura 17 se detalla el diagrama de las fuerzas axiales en carga muerta.

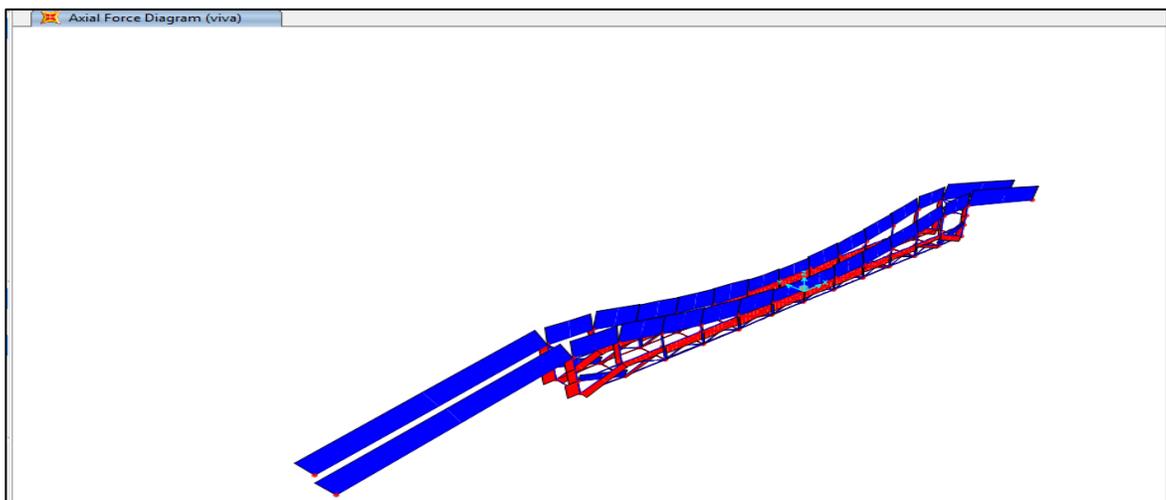
Figura 17. Diagrama de fuerzas axiales (carga muerta)



Fuente: Software SAP 2000

En la figura 18 se observa el diagrama de las fuerzas axiales en carga viva.

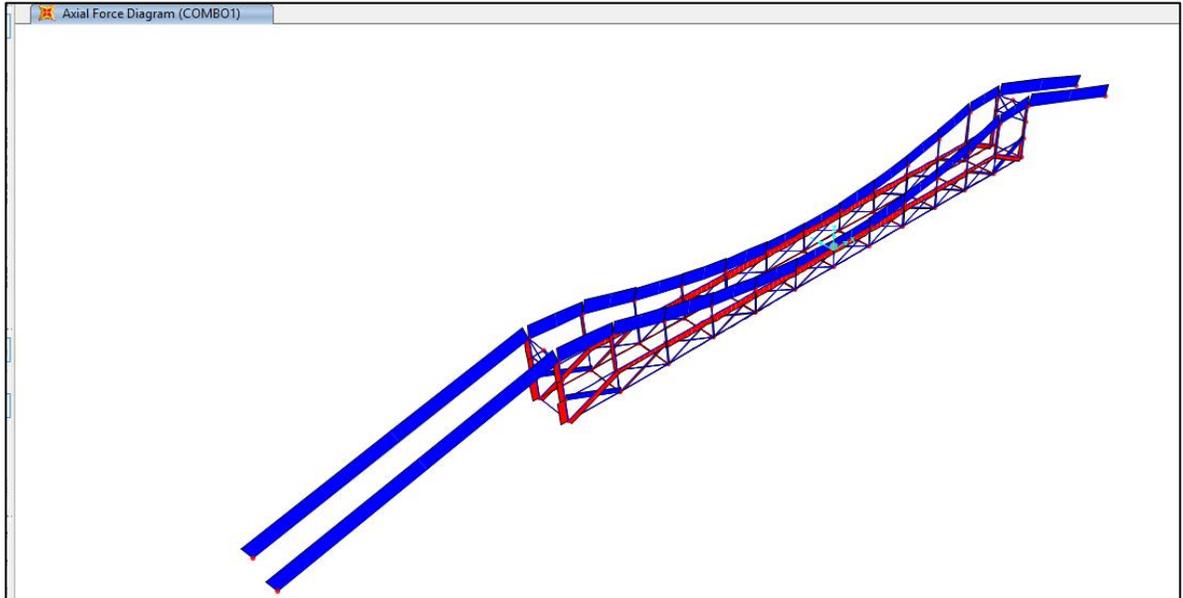
Figura 18. Diagrama de fuerzas axiales (carga viva)



Fuente: Software SAP 2000

El diagrama de la combinación de las fuerzas vivas y muertas se aprecia en la figura 19.

Figura 19. Diagrama de fuerzas axiales (combinación)



Fuente: Software SAP 2000

7.2 MODELO GEOMÉTRICO

En esta aparte se proporciona la información de geometría del modelo, incluyendo elementos como coordenadas conjuntas y restricciones de unión.

Las coordenadas conjuntas de los nodos más críticos de la estructura analizada se precisan en la tabla número 4.

Tabla 4. Coordenadas conjuntas de los nodos más críticos de la estructura analizada

Oint	CoordSys	CoordType	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
27	GLOBAL	Cartesian	-26.4	0.	3.87

Oint	CoordSys	CoordType	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
40	GLOBAL	Cartesian	-26.4	3.4	3.87
46	GLOBAL	Cartesian	-26.4	0.	2.17
47	GLOBAL	Cartesian	-26.4	3.4	2.17
52	GLOBAL	Cartesian	-26.4	1.7	3.87
53	GLOBAL	Cartesian	-26.4	1.7	2.17
66	GLOBAL	Cartesian	-26.4	0.	-1.7
67	GLOBAL	Cartesian	-26.4	3.4	-1.7
77	GLOBAL	Cartesian	0.	0.	0.
82	GLOBAL	Cartesian	4.4	0.	0.13
83	GLOBAL	Cartesian	26.4	0.	3.87
101	GLOBAL	Cartesian	-4.4	3.4	0.13
102	GLOBAL	Cartesian	0.	3.4	0.
107	GLOBAL	Cartesian	4.4	3.4	0.13
108	GLOBAL	Cartesian	26.4	3.4	3.87
113	GLOBAL	Cartesian	26.4	0.	2.17
114	GLOBAL	Cartesian	26.4	3.4	2.17
115	GLOBAL	Cartesian	26.4	1.7	3.87
116	GLOBAL	Cartesian	26.4	1.7	2.17
123	GLOBAL	Cartesian	-4.4	0.	-1.81
124	GLOBAL	Cartesian	0.	0.	-1.81
129	GLOBAL	Cartesian	4.4	0.	-1.81
134	GLOBAL	Cartesian	-4.4	3.4	-1.81
140	GLOBAL	Cartesian	4.4	3.4	-1.81
141	GLOBAL	Cartesian	-46.7	0.	-1.7
142	GLOBAL	Cartesian	40.83	0.	-0.15
143	GLOBAL	Cartesian	-46.7	3.4	-1.7
144	GLOBAL	Cartesian	40.83	3.4	-0.15
149	GLOBAL	Cartesian	-26.4	0.	0.32
154	GLOBAL	Cartesian	-4.4	0.	0.32
155	GLOBAL	Cartesian	3.553E-15	0.	0.32
161	GLOBAL	Cartesian	26.4	0.	0.32
174	GLOBAL	Cartesian	26.4	0.	-1.81
176	GLOBAL	Cartesian	-26.4	3.4	0.32
185	GLOBAL	Cartesian	-4.4	3.4	0.32
187	GLOBAL	Cartesian	3.553E-15	3.4	0.32
200	GLOBAL	Cartesian	26.4	3.4	-1.81

Oint	CoordSys	CoordType	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
201	GLOBAL	Cartesian	26.4	3.4	0.32

Fuente: Software SAP 2000

7.2 ARTICULACIONES CONJUNTAS

En la tabla 5 se describe la asignación de restricciones de las articulaciones.

Tabla 5. Asignaciones de restricciones conjuntas

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
66	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
67	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
141	Yes	Yes	Yes	No	No	No
142	Yes	Yes	Yes	No	No	No
143	Yes	Yes	Yes	No	No	No
144	Yes	Yes	Yes	No	No	No
174	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
200	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Fuente: Software SAP 2000

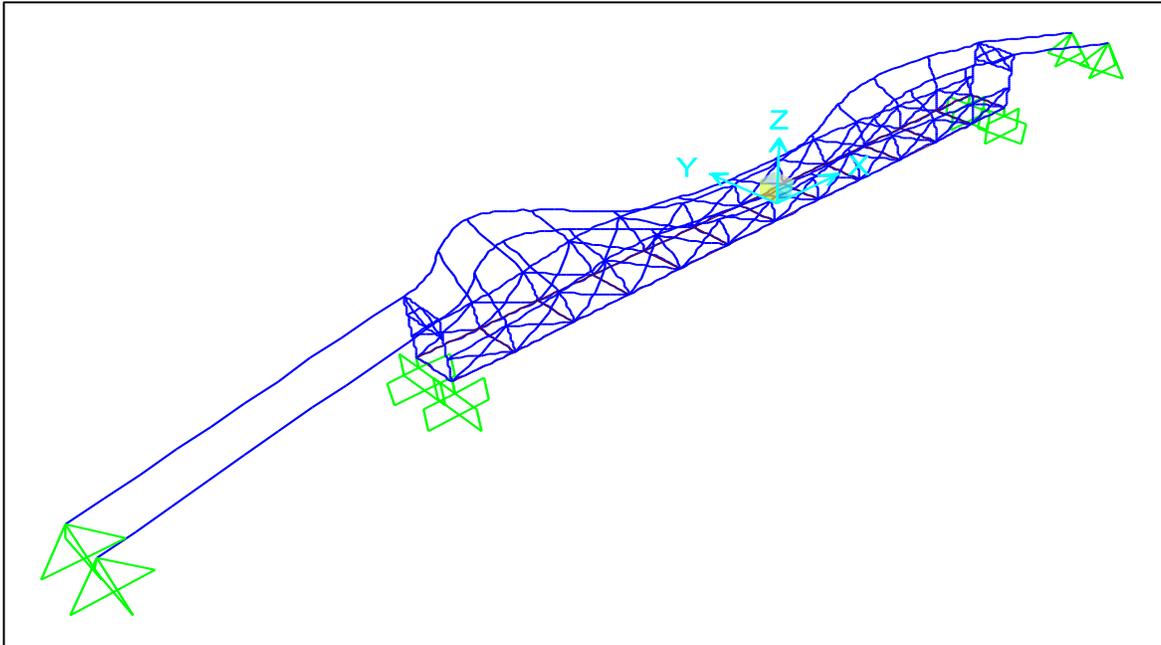
7.3 RESUMEN MASIVO DE LOS RESULTADOS

7.3.1 Resultados conjuntos

7.3.1.1 Resultados de la estructura. En este subcapítulo se presentan los resultados de la estructura, incluyendo elementos como períodos estructurales y reacciones de base.

En la figura 20 se puede apreciar la figura deformada.

Figura 20. Figura deformada



Fuente: Software SAP 2000

En la tabla 6 se detallan las masas conjuntas ensambladas

Tabla 6. Masas conjuntas ensambladas

Joint	MassSource	U1 Kgf- s2/m	U2 Kgf- s2/m	U3 Kgf- s2/m	R1 Kgf- m-s2	R2 Kgf- m-s2	R3 Kgf- m-s2	CenterX m
27	MSSSRC1	40.44	40.44	40.44	0.	0.	0.	-26.4
40	MSSSRC1	40.44	40.44	40.44	0.	0.	0.	-26.4
46	MSSSRC1	15.34	15.34	15.34	0.	0.	0.	-26.4
47	MSSSRC1	15.34	15.34	15.34	0.	0.	0.	-26.4
52	MSSSRC1	16.45	16.45	16.45	0.	0.	0.	-26.4
53	MSSSRC1	16.45	16.45	16.45	0.	0.	0.	-26.4
66	MSSSRC1	113.47	113.47	113.47	0.	0.	0.	-26.4
67	MSSSRC1	113.47	113.47	113.47	0.	0.	0.	-26.4
71	MSSSRC1	10.33	10.33	10.33	0.	0.	0.	-22.
73	MSSSRC1	10.38	10.38	10.38	0.	0.	0.	-17.6
74	MSSSRC1	10.21	10.21	10.21	0.	0.	0.	-13.2
75	MSSSRC1	10.07	10.07	10.07	0.	0.	0.	-8.8
76	MSSSRC1	11.87	11.87	11.87	0.	0.	0.	-4.4

Joint	MassSource	U1 Kgf- s2/m	U2 Kgf- s2/m	U3 Kgf- s2/m	R1 Kgf- m-s2	R2 Kgf- m-s2	R3 Kgf- m-s2	CenterX m
77	MSSSRC1	11.82	11.82	11.82	0.	0.	0.	0.
78	MSSSRC1	10.33	10.33	10.33	0.	0.	0.	22.
79	MSSSRC1	10.38	10.38	10.38	0.	0.	0.	17.6
80	MSSSRC1	10.21	10.21	10.21	0.	0.	0.	13.2
81	MSSSRC1	10.07	10.07	10.07	0.	0.	0.	8.8
82	MSSSRC1	11.87	11.87	11.87	0.	0.	0.	4.4
83	MSSSRC1	33.57	33.57	33.57	0.	0.	0.	26.4
97	MSSSRC1	10.33	10.33	10.33	0.	0.	0.	-22.
98	MSSSRC1	10.38	10.38	10.38	0.	0.	0.	-17.6
99	MSSSRC1	10.21	10.21	10.21	0.	0.	0.	-13.2
100	MSSSRC1	10.07	10.07	10.07	0.	0.	0.	-8.8
101	MSSSRC1	11.87	11.87	11.87	0.	0.	0.	-4.4
102	MSSSRC1	11.82	11.82	11.82	0.	0.	0.	0.
103	MSSSRC1	10.33	10.33	10.33	0.	0.	0.	22.
104	MSSSRC1	10.38	10.38	10.38	0.	0.	0.	17.6
105	MSSSRC1	10.21	10.21	10.21	0.	0.	0.	13.2
106	MSSSRC1	10.07	10.07	10.07	0.	0.	0.	8.8
107	MSSSRC1	11.87	11.87	11.87	0.	0.	0.	4.4
108	MSSSRC1	33.57	33.57	33.57	0.	0.	0.	26.4
113	MSSSRC1	15.34	15.34	15.34	0.	0.	0.	26.4
114	MSSSRC1	15.34	15.34	15.34	0.	0.	0.	26.4
115	MSSSRC1	16.45	16.45	16.45	0.	0.	0.	26.4
116	MSSSRC1	16.45	16.45	16.45	0.	0.	0.	26.4
119	MSSSRC1	213.79	213.79	213.79	0.	0.	0.	-22.
120	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	-17.6
121	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	-13.2
122	MSSSRC1	211.81	211.81	211.81	0.	0.	0.	-8.8
123	MSSSRC1	213.7	213.7	213.7	0.	0.	0.	-4.4
124	MSSSRC1	213.71	213.71	213.71	0.	0.	0.	0.
125	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	22.
126	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	17.6
127	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	13.2
128	MSSSRC1	211.84	211.84	211.84	0.	0.	0.	8.8
129	MSSSRC1	213.75	213.75	213.75	0.	0.	0.	4.4
130	MSSSRC1	213.79	213.79	213.79	0.	0.	0.	-22.
131	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	-17.6
132	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	-13.2
133	MSSSRC1	211.81	211.81	211.81	0.	0.	0.	-8.8

Joint	MassSource	U1 Kgf- s2/m	U2 Kgf- s2/m	U3 Kgf- s2/m	R1 Kgf- m-s2	R2 Kgf- m-s2	R3 Kgf- m-s2	CenterX m
134	MSSSRC1	213.7	213.7	213.7	0.	0.	0.	-4.4
135	MSSSRC1	213.71	213.71	213.71	0.	0.	0.	0.
136	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	22.
137	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	17.6
138	MSSSRC1	213.76	213.76	213.76	0.	0.	0.	13.2
139	MSSSRC1	211.84	211.84	211.84	0.	0.	0.	8.8
140	MSSSRC1	213.75	213.75	213.75	0.	0.	0.	4.4
141	MSSSRC1	23.82	23.82	23.82	0.	0.	0.	-46.7
142	MSSSRC1	16.95	16.95	16.95	0.	0.	0.	40.83
143	MSSSRC1	23.82	23.82	23.82	0.	0.	0.	-46.7
144	MSSSRC1	16.95	16.95	16.95	0.	0.	0.	40.83
149	MSSSRC1	11.2	11.2	11.2	0.	0.	0.	-26.4
150	MSSSRC1	7.15	7.15	7.15	0.	0.	0.	-22.
151	MSSSRC1	7.11	7.11	7.11	0.	0.	0.	-17.6
152	MSSSRC1	7.05	7.05	7.05	0.	0.	0.	-13.2
153	MSSSRC1	7.02	7.02	7.02	0.	0.	0.	-8.8
154	MSSSRC1	5.08	5.08	5.08	0.	0.	0.	-4.4
155	MSSSRC1	5.08	5.08	5.08	0.	0.	0.	3.553E-15
156	MSSSRC1	5.08	5.08	5.08	0.	0.	0.	4.4
157	MSSSRC1	7.02	7.02	7.02	0.	0.	0.	8.8
158	MSSSRC1	7.06	7.06	7.06	0.	0.	0.	13.2
159	MSSSRC1	7.11	7.11	7.11	0.	0.	0.	17.6
160	MSSSRC1	7.17	7.17	7.17	0.	0.	0.	22.
161	MSSSRC1	11.42	11.42	11.42	0.	0.	0.	26.4
164	MSSSRC1	1.92	1.92	1.92	0.	0.	0.	-8.8
169	MSSSRC1	1.92	1.92	1.92	0.	0.	0.	8.8
174	MSSSRC1	113.67	113.67	113.67	0.	0.	0.	26.4
176	MSSSRC1	11.2	11.2	11.2	0.	0.	0.	-26.4
177	MSSSRC1	7.15	7.15	7.15	0.	0.	0.	-22.
178	MSSSRC1	7.11	7.11	7.11	0.	0.	0.	-17.6
180	MSSSRC1	7.05	7.05	7.05	0.	0.	0.	-13.2
182	MSSSRC1	1.92	1.92	1.92	0.	0.	0.	-8.8
183	MSSSRC1	7.02	7.02	7.02	0.	0.	0.	-8.8
185	MSSSRC1	5.08	5.08	5.08	0.	0.	0.	-4.4
187	MSSSRC1	5.08	5.08	5.08	0.	0.	0.	3.553E-15
189	MSSSRC1	5.08	5.08	5.08	0.	0.	0.	4.4

Joint	MassSource	U1 Kgf- s2/m	U2 Kgf- s2/m	U3 Kgf- s2/m	R1 Kgf- m-s2	R2 Kgf- m-s2	R3 Kgf- m-s2	CenterX m
191	MSSSRC1	1.92	1.92	1.92	0.	0.	0.	8.8
192	MSSSRC1	7.02	7.02	7.02	0.	0.	0.	8.8
194	MSSSRC1	7.06	7.06	7.06	0.	0.	0.	13.2
196	MSSSRC1	7.11	7.11	7.11	0.	0.	0.	17.6
198	MSSSRC1	7.17	7.17	7.17	0.	0.	0.	22.
200	MSSSRC1	113.67	113.67	113.67	0.	0.	0.	26.4
201	MSSSRC1	11.42	11.42	11.42	0.	0.	0.	26.4

Fuente: Software SAP 2000

La parte 2 de las masas conjuntas ensambladas, se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Masas conjuntas ensambladas parte 2 de 2

Joint	MassSource	CenterY (m)	CenterZ (m)
27	MSSSRC1	0.	3.87
40	MSSSRC1	3.4	3.87
46	MSSSRC1	0.	2.17
47	MSSSRC1	3.4	2.17
52	MSSSRC1	1.7	3.87
53	MSSSRC1	1.7	2.17
66	MSSSRC1	0.	-1.7
67	MSSSRC1	3.4	-1.7
71	MSSSRC1	0.	3.6
73	MSSSRC1	0.	2.35
74	MSSSRC1	0.	1.35
75	MSSSRC1	0.	0.6
76	MSSSRC1	0.	0.13
77	MSSSRC1	0.	0.
78	MSSSRC1	0.	3.6
79	MSSSRC1	0.	2.35
80	MSSSRC1	0.	1.35
81	MSSSRC1	0.	0.6
82	MSSSRC1	0.	0.13
83	MSSSRC1	0.	3.87
97	MSSSRC1	3.4	3.6

Joint	MassSource	CenterY (m)	CenterZ (m)
98	MSSSRC1	3.4	2.35
99	MSSSRC1	3.4	1.35
100	MSSSRC1	3.4	0.6
101	MSSSRC1	3.4	0.13
102	MSSSRC1	3.4	0.
103	MSSSRC1	3.4	3.6
104	MSSSRC1	3.4	2.35
105	MSSSRC1	3.4	1.35
106	MSSSRC1	3.4	0.6
107	MSSSRC1	3.4	0.13
108	MSSSRC1	3.4	3.87
113	MSSSRC1	0.	2.17
114	MSSSRC1	3.4	2.17
115	MSSSRC1	1.7	3.87
116	MSSSRC1	1.7	2.17
119	MSSSRC1	0.	-1.81
120	MSSSRC1	0.	-1.81
121	MSSSRC1	0.	-1.81
122	MSSSRC1	0.	-1.82
123	MSSSRC1	0.	-1.81
124	MSSSRC1	0.	-1.81
125	MSSSRC1	0.	-1.81
126	MSSSRC1	0.	-1.81
127	MSSSRC1	0.	-1.81
128	MSSSRC1	0.	-1.82
129	MSSSRC1	0.	-1.81
130	MSSSRC1	3.4	-1.81
131	MSSSRC1	3.4	-1.81
132	MSSSRC1	3.4	-1.81
133	MSSSRC1	3.4	-1.82
134	MSSSRC1	3.4	-1.81
135	MSSSRC1	3.4	-1.81
136	MSSSRC1	3.4	-1.81
137	MSSSRC1	3.4	-1.81
138	MSSSRC1	3.4	-1.81
139	MSSSRC1	3.4	-1.82
140	MSSSRC1	3.4	-1.81

Joint	MassSource	CenterY (m)	CenterZ (m)
141	MSSSRC1	0.	-1.7
142	MSSSRC1	0.	-0.15
143	MSSSRC1	3.4	-1.7
144	MSSSRC1	3.4	-0.15
149	MSSSRC1	0.	0.32
150	MSSSRC1	0.	0.32
151	MSSSRC1	0.	0.32
152	MSSSRC1	0.	0.32
153	MSSSRC1	0.	0.32
154	MSSSRC1	0.	0.32
155	MSSSRC1	0.	0.32
156	MSSSRC1	0.	0.32
157	MSSSRC1	0.	0.32
158	MSSSRC1	0.	0.32
159	MSSSRC1	0.	0.32
160	MSSSRC1	0.	0.32
161	MSSSRC1	0.	0.32
164	MSSSRC1	0.	-1.81
169	MSSSRC1	0.	-1.81
174	MSSSRC1	0.	-1.81
176	MSSSRC1	3.4	0.32
177	MSSSRC1	3.4	0.32
178	MSSSRC1	3.4	0.32
180	MSSSRC1	3.4	0.32
182	MSSSRC1	3.4	-1.81
183	MSSSRC1	3.4	0.32
185	MSSSRC1	3.4	0.32
187	MSSSRC1	3.4	0.32
189	MSSSRC1	3.4	0.32
191	MSSSRC1	3.4	-1.81
192	MSSSRC1	3.4	0.32
194	MSSSRC1	3.4	0.32
196	MSSSRC1	3.4	0.32
198	MSSSRC1	3.4	0.32
200	MSSSRC1	3.4	-1.81
201	MSSSRC1	3.4	0.32

Fuente: Software SAP 2000

Las reacciones base se detallan en la tabla 8.

Tabla 8. Reacciones base

OutputCase	GlobalFX Kgt	GlobalFY Kgt	GlobalFZ Kgt	GlobalIMX Kgt-m	GlobalIMY Kgt-m	GlobalIMZ Kgt-m
DEAD	-9.813E-10	5.184E-11	58228.26	98988.05	11575.88	1.848E-09
viva	-1.713E-09	1.387E-10	89762.41	152596.1	56.56	1.601E-09
COMBO1	-3.642E-09	4.611E-10	213493.78	362939.42	13981.55	1.572E-09

Fuente: Software SAP 2000

7.3.1.2 Resultados modales. En la tabla 9 se precisan las proporciones masivas de participación modal.

Tabla 9. Proporciones masivas de participación modal.

OutputCase	StepNum	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
MODAL	1.	1.463708	3.628E-10	0.044	9.327E-07	3.628E-10	0.044	9.327E-07
MODAL	2.	1.458377	9.038E-09	5.790E-05	1.874E-08	9.400E-09	0.044	9.514E-07
MODAL	3.	1.443521	1.233E-12	6.195E-03	5.719E-08	9.402E-09	0.05	1.009E-06
MODAL	4.	1.44053	2.623E-08	4.409E-06	5.257E-07	3.563E-08	0.05	1.534E-06
MODAL	5.	0.959493	3.077E-09	0.015	8.373E-07	3.871E-08	0.065	2.372E-06
MODAL	6.	0.942861	2.632E-09	1.811E-05	5.887E-06	4.134E-08	0.065	8.259E-06
MODAL	7.	0.827208	2.285E-14	5.136E-04	1.844E-05	4.134E-08	0.066	2.670E-05
MODAL	8.	0.824893	7.452E-08	5.389E-06	2.089E-05	1.159E-07	0.066	4.759E-05
MODAL	9.	0.723852	6.537E-08	3.056E-05	0.025	1.812E-07	0.066	0.025
MODAL	10.	0.721107	8.388E-09	4.068E-06	2.545E-04	1.896E-07	0.066	0.025
MODAL	11.	0.718017	3.223E-06	1.796E-06	0.781	3.412E-06	0.066	0.806
MODAL	12.	0.636798	1.861E-	6.505E-	1.979E-	3.431E-	0.066	0.806

OutputCase	StepNum	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
			08	05	04	06		

Fuente: Software SAP 2000

7.3.1.3 Desplazamientos y reacciones. Se presentan los resultados conjuntos de los elementos desplazamientos y reacciones.

En la tabla 10 se observan los datos correspondientes a desplazamiento de articulaciones.

Tabla 10. Desplazamiento de articulaciones

Joint	OutputCase	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
27	DEAD	0.012138	0.000051	-0.000679	0.000059	-0.006251	0.000512
27	viva	0.020114	0.00008	-0.001061	0.000108	-0.007892	0.000244
27	COMBO1	0.046748	0.00019	-0.002513	0.000244	-0.020129	0.001005
40	DEAD	0.012137	0.000055	-0.00068	-0.000059	-0.006251	-0.000505
40	viva	0.020112	0.000092	-0.001061	-0.000108	-0.007893	-0.000233
40	COMBO1	0.046744	0.000213	-0.002514	-0.000244	-0.020131	-0.000979
46	DEAD	0.020336	0.000048	-0.000506	-0.000074	-0.002394	0.00097
46	viva	0.032126	0.000081	-0.000788	-0.000102	-0.004073	0.001232
46	COMBO1	0.075805	0.000187	-0.001867	-0.000252	-0.009391	0.003135
47	DEAD	0.020338	0.000058	-0.000506	0.000071	-0.002397	-0.000967
47	viva	0.032129	0.000091	-0.000788	0.000098	-0.004077	-0.001227
47	COMBO1	0.075812	0.000215	-0.001868	0.000242	-0.009399	-0.003123
52	DEAD	0.011951	0.000053	-0.000523	1.601E-07	-0.005702	-1.107E-06
52	viva	0.02018	0.000086	-0.000806	2.448E-07	-0.007871	-1.845E-06
52	COMBO1	0.04663	0.000201	-0.001917	5.837E-07	-0.019435	-4.281E-06
53	DEAD	0.019714	0.000053	-0.000673	1.926E-07	-0.003823	-1.381E-06
53	viva	0.031254	0.000086	-0.001042	2.986E-07	-0.006008	-2.434E-06
53	COMBO1	0.073662	0.000201	-0.002475	7.088E-07	-0.014201	-5.552E-06
66	DEAD	0.	0.	0.	0.	0.	0.
66	viva	0.	0.	0.	0.	0.	0.
66	COMBO1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
67	DEAD	0.	0.	0.	0.	0.	0.
67	viva	0.	0.	0.	0.	0.	0.
67	COMBO1	0.	0.	0.	0.	0.	0.

Joint	OutputCase	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
71	DEAD	0.011216	0.002526	-0.05221	-0.000047	0.013508	0.00056
71	viva	0.018606	0.002477	-0.085412	0.000136	0.021408	0.000713
71	COMBO1	0.043229	0.006994	-0.199311	0.00016	0.050463	0.001813
73	DEAD	0.006916	0.004419	-0.07615	-0.000223	0.003781	0.000333
73	viva	0.011453	0.005585	-0.125009	-4.847E-06	0.006525	0.000558
73	COMBO1	0.026624	0.014239	-0.291395	-0.000276	0.014977	0.001292
74	DEAD	0.002761	0.004775	-0.105003	-0.000496	0.006436	-7.843E-06
74	viva	0.004536	0.00682	-0.172752	-0.000357	0.01066	0.000064
74	COMBO1	0.01057	0.016642	-0.402408	-0.001166	0.024779	0.000093
75	DEAD	0.001676	0.003723	-0.125003	-0.000771	0.002717	-0.000208
75	viva	0.00269	0.005815	-0.205909	-0.00074	0.004355	-0.000257
75	COMBO1	0.006315	0.013771	-0.479458	-0.002109	0.010229	-0.00066
76	DEAD	0.00265	0.002213	-0.137028	-0.00097	0.00215	-0.0003
76	viva	0.004269	0.003833	-0.225753	-0.000987	0.004173	-0.000509
76	COMBO1	0.010011	0.008789	-0.525639	-0.002743	0.009257	-0.001175
77	DEAD	0.004291	-0.000275	-0.15208	-0.00097	0.004081	-0.000784
77	viva	0.00695	-0.000217	-0.250296	-0.001035	0.007076	-0.001287
77	COMBO1	0.016268	-0.000678	-0.58297	-0.00282	0.016218	-0.002999
78	DEAD	-0.007336	0.000931	-0.056214	-0.000282	-0.015405	-0.000109
78	viva	-0.012183	0.000645	-0.092167	-0.000311	-0.024859	-0.000047
78	COMBO1	-0.028297	0.002149	-0.214924	-0.000836	-0.058261	-0.000206
79	DEAD	-0.00128	0.000451	-0.086011	-0.000587	-0.004988	0.000071
79	viva	-0.002224	-0.000245	-0.141203	-0.000692	-0.008385	0.000164
79	COMBO1	-0.005094	0.000149	-0.329137	-0.001812	-0.019401	0.000348
80	DEAD	0.004367	-0.000857	-0.121038	-0.000891	-0.007869	0.00017
80	viva	0.007069	-0.002216	-0.198865	-0.001095	-0.012886	0.000302
80	COMBO1	0.01655	-0.004575	-0.463429	-0.00282	-0.030061	0.000687
81	DEAD	0.006722	-0.002123	-0.147987	-0.001213	-0.004422	-0.000041
81	viva	0.010936	-0.004013	-0.243193	-0.001545	-0.007471	-0.000097
81	COMBO1	0.025564	-0.008968	-0.566694	-0.003927	-0.017261	-0.000205
82	DEAD	0.006784	-0.002233	-0.168799	-0.001479	-0.000176	-0.000038
82	viva	0.01103	-0.003653	-0.277414	-0.001873	0.000303	-0.000158
82	COMBO1	0.025789	-0.008524	-0.646422	-0.004772	0.000274	-0.000299
83	DEAD	-0.008586	-0.000038	-0.000689	0.000058	0.008303	-0.000359
83	viva	-0.014217	-0.000064	-0.001082	0.000108	0.012474	-0.000297
83	COMBO1	-0.03305	-0.000147	-0.002558	0.000242	0.029922	-0.000906
97	DEAD	0.011214	-0.000064	-0.052221	0.000081	0.013512	0.000326
97	viva	0.018603	0.001329	-0.085431	0.000064	0.021414	0.000642
97	COMBO1	0.043222	0.002049	-0.199355	0.0002	0.050476	0.001419
98	DEAD	0.006912	0.002066	-0.076169	0.000034	0.003782	0.000492
98	viva	0.011446	0.004584	-0.125043	5.347E-06	0.006527	0.000672
98	COMBO1	0.026608	0.009813	-0.291471	0.000049	0.014982	0.001666
99	DEAD	0.002756	0.00358	-0.105025	-0.00023	0.006436	0.000189
99	viva	0.004527	0.006392	-0.172793	-0.000334	0.010661	0.000176

Joint	OutputCase	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
99	COMBO1	0.010549	0.014524	-0.402499	-0.000811	0.02478	0.000509
100	DEAD	0.001671	0.003336	-0.125024	-0.000574	0.002717	-0.000117
100	viva	0.002681	0.005752	-0.20595	-0.00075	0.004355	-0.000196
100	COMBO1	0.006295	0.013206	-0.479549	-0.001889	0.010228	-0.000455
101	DEAD	0.002645	0.002148	-0.137044	-0.000843	0.002146	-0.00026
101	viva	0.004261	0.003989	-0.225784	-0.001027	0.004163	-0.00046
101	COMBO1	0.009992	0.008959	-0.525707	-0.002655	0.009237	-0.001049
102	DEAD	0.004286	0.000268	-0.152084	-0.000941	0.004063	-0.000493
102	viva	0.006942	0.000892	-0.250308	-0.001191	0.007044	-0.000817
102	COMBO1	0.016249	0.001749	-0.582994	-0.003036	0.016147	-0.001898
103	DEAD	-0.007338	-0.000108	-0.056195	-0.000215	-0.015399	-0.000292
103	viva	-0.012188	0.000457	-0.092138	-0.000364	-0.02485	-0.000501
103	COMBO1	-0.028306	0.000602	-0.214856	-0.00084	-0.05824	-0.001152
104	DEAD	-0.001286	0.001672	-0.08598	-0.00043	-0.004987	-0.000628
104	viva	-0.002234	0.003146	-0.141155	-0.000671	-0.008385	-0.000921
104	COMBO1	-0.005118	0.00704	-0.329023	-0.001589	-0.019401	-0.002227
105	DEAD	0.00436	0.003844	-0.121008	-0.000744	-0.007867	-0.000556
105	viva	0.007058	0.006266	-0.198818	-0.0011	-0.012883	-0.000804
105	COMBO1	0.016525	0.014638	-0.463318	-0.002652	-0.030053	-0.001953
106	DEAD	0.006716	0.004311	-0.147959	-0.001102	-0.004432	0.000191
106	viva	0.010925	0.006889	-0.24315	-0.001577	-0.007487	0.000313
106	COMBO1	0.025538	0.016195	-0.566591	-0.003845	-0.017298	0.00073
107	DEAD	0.006778	0.000917	-0.16878	-0.00159	-0.000154	0.000876
107	viva	0.01102	0.001732	-0.277387	-0.002249	0.000337	0.001331
107	COMBO1	0.025766	0.003873	-0.646355	-0.005507	0.000355	0.003181
108	DEAD	-0.008587	-0.000034	-0.000689	-0.000058	0.0083	0.000357
108	viva	-0.014219	-0.000052	-0.001082	-0.000108	0.012469	0.000295
108	COMBO1	-0.033054	-0.000124	-0.002558	-0.000243	0.029911	0.0009
113	DEAD	-0.02086	-0.00004	-0.000517	-0.000072	0.004644	-0.001045
113	viva	-0.033666	-0.000063	-0.00081	-0.000099	0.007697	-0.00154
113	COMBO1	-0.078898	-0.000149	-0.001917	-0.000245	0.017888	-0.003717
114	DEAD	-0.020855	-0.000031	-0.000517	0.000073	0.004641	0.001043
114	viva	-0.03366	-0.000053	-0.00081	0.000101	0.007693	0.001536
114	COMBO1	-0.078883	-0.000122	-0.001917	0.000249	0.017879	0.003709
115	DEAD	-0.008528	-0.000036	-0.000534	-4.502E-08	0.00802	4.461E-07
115	viva	-0.014304	-0.000058	-0.000828	-8.926E-08	0.012441	7.801E-07
115	COMBO1	-0.03312	-0.000136	-0.001966	-1.968E-07	0.02953	1.783E-06
116	DEAD	-0.020148	-0.000036	-0.000682	-6.217E-08	0.006237	-8.920E-07
116	viva	-0.03257	-0.000058	-0.001063	-1.152E-07	0.010112	-1.251E-06
116	COMBO1	-0.07629	-0.000136	-0.00252	-2.590E-07	0.023663	-3.072E-06
119	DEAD	-0.001122	-1.035E-	-0.042918	0.000025	0.011953	2.470E-08

Joint	OutputCase	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
			07				
119	viva	-0.001849	-6.129E-07	-0.070451	0.000086	0.019642	-1.100E-06
119	COMBO1	-0.004305	-1.105E-06	-0.164224	0.000168	0.045771	-1.731E-06
120	DEAD	-0.001034	8.681E-06	-0.080357	0.000075	0.006756	2.152E-06
120	viva	-0.001706	0.000014	-0.132117	0.000164	0.011154	4.710E-06
120	COMBO1	-0.003971	0.000033	-0.307816	0.000352	0.025954	0.00001
121	DEAD	-0.00092	9.312E-06	-0.108334	0.000053	0.005595	-1.451E-06
121	viva	-0.001519	0.000015	-0.178367	0.000129	0.009278	-3.400E-06
121	COMBO1	-0.003534	0.000036	-0.415387	0.00027	0.021559	-7.181E-06
122	DEAD	-0.000824	0.000011	-0.127948	0.00007	0.003297	1.058E-06
122	viva	-0.001361	0.000018	-0.210936	0.000161	0.005449	2.567E-06
122	COMBO1	-0.003167	0.000042	-0.491036	0.000341	0.012674	5.378E-06
123	DEAD	-0.000651	0.000011	-0.139269	-0.000072	0.002365	-6.198E-07
123	viva	-0.001073	0.000018	-0.229607	-0.000072	0.003864	-1.552E-06
123	COMBO1	-0.002498	0.000042	-0.534495	-0.0002	0.00902	-3.227E-06
124	DEAD	-0.000502	9.271E-06	-0.153417	-0.000104	0.004619	-4.594E-07
124	viva	-0.000824	0.000016	-0.252569	-0.000128	0.007498	-3.173E-07
124	COMBO1	-0.00192	0.000036	-0.588211	-0.000329	0.017539	-1.059E-06
125	DEAD	0.000065	-2.682E-06	-0.047034	0.000018	-0.013239	7.215E-07
125	viva	0.00011	-4.626E-06	-0.077344	0.000077	-0.021772	1.221E-06
125	COMBO1	0.000253	-0.000011	-0.180191	0.000145	-0.050723	2.820E-06
126	DEAD	-9.529E-06	5.311E-06	-0.089949	0.000087	-0.008145	-2.552E-06
126	viva	-0.000011	8.737E-06	-0.147927	0.000186	-0.013398	-4.280E-06
126	COMBO1	-0.000029	0.00002	-0.344622	0.000402	-0.03121	-9.911E-06
127	DEAD	-0.000116	6.177E-06	-0.124156	0.00007	-0.006801	1.961E-06
127	viva	-0.000185	0.00001	-0.204184	0.00016	-0.011175	3.232E-06
127	COMBO1	-0.000435	0.000024	-0.475681	0.00034	-0.026041	7.524E-06
128	DEAD	-0.000194	7.751E-06	-0.150618	0.000017	-0.006024	-1.718E-06
128	viva	-0.000316	0.000013	-0.247638	0.000071	-0.0099	-2.657E-06
128	COMBO1	-0.000738	0.00003	-0.576962	0.000134	-0.023069	-6.313E-06
129	DEAD	-0.000369	7.499E-06	-0.169843	0.000445	-0.000182	1.210E-07

Joint	OutputCase	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
129	viva	-0.000605	0.000013	-0.279206	0.000769	-0.000328	-2.132E-07
129	COMBO1	-0.001411	0.000029	-0.650541	0.001763	-0.000743	-1.960E-07
130	DEAD	-0.001123	-3.051E-07	-0.04293	-0.000034	0.011956	1.878E-07
130	viva	-0.001849	-3.465E-08	-0.070473	-0.000103	0.019648	1.483E-06
130	COMBO1	-0.004306	-4.216E-07	-0.164273	-0.000205	0.045784	2.598E-06
131	DEAD	-0.001034	-8.490E-06	-0.080377	-0.000088	0.006757	-2.053E-06
131	viva	-0.001707	-0.000014	-0.132153	-0.000188	0.011156	-4.508E-06
131	COMBO1	-0.003971	-0.000032	-0.307897	-0.000406	0.025958	-9.677E-06
132	DEAD	-0.00092	-8.791E-06	-0.108356	-0.000066	0.005595	1.433E-06
132	viva	-0.001519	-0.000014	-0.178408	-0.000152	0.009278	3.413E-06
132	COMBO1	-0.003534	-0.000033	-0.415479	-0.000322	0.021559	7.180E-06
133	DEAD	-0.000824	-0.00001	-0.12797	-0.000083	0.003295	-1.134E-06
133	viva	-0.001361	-0.000017	-0.21098	-0.000186	0.005446	-2.699E-06
133	COMBO1	-0.003167	-0.00004	-0.491132	-0.000397	0.012669	-5.680E-06
134	DEAD	-0.000651	-0.000011	-0.139286	0.000061	0.002364	3.564E-07
134	viva	-0.001072	-0.000018	-0.229641	0.000051	0.003861	1.115E-06
134	COMBO1	-0.002496	-0.000042	-0.53457	0.000155	0.009014	2.211E-06
135	DEAD	-0.000501	-0.000011	-0.153421	0.000098	0.004621	-5.103E-08
135	viva	-0.000823	-0.000018	-0.25258	0.000115	0.0075	-5.263E-07
135	COMBO1	-0.001917	-0.000043	-0.588234	0.000302	0.017546	-9.033E-07
136	DEAD	0.000064	-1.288E-07	-0.047011	1.880E-06	-0.013237	2.180E-07
136	viva	0.000108	3.704E-08	-0.077308	-0.000046	-0.02177	3.136E-07
136	COMBO1	0.000248	-9.528E-08	-0.180106	-0.000071	-0.050716	7.635E-07
137	DEAD	-9.879E-06	-0.00001	-0.089917	-0.000064	-0.008109	2.682E-06
137	viva	-0.000012	-0.000017	-0.147876	-0.000149	-0.01334	4.468E-06
137	COMBO1	-0.00003	-0.000039	-0.344502	-0.000315	-0.031075	0.00001
138	DEAD	-0.000116	-0.000011	-0.124125	-0.000055	-0.006828	-1.861E-06
138	viva	-0.000185	-0.000019	-0.204137	-0.000136	-0.011219	-3.095E-06
138	COMBO1	-0.000435	-0.000044	-0.47557	-0.000283	-0.026144	-7.185E-06

Joint	OutputCase	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
139	DEAD	-0.000194	-0.000012	-0.15059	-1.397E-06	-0.006027	1.582E-06
139	viva	-0.000315	-0.00002	-0.247596	-0.000048	-0.009906	2.382E-06
139	COMBO1	-0.000737	-0.000047	-0.576862	-0.000079	-0.023082	5.709E-06
140	DEAD	-0.000369	-0.000011	-0.169822	-0.000429	-0.000187	-5.745E-07
140	viva	-0.000604	-0.000018	-0.279174	-0.000745	-0.000338	-5.267E-07
140	COMBO1	-0.001408	-0.000042	-0.650464	-0.001707	-0.000766	-1.532E-06
141	DEAD	0.	0.	0.	0.000248	0.324039	-0.000176
141	viva	0.	0.	0.	0.000189	0.004398	-0.000049
141	COMBO1	0.	0.	0.	0.0006	0.395884	-0.00029
142	DEAD	0.	0.	0.	0.000192	-0.119865	0.000122
142	viva	0.	0.	0.	0.000213	-0.006723	0.000081
142	COMBO1	0.	0.	0.	0.000571	-0.154596	0.000275
143	DEAD	0.	0.	0.	-0.000247	0.324039	0.000181
143	viva	0.	0.	0.	-0.000188	0.004399	0.000057
143	COMBO1	0.	0.	0.	-0.000597	0.395885	0.000308
144	DEAD	0.	0.	0.	-0.000189	-0.119864	-0.000114
144	viva	0.	0.	0.	-0.000209	-0.006721	-0.000069
144	COMBO1	0.	0.	0.	-0.000562	-0.15459	-0.000246
149	DEAD	0.016578	-0.000011	-0.000307	-7.029E-06	0.007622	0.00186
149	viva	0.027089	-7.530E-06	-0.000482	-0.000016	0.012043	0.003275
149	COMBO1	0.063235	-0.000025	-0.00114	-0.000034	0.028415	0.007472
150	DEAD	0.016634	0.004637	-0.043944	-0.002161	0.010916	-0.000915
150	viva	0.027315	0.007492	-0.072074	-0.00351	0.017966	-0.00152
150	COMBO1	0.063665	0.017551	-0.168051	-0.008209	0.041845	-0.00353
151	DEAD	0.014064	0.005835	-0.077345	-0.002561	0.006501	0.00011
151	viva	0.023179	0.009339	-0.127099	-0.004025	0.010768	0.000133
151	COMBO1	0.053962	0.021945	-0.296172	-0.009514	0.02503	0.000344
152	DEAD	0.010401	0.003957	-0.105629	-0.002317	0.005515	-0.000216
152	viva	0.017207	0.006066	-0.173842	-0.003686	0.008825	-0.000208
152	COMBO1	0.040012	0.014454	-0.404903	-0.008677	0.020739	-0.000593
153	DEAD	0.00643	0.00335	-0.125194	-0.001784	0.003439	-0.000055
153	viva	0.010684	0.005291	-0.20624	-0.002749	0.005817	-0.000134
153	COMBO1	0.02481	0.012486	-0.480217	-0.00654	0.013433	-0.00028
154	DEAD	0.00208	-0.002145	-0.148144	-0.003628	0.005396	-0.001316
154	viva	0.003575	-0.003452	-0.243476	-0.005495	0.00773	-0.001551
154	COMBO1	0.008216	-0.008097	-0.567335	-0.013145	0.018844	-0.00406
155	DEAD	-0.00225	-0.00982	-0.173764	0.0025	0.001663	0.000056
155	viva	-0.003538	-0.016379	-0.285218	0.004873	0.00201	0.000367
155	COMBO1	-0.008361	-0.037991	-0.664867	0.010798	0.005211	0.000654
156	DEAD	-0.006567	-0.004274	-0.163739	0.001193	-0.002434	0.00033
156	viva	-0.010669	-0.007819	-0.268858	0.002207	-0.005477	0.001423

Joint	OutputCase	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
156	COMBO1	-0.024951	-0.017639	-0.62666	0.004963	-0.011685	0.002672
157	DEAD	-0.010856	-0.002509	-0.148171	-0.001059	-0.00398	0.000426
157	viva	-0.017793	-0.004583	-0.243514	-0.001675	-0.006335	0.000706
157	COMBO1	-0.041497	-0.010345	-0.567428	-0.00395	-0.014911	0.001641
158	DEAD	-0.014559	-0.000199	-0.12164	0.000337	-0.006915	0.000109
158	viva	-0.023912	-0.000529	-0.199923	0.000726	-0.011389	0.000207
158	COMBO1	-0.05573	-0.001085	-0.465845	0.001566	-0.02652	0.000462
159	DEAD	-0.017882	0.000538	-0.087156	-0.000265	-0.008121	0.000048
159	viva	-0.029391	0.000756	-0.143223	-0.00037	-0.013351	0.000099
159	COMBO1	-0.068484	0.001856	-0.333743	-0.000911	-0.031106	0.000216
160	DEAD	-0.020024	-0.003876	-0.048263	-0.001225	-0.011878	0.000042
160	viva	-0.032903	-0.006414	-0.07927	-0.001959	-0.019558	0.000099
160	COMBO1	-0.076673	-0.014912	-0.184748	-0.004604	-0.045546	0.00021
161	DEAD	-0.019613	-0.000066	-0.000321	0.00003	-0.007732	-0.000514
161	viva	-0.032177	-0.000097	-0.000506	0.000044	-0.012466	-0.000965
161	COMBO1	-0.07502	-0.000234	-0.001195	0.000107	-0.029223	-0.002161
164	DEAD	-0.000773	9.948E-06	-0.127937	0.00008	0.003533	0.000146
164	viva	-0.001269	0.000018	-0.210918	-0.000185	0.008263	-0.000737
164	COMBO1	-0.002958	0.000041	-0.490993	-0.0002	0.017461	-0.001004
169	DEAD	-0.000249	4.325E-06	-0.150607	0.000666	-0.00539	0.001624
169	viva	-0.000395	8.966E-06	-0.247618	0.000736	-0.005965	0.001577
169	COMBO1	-0.000931	0.00002	-0.576918	0.001977	-0.016011	0.004472
174	DEAD	0.	0.	0.	0.	0.	0.
174	viva	0.	0.	0.	0.	0.	0.
174	COMBO1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
176	DEAD	0.016581	0.000068	-0.000307	-0.000042	0.007623	0.001775
176	viva	0.027096	0.000099	-0.000482	-0.000064	0.012045	0.003204
176	COMBO1	0.063251	0.00024	-0.00114	-0.000153	0.02842	0.007257
177	DEAD	0.016637	0.004572	-0.043955	-0.00206	0.010912	-0.00091
177	viva	0.027322	0.007615	-0.072094	-0.003508	0.01797	-0.001483
177	COMBO1	0.063681	0.01767	-0.168095	-0.008084	0.041847	-0.003465
178	DEAD	0.014066	0.005719	-0.077363	-0.002423	0.006503	0.000094
178	viva	0.023183	0.009547	-0.127132	-0.004052	0.010771	0.000129
178	COMBO1	0.053972	0.022139	-0.296248	-0.00939	0.025037	0.00032
180	DEAD	0.010402	0.003688	-0.105651	-0.002088	0.005514	-0.000247
180	viva	0.017209	0.006139	-0.173883	-0.00363	0.008825	-0.000246
180	COMBO1	0.040016	0.014248	-0.404994	-0.008314	0.020737	-0.00069
182	DEAD	-0.000773	-9.797E-06	-0.127959	-0.000039	0.003546	0.000218
182	viva	-0.001269	-0.000014	-0.210961	-0.000489	0.008278	-0.000655
182	COMBO1	-0.002957	-0.000034	-0.491089	-0.000829	0.017501	-0.000786
183	DEAD	0.00643	0.003025	-0.125215	-0.001582	0.003436	-0.00004
183	viva	0.010684	0.005232	-0.206281	-0.002709	0.005812	-0.000121
183	COMBO1	0.02481	0.012001	-0.480308	-0.006232	0.013422	-0.000242
185	DEAD	0.00208	-0.001468	-0.148151	-0.005209	0.005392	-0.000831
185	viva	0.003574	-0.001974	-0.243491	-0.008258	0.007724	-0.000778

Joint	OutputCase	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
185	COMBO1	0.008215	-0.00492	-0.567367	-0.019464	0.018828	-0.002243
187	DEAD	-0.002251	-0.005887	-0.173746	-0.001719	0.001661	0.000995
187	viva	-0.003539	-0.00958	-0.285191	-0.00228	0.002007	0.00192
187	COMBO1	-0.008363	-0.022393	-0.6648	-0.005711	0.005205	0.004266
189	DEAD	-0.006568	0.003566	-0.163712	-0.003959	-0.00244	0.000923
189	viva	-0.01067	0.005481	-0.268818	-0.006482	-0.005486	0.002409
189	COMBO1	-0.024954	0.01305	-0.626562	-0.015122	-0.011706	0.004962
191	DEAD	-0.00025	-0.000013	-0.150579	0.000135	-0.005562	0.000574
191	viva	-0.000395	-0.000019	-0.247577	-0.000239	-0.006252	-0.000179
191	COMBO1	-0.000933	-0.000046	-0.576818	-0.000219	-0.016678	0.000403
192	DEAD	-0.010857	0.004116	-0.148143	-0.000975	-0.003801	-0.00125
192	viva	-0.017795	0.006614	-0.243471	-0.00145	-0.006038	-0.002129
192	COMBO1	-0.041501	0.015522	-0.567325	-0.00349	-0.014222	-0.004906
194	DEAD	-0.014559	0.001735	-0.12161	-0.000909	-0.007031	-0.000209
194	viva	-0.023913	0.002855	-0.199877	-0.001439	-0.011578	-0.000319
194	COMBO1	-0.055731	0.00665	-0.465735	-0.003392	-0.026961	-0.000761
196	DEAD	-0.01788	0.000839	-0.087125	-0.000301	-0.008224	-0.00014
196	viva	-0.029388	0.001389	-0.143175	-0.000484	-0.013525	-0.00023
196	COMBO1	-0.068476	0.00323	-0.33363	-0.001136	-0.031508	-0.000537
198	DEAD	-0.020019	-0.005504	-0.048243	0.001597	-0.01141	-0.000763
198	viva	-0.032894	-0.00916	-0.079239	0.002749	-0.018793	-0.001258
198	COMBO1	-0.076652	-0.021261	-0.184673	0.006315	-0.043761	-0.002929
200	DEAD	0.	0.	0.	0.	0.	0.
200	viva	0.	0.	0.	0.	0.	0.
200	COMBO1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
201	DEAD	-0.019607	0.000019	-0.000321	-4.128E-06	-0.007731	0.000637
201	viva	-0.032167	0.000021	-0.000506	-2.629E-06	-0.012465	0.001052
201	COMBO1	-0.074995	0.000057	-0.001194	-9.160E-06	-0.029221	0.002447

Fuente: Software SAP 2000

Las reacciones conjuntas se precisan en la tabla 11.

Tabla 11. Reacciones conjuntas

Joint	OutputCase	F1 Kgf	F2 Kgf	F3 Kgf	M1 Kgf.m	M2 Kgf.m	M3 Kgf.m
66	DEAD	8293.33	1270.27	22801.12	504.87	-14758.16	-4.49
66	viva	13762.87	2184.62	36289.34	789.09	-24325.67	-2.78
66	COMBO1	31972.59	5019.72	85424.29	1868.4	-56630.86	-9.83
67	DEAD	8278.03	-1270.87	22811.32	-527.99	-14761.7	-26.43
67	viva	13738.06	-2185.61	36306.24	-827.14	-24331.89	-48.44
67	COMBO1	31914.53	-5022.02	85463.57	-1957.	-56645.07	-109.22

Joint	OutputCase	F1 Kgf	F2 Kgf	F3 Kgf	M1 Kgf.m	M2 Kgf.m	M3 Kgf.m
141	DEAD	-30425.17	4.177E-02	-8172.42	0.	0.	0.
141	viva	-50486.	1.782E-02	-13851.82	0.	0.	0.
141	COMBO1	- 117287.81	7.863E-02	-31969.81	0.	0.	0.
142	DEAD	29967.21	5.765E-02	-8222.26	0.	0.	0.
142	viva	49697.55	4.535E-02	-13842.75	0.	0.	0.
142	COMBO1	115476.74	0.14	-32015.12	0.	0.	0.
143	DEAD	-30421.99	-4.161E-02	-8171.54	0.	0.	0.
143	viva	-50481.66	-1.761E-02	-13850.63	0.	0.	0.
143	COMBO1	- 117277.05	-7.812E-02	-31966.85	0.	0.	0.
144	DEAD	29970.24	-5.648E-02	-8223.1	0.	0.	0.
144	viva	49704.16	-4.360E-02	-13844.59	0.	0.	0.
144	COMBO1	115490.94	-0.14	-32019.07	0.	0.	0.
174	DEAD	-7881.85	1483.5	22708.69	574.54	16400.75	74.28
174	viva	-13050.73	2488.82	36288.02	905.12	26999.57	121.07
174	COMBO1	-30339.39	5762.32	85311.26	2137.64	62880.22	282.85
200	DEAD	-7779.79	-1482.9	22696.46	-548.08	16395.26	83.
200	viva	-12884.25	-2487.84	36268.61	-861.81	26990.45	137.46
200	COMBO1	-29950.55	-5760.02	85265.52	-2036.59	62859.04	319.54

Fuente: Software SAP 2000

El puente El Viacrucis se diseñó para el tránsito de vehículos, debido al daño estructural que esta carga ocasionaba, se restringió solo para el uso peatonal, situación por la cual el modelamiento de la estructura en el programa SAP se realizó para cargas de puentes peatonales, por tanto los resultados de desplazamientos son relativamente bajos, siempre y cuando los materiales del puente presentaran buenas condiciones, pero debido al total deterioro de éstos, se genera pérdida de sus propiedades mecánicas, por tanto los desplazamientos son mucho mayores.

8. SOLUCIONES A LOS DIFERENTES PROBLEMAS QUE PRESENTA EL PUENTE EL VIACRUCIS

Dado que el puente objeto de estudio es una construcción de más de 93 años y según la observación no se le ha realizado ningún tipo de reforzamiento, además es notable la falta de mantenimiento, éste no cumple con la normatividad vigente, encontrándose en alto deterioro, convirtiéndose en un riesgo alto para la comunidad, los investigadores plantean un reforzamiento estructural, bajo las siguientes fases:

Fase I. Estudio de cargas y ensayos

- Estudio de las cargas a las cuales está sometido el puente.

- Realizar los siguientes ensayos:
 - Extracción de núcleos a la losa, estribos y macizo de anclaje de concreto para conocer la carbonatación del concreto y la resistencia a la compresión, teniendo en cuenta la norma INVIAS – E 418-7
 - Ensayos de ultrasonido, para conocer la profundidad de las grietas y calidad del concreto, según la NTC-2034, ASTM E 114-10.
 - Regata, con el fin de hacer un ensayo electroquímico a las varillas.
 - Esclerómetro a la losa
 - Socavación
 - Se necesita saber en qué estado se encuentra el cable que está a tensión.

Fase II. Rediseño la estructura

Se realiza la modelación del puente El Viacrucis en el software estructural.

Fase III. Intervención de la estructura

Reforzamiento en el macizo de anclaje. Este se realiza sellando las fisuras y haciendo un recubrimiento en fibras de carbono para rehabilitar la estructura, este es recomendado en ambientes corrosivos.

Retiro de eflorescencia. Se deben retirar los cristales de la superficie del concreto mediante presión (hidro lavadora), preferiblemente en un día caluroso para que la superficie se seque, después se debe utilizar un impermeabilizante para evitar que se genere nuevamente la patología.

Cambio de vigas. Cambiar las vigas longitudinales y transversales que presentan corrosión y afectan las propiedades mecánicas de los elementos.

Retiro de capa asfáltica. Se debe cambiar la capa asfáltica y vaciar una losa en concreto hidráulico, la cual permitirá la disminución de la vibración del puente.

Fase IV. Implementar un plan de mantenimiento

Anticorrosivo y capa impermeabilizante. Se debe aplicar un anticorrosivo y capa impermeabilizante en toda la estructura metálica.

Vegetación. Hacer uso de la presión (hidro lavadora) para realizar un lavado que permita eliminar la vegetación.

Iluminación. Instalar reflectores que brinden mayor visibilidad en horas de la noche.

Señalización. Instalar señal de uso del puente peatonal y prohibido tránsito de vehículos.

CONCLUSIONES

El Puente el Viacrucis se encuentra en alto grado de deterioro, siendo un riesgo para la comunidad, toda vez que es una estructura que data de muchos años atrás, sin reforzamiento en su estructura y con poco mantenimiento.

El puente el Viacrucis es altamente transitado por los estudiantes del sector, siendo las horas de ingreso y salidas de las escuelas y colegios donde se ve un mayor número de personas.

La ubicación del puente en una zona de vulnerabilidad socioeconómica, genera que éste sea utilizado por delincuentes, además se encuentran focos de consumo de alucinógenos, siendo una zona de alta peligrosidad.

Los habitantes del sector tienen otra alternativa para llegar a sus destinos, un puente a 520 metros del Viacrucis, siendo este una construcción más reciente, que permite llegar al sector de la Esneda y desde allí desplazarse a la Badea, esta opción les implica un mayor recorrido, pero con menor riesgo.

RECOMENDACIONES

Realizar un estudio que evalué los costos de la inversión para el reforzamiento estructural del Puente el Viacrucis, el cual será comparado con los beneficios que dicho puente genera en la comunidad, este análisis permite a la Administración Municipal evaluar los costos / beneficios de la inversión, para decidir si dicho proyecto es viable, toda vez que a 520 metros se ubica un puente que llega al barrio La Esneda, el cual presta el mismo servicio a la comunidad, siendo un trayecto más largo para las personas que se dirigen hacia la badea o la parte de atrás sector de la Esneda.

BIBLIOGRAFÍA

BUSTAMANTE, Carlos Andrés y GONZÁLEZ, David. *Evaluación, diagnóstico y propuesta de intervención para la patología del puente Román ubicado en el barrio Manga. Trabajo de grado Ingeniería Civil*. Cartagena: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2014.

CSI SPAIN. SAP 2000. [En línea] 2017. [Citado el: 26 de Septiembre de 2017.] <http://www.csiespana.com/software/2/sap2000>.

CURSO EVALUACIÓN PATOLÓGICA DE ESTRUCTURAS. (2017: México). Memorias, México: División de Educación Continua y a Distancia de la Facultad de Ingeniería.

COLOMBIA. FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales. [En línea] Alcaldía de Bogotá, 2011. [Citado el: 23 de septiembre de 2017.] http://www.elespectador.com/files/pdf_files/f938a83978ecae571b3713873fad1224.pdf.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. *Manual para la inspección visual de puentes y pontones*. Bogotá, 2006.

EL TIEMPO. En Pereira, quieren recuperar el tradicional Vía crucis de La Badea para esta Semana Santa. [En línea] 25 de Febrero de 2010. [Citado el: 20 de Septiembre de 2017.] <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7301521>.

ESPAÑA. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS - INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN. *Puentes, sociedad e ingeniería. En: Informes de la Construcción, diciembre de 2014, vol. 66, no. 536 . ISSN-B-1988-3234.*

HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la Investigación*. México : Mc-Graw-Hill, 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9.

MUÑOZ, Edgar. *Ingeniería de Puentes*. Pontificia Universidad Javeriana: Bogotá , 2012.

OLIVEROS, Jorge. *Evaluación, diagnóstico patológico y propuesta de intervención del puente Heredia. Trabajo de grado Ingeniería Civil*. Cartagena : Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2015.

REYES, Erika; CONTRERAS, Alejandra. *Evaluación, diagnóstico patológico y propuesta de intervención del puente Romero Aguirre. Trabajo de grado Ingeniería Civil*. Cartagena : Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2014.

SERPA, María Fernanda; SAMPER, Lina María. *Evaluación, diagnóstico, patología y propuesta de intervención del puente sobre el caño el zapatero a la entrada de la escuela naval almirante padilla. Trabajo de grado Ingeniería Civil*. Cartagena : Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2014.

TADEU, Nelson; LENZ, Artur. *Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales. En* Revista Ingeniería de Construcción, 2011. vol. 26, no. 1. p. 5-26.

TECNOLOGÍA. Puentes. [En línea] Tecnología , 2017. [Citado el: 26 de Septiembre de 2017.] <http://www.areatecnologia.com/puentes.htm>.

VIDAUD, Eduardo. *La carbonatación en el concreto reforzado*. México: Construcción y Tecnología en Concreto, 2012.

VIDAUD, Eduardo. *Fisuras en el concreto ¿Síntoma o enfermedad?*. México: Construcción y Tecnología en Concreto, 2013.

VIDAUD, Eduardo; VIDAUD, Ingrid. *Control de calidad al concreto*. México: Construcción y Tecnología en Concreto, 2014.

VIDAUD, Eduardo; VIDAUD, Ingrid. *Eflorescencia en el concreto: Mecanismo y terapéutica*. México: Construcción y Tecnología en Concreto, 2013.

ANEXOS

Anexo A.

El anexo A, corresponde al documento “Reporte Excel modelado Puente El Viacrucis”, en formato Excel, con 33 hojas de cálculo.



Anexo A. Reporte excel modelado puente El Viacrucis

Anexo B.

El anexo B, corresponde al “Informe del reporte del software SAP del puente El Viacrucis”, compuesto por 84 páginas, con 12 capítulos: 1. Model geometry, 2. Material properties, 3. Section properties, 4. Load patterns, 5. Load cases, 6. Structure results, 7. Joint results, 8. Frame results, 9. Area results, 10. Material take-off, 11. Design preferences y 12. Design overwrites, con 2 figuras y 36 tablas.



Anexo B. Informe del reporte del software SAP del puente El Viacrucis

Anexo C.

El anexo C, corresponde al “Modelamiento del Puente El Viacrucis - Programa SAP 2000”, donde se encuentra el modelamiento completo del Puente.



Anexo C. Modelamiento del Puente El Viacrucis - Programa SAP 2000

Anexo D.

El anexo D, corresponde a la carpeta “Planos del Puente El Viacrucis”, compuesto por 8 archivos, correspondientes a los planos, vista en 3D, vista frontal, vista lateral y vista superior, elaborados en el programa autocad, se adjuntan en formato pdf y dwg.



Anexo D. Planos del puente El Viacrucis