



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO TPI

PUENTE EL NARANJAL



PRESENTADO POR:

ÁLVARO EMILIANO ACOSTA VELÁSQUEZ

WILLIAM DARÍO HINCAPIÉ

POPAYÁN-CAUCA

MAYO 2023

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

ESTUDIO PATOLÓGICO AL PUENTE EL NARANJAL
SOBRE EL RÍO PÁEZ
BELALCÁZAR CAUCA

DIRIGIDO POR:
ARQ. WALTER MAURICIO BARRETO CASTILLO

PRESENTADO POR:
ÁLVARO EMILIANO ACOSTA VELÁSQUEZ
WILLIAM DARÍO HINCAPIÉ

POPAYÁN-CAUCA

JULIO 2023

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. JUSTIFICACIÓN.....	12
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. OBJETIVO GENERAL	14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1. MARCO TEÓRICO	16
4.1.1. Análisis de estabilidad.....	20
4.1.2. Carga viva:	21
4.2. MARCO LEGAL	31
4.3. MARCO HISTÓRICO	33
5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	39
6. METODOLOGÍA	40
6.1. DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE	41
6.2. PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	42
6.2.1. Inspección preliminar del paciente.....	43
6.2.2. Recopilación de información necesaria para el estudio.....	57

6.2.3.	Permisos y autorizaciones para abordar el estudio del paciente.....	57
6.2.4.	Definición del equipo de trabajo que realizara la exploración	57
6.2.5.	Definición de los medios para realizar la exploración	57
6.3.	HISTORIA CLÍNICA	58
6.3.1.	Responsables del estudio.....	58
6.3.2.	Fecha de realización del estudio.....	59
6.3.3.	Datos generales del paciente	59
6.3.4.	En la construcción civil	61
6.3.5.	Aplicación Patológica.....	62
6.3.6.	Datos específicos de las lesiones	63
6.3.7.	Descripción de la patología más relevante en el paciente	65
6.3.8.	Clasificación y origen de las Patologías	69
6.3.9.	Datos generales del entorno.....	69
6.3.10.	Arquitectura (descripción general)	71
6.3.11.	Estructura (descripción general).....	72
6.4.	DIAGNOSTICO Y ENSAYOS	73
6.4.1.	Ensayos propuestos	73
6.4.2.	Ensayo de tintas penetrantes.....	74

6.4.3.	Ensayo de tensión.....	78
6.4.4.	Diagnóstico.....	83
7.	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	84
7.1.	TIPO DE SUELO Y SUS CARACTERÍSTICAS ENSAYOS.	86
7.1.1.	Perfil del suelo.....	86
7.2.	FALLAS GEOLÓGICAS (MAPAS, ESTRATIGRAFÍA, GEOLÓGICO MICROZONIFICACIÓN)	89
7.2.1.	Estratigrafía	89
7.2.2.	Geología	90
7.2.3.	Sismicidad regional y local	91
7.2.4.	Microzonificación	94
7.3.	SISMICIDAD DE LA ZONA	94
7.3.1.	Historia de sismos en la zona de estudio.	94
7.3.2.	Sismo y avalancha rio Páez	95
7.4.	GEOGRAFÍA DE LA ZONA	96
7.5.	ESQUEMAS ESTRUCTURALES Y ARQUITECTÓNICOS DEL PROYECTO	98
7.6.	FICHAS DE VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA	101
7.7.	MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA	107
8.	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN.....	108

8.1. INTERVENCIÓN FASE 1.....	108
8.2. INTERVENCIÓN FASE 2.....	109
9. PRESUPUESTO	128
10. CRONOGRAMA.....	129
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Fichas técnicas de aceros.....	135
ANEXO 2 Fichas de patología.....	137
ANEXO 3 Planos reforzamiento	152

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general puente El Naranjal. Elaboración propia.....	12
Figura 2. Avalancha río Páez 1994. Archivo Revista Semana.....	13
Figura 3. Camión de diseño fuente CCP-14.....	22
Figura 4. Extensión de la placa base Fuente propia.....	35
Figura 5. Empalme cable principal. Fuente propia.....	35
Figura 6. Elemento con reproceso en obra. Fuente propia.....	36
Figura 7. Longitud de pernos inadecuada. Fuente propia.....	37
Figura 8. Cambio de sección de viga superior del puente. Fuente JOYCO SAS.....	37
Figura 9. Aviso a la entrada del puente. fuente propia.....	38
Figura 10. Vehículos con carga sobre el puente. Fuente JOYCO SAS.....	38
Figura 11. Vista aérea del puente vano central. Fuente propia.....	43
Figura 12. Aprovecho sur occidental del puente. Fuente propia.....	43
Figura 13. Descripción cable principal. Fuente propia.....	44
Figura 14. Vista aérea grapo de cables cable principal. Fuente propia.....	45
Figura 15. Sección cable principal. Elaboración propia.....	45
Figura 16. Torre del puente. Fuente propia.....	46
Figura 17. Sección columna. Elaboración propia.....	46
Figura 18. Geometría columna torre. Elaboración propia.....	47
Figura 19. División de grupos de cables al salir de la torre. Fuente propia.....	47
Figura 20. Anclaje cables de Ø2 1/4".....	48
Figura 21. Pasador herraje de anclaje cables de Ø2 1/4". Elaboración propia.....	48
Figura 22. Herraje de anclaje cables de Ø2 1/4". Elaboración propia.....	49
Figura 23. Herraje de anclaje cables de Ø2 1/4". Elaboración propia.....	49
Figura 24. Herraje de anclaje cables de Ø1 5/8". Elaboración propia.....	50
Figura 25. Pasador herraje de anclaje cables de Ø1 5/8". Elaboración propia.....	50
Figura 26. Detalle separación de pendolones.....	51
Figura 27. Geometría pendolón. Elaboración propia.....	51
Figura 28. Herraje de acople pendolón. Elaboración propia.....	52
Figura 29. Paralela baranda. Elaboración propia.....	52
Figura 30. Empalme Baranda. Fuente propia.....	53
Figura 31. Geometría viga de rigidez. Elaboración propia.....	53
Figura 32. Inicio viga de rigidez cordón inferior. Elaboración propia.....	54
Figura 33. Geometría diagonal viga de rigidez. Fuente propia.....	54
Figura 34. Geometría apoyo fijo.....	55
Figura 35. Viga cabezal vista desde el puente. Fuente propia.....	55
Figura 36. Geometría viga cabezal. Elaboración propia.....	56
Figura 37. Viga traviesa. Elaboración propia.....	56
Figura 38. Esquema pendolón. Elaboración propia.....	65
Figura 39. Pendolón fracturado. Fuente propia.....	66
Figura 40. Pendolón fracturado. Fuente Propia.....	67
Figura 41. Pendolón deflectado. Fuente propia.....	67
Figura 42. Pendolones faltantes. Fuente propia.....	68
Figura 43. Pendolón desconectado. Fuente propia.....	68

Figura 44. Vista aérea entorno del puente. Elaboración propia.....	70
Figura 45. Sección de pendolón	74
Figura 46. Tintas utilizadas en el ensayo.....	75
Figura 47. Preparación del pendolón para el ensayo.....	75
Figura 48. Limpieza y aplicación del líquido penetrante al pendolón.....	76
Figura 49. Limpieza y aplicación del líquido revelador	76
Figura 50. Mapa división política, administrativa del Cauca IGAC	85
Figura 51. Localización del puente. Google Earth	85
Figura 52. Clasificación de estratos (fuente estudio de suelos del proyecto).....	86
Figura 53. Mapa de valores PGA (fuente CCP-14).....	88
Figura 54. Sección hipocentral valle, Cauca, Nariño (fuente Pedraza 2006).....	92
Figura 55. Mapa zonas de amenaza sísmica (fuente NSR-10).....	93
Figura 56. Zona de deslizamiento Páez. Foto Proclama 1994	96
Figura 57. Belalcázar después de la avalancha. Foto El Tiempo 1994	96
Figura 58. Geografía del terreno. Google Earth	97
Figura 59. Sección transversal del puente.....	98
Figura 60. Foto aérea del puente	98
Figura 61. Plano levantamiento topográfico del puente	99
Figura 62. Perfil longitudinal del puente.....	100
Figura 63. Modelo 3D incluyendo Topografía	108
Figura 64. Modelo 3D	109
Figura 65. Propuesta ubicación puente provisional	111
Figura 66. Ubicación dispositivo de freno cable principal.....	112
Figura 67. Vista superior y frontal dispositivo de freno.	112
Figura 68. Localización dispositivos de freno cables principales	113
Figura 69. Sección viga cabezal (Elaboración propia).....	113
Figura 70. Refuerzo viga cabezal	114
Figura 71. Instalación de tensores auxiliares (Elaboración propia).....	115
Figura 72. Montaje tablero del puente. (Archivo Joyco S.A.S.	116
Figura 73. Anclaje cables principales 2Ø 2 ¼"	117
Figura 74. Concentración de esfuerzos	117
Figura 75. Soldar la Pletina inferior a las secciones I que se encuentran in situ.	118
Figura 76. Soldar las Pletinas superiores en medio de las secciones I que se encuentran in situ.....	118
Figura 77. Soldar la Pletina superior a las secciones I que se encuentran in situ.	118
Figura 78. Soldar las Pletinas laterales a las pletinas superior e inferior, que han sido soldadas anteriormente.	119
Figura 79. Armar el “dispositivo” que servirá de apoyo móvil.....	119
Figura 80. Instalar los tornillos de 2”, con tuerca arandela y guasa, apretar las tuercas hasta lo requerido.....	119
Figura 81. Colocación pendolones intermedios	120
Figura 82. Herraje para pendolón corto.....	120
Figura 83. Herraje articulado para pendolones cortos	121
Figura 84. Recuperación del Peralte del puente	121
Figura 85. Herrajes para articular pendolones.....	122
Figura 86. Contra flecha del puente	122
Figura 87. Tensionamiento de cables principales (Fuente propia)	123
Figura 88. Refuerzo cordón superior viga principal	123
Figura 89. Instalación vigas longitudinales nuevas.	126

Figura 90. Instalación módulo de tablero en lámina de alfajor.....	127
Figura 91. Instalación malla sobre barandas existentes	127

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Velocidad de diseño Manual de Diseño Geométrico de Vías. INVIAS	12
Tabla 2. Factores de Carga CCP-14	20
Tabla 3. Factor de amplificación de carga dinámica	23
Tabla 4. Valores V_0 y Z_0	26
Tabla 5. Presión básica	26

RESUMEN

Se realizó el presente trabajo con el objetivo de analizar las diferentes patologías que presenta el puente vehicular El Naranjal, ubicado sobre el río Páez en el municipio de Belalcázar Cauca, con el fin de proponer la intervención necesaria para llevar el puente a un estado de funcionamiento que cumpla con los criterios mínimos exigidos por del código colombiano de puentes CCP-14. El análisis efectuado se basó en la información recogida en campo, los ensayos realizados a la estructura el modelado de la estructura en el software SAP-2000.

Palabras clave: Patología, Puente colgante, Pendolón, Diseño, Estructura, Catenaria, Tablero, Macizo de anclaje, Torre, Traviesa.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las obras de ingeniería con mayor impacto social se encuentran las obras viales, esto se debe en gran parte a la capacidad que este tipo de obras tienen para dar solución muchas de las necesidades y problemáticas que se presentan en las comunidades aisladas y al beneficio económico que estas traen. De acuerdo con Patiño y Salazar (2016), el mejoramiento de la infraestructura vial es un factor estructural para el desarrollo y el aumento en la calidad de vida en los territorios que presentan significativas brechas económicas, sociales e institucionales. Para que dichas obras cumplan con tales propósitos se hace necesario garantizar que estas se encuentren en adecuado estado de funcionamiento.

Es nuestro deber como futuros patólogos utilizar el conjunto de conocimientos adquiridos durante nuestra época de estudios para ponerlo a disposición de las comunidades y aportar de dicha forma al mejoramiento de su calidad de vida. Cabe tener en cuenta que nuestro país presenta una economía generalmente agraria y que este es uno de los sectores con más

necesidades por satisfacer, razón por la cual se deben promover proyectos que impliquen oportunidades y mejoras sociales para esta población (López, 2020).

Una de las obras que más bienestar generan en una comunidad alejada son las vías de acceso y más específicamente los puentes sobre estas vías, en cuanto que dichos puentes les brindan a las comunidades la posibilidad de movilizar sus productos, de acceder a servicios básicos como educación y salud y de comunicarse de manera más eficiente con otras comunidades.

Para el presente trabajo se buscó realizar un aporte pequeño pero significativo para mejorar la calidad de vida de alguna comunidad que se encontrara afectada por la falta de conectividad debido a la ausencia de una infraestructura adecuada de puente sobre una vía de acceso existente. Al considerar algunas limitaciones propias de nuestra condición como estudiantes se optó por desarrollar el trabajo del estudio patológico del puente el Naranjal, ubicado en la vía Vitonco - Naranjal, en el municipio de Belalcázar, departamento del Cauca. Por medio de dicho estudio patológico y evaluación cualitativa se pretende obtener un guía con la cual intervenir y restaurar le mencionado puente.

Finalmente, en cuanto a la descripción del paciente, es necesario tener en cuenta que el puente El Naranjal es una estructura tipo viaducto conformado por un puente colgante con una luz aproximada de 140 m, seguido por un puente apoyado simplemente con vigas metálicas de luz aproximada de 28 m. Este puente hace parte de una vía terciaria en terreno montañoso (Instituto Nacional de Vías, 2008), cuya capa de rodadura está conformada en afirmado y cuya velocidad de diseño puede oscilar entre 20 km/h, y 40 km/h (ver tabla 1).

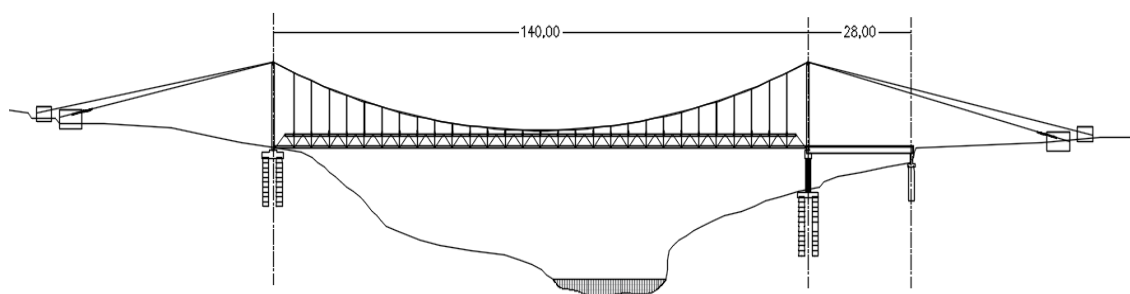


Figura 1. Esquema general puente El Naranjal. Elaboración propia

Tabla 1. Velocidad de diseño Manual de Diseño Geométrico de Vías. INVIAS

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

2. JUSTIFICACIÓN

Las comunidades rurales durante mucho tiempo han tratado de dar solución a las necesidades diarias con los escasos conocimientos heredados en gran parte de manera oral. Estos conocimientos han sido la base fundamental de sus tradiciones y han contribuido de manera significativa a solucionar algunos problemas cotidianos, pero cuando la necesidad se convierte en un problema de mayor envergadura como la rehabilitación de un puente, estas soluciones artesanales no solo carecen de bases ingenieriles, si no que se convierten en un

potencial peligro para las comunidades que dependen en gran medida de ciertas obras de infraestructura.

La vía Vintoco - El Naranjal, es de gran importancia para la comunicación de las poblaciones asentadas en la zona con el resto del departamento, estas poblaciones se han visto afectadas por las reiteradas avalanchas del río Páez, que se generan por actividad del nevado del Huila incluyendo la ocasionada el 6 de junio de 1994, que dejó un saldo de 1.100 personas fallecidas y 500 más desaparecidas.



Figura 2. Avalancha río Páez 1994. Archivo Revista Semana

La vía Vintoco El Naranjal, se constituye en la única entrada de alimentos y pasajeros para la zona, esta vía permite que exista una comunicación terrestre entre las comunidades y la cabecera municipal de Belalcázar. En la última avalancha del río Páez, en 2007 se perdió parte de la estructura y esta debió ser rehabilitada con una considerable inversión por parte del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)- Esta ruta es de vital importancia, pues es la ruta utilizada por los transportistas cuando la transversal del libertador sufre taponamientos.

Por otra parte, es necesario considerar a detalle que, para la conservación de la red vial, se deben implementar planes de mantenimiento, más aun teniendo en cuenta que de acuerdo con Contreras y Reyes (2014) en países como Colombia no se atiende mucho dicha necesidad.

Un puente, además, es una estructura de vital importancia destinada a salvar obstáculos naturales, como valles, ríos o lagos, entre otros, y obstáculos artificiales como las vías férreas o las carreteras, con el fin de unir caminos, personas animales y mercancías (Contreras y Reyes, 2014).

Es por estas razones que consideramos que se debe hacer un mantenimiento correctivo en el puente, y que para ello se debe realizar un adecuado estudio patológico que establezca el alcance y la metodología para llevar a cabo dicho mantenimiento. De esa forma, se deben invertir los recursos que se necesiten para que esta estructura preste el servicio para el cual fue diseñada y que lamentablemente por la falta de atención en este momento está ofreciendo riesgos innecesarios a la comunidad en general.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico de los daños presentes en el puente El Naranjal, situado sobre el río Páez en Belalcázar Cauca, y plantear alternativas de intervención, para garantizar el mantenimiento y rehabilitación de la estructura.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Analizar e identificar las lesiones y sus causas, presentes en el puente El Naranjal.
- 2) Determinar mediante inspección visual y ensayos como: ensayos de tensión y tintas penetrantes, las condiciones de algunos elementos estructurales del puente El Naranjal.
- 3) Realizar un análisis cualitativo de la vulnerabilidad del puente el Naranjal, empleando la norma CCP-14 para determinar las acciones de mejora.
- 4) Establecer propuestas de intervención para el mantenimiento y rehabilitación del puente El Naranjal mediante los hallazgos encontrados.

4. MARCO REFERENCIAL

El análisis presentado en este trabajo es referente al puente EL NARANJAL CARRETERA 26CC03-2 -TIERRA CRUZ – VITONCO – NARANJAL. Estos estudios son realizados con el fin de determinar las condiciones actuales de la estructura, a fin de realizar un diagnóstico patológico que permita garantizar una rehabilitación y posterior conservación de la obra. Como resultado del estudio se hará una evaluación cualitativa en la cual se propondrán los procedimientos requeridos para la rehabilitación y mantenimiento de la estructura del puente.

4.1. MARCO TEÓRICO

En la perspectiva arquitectónica e ingenieril de conservación y reutilización de patrimonio y estructuras, resulta de gran importancia aprovechar las cualidades espaciales y arquitectónicas de cada uno de los niveles que ofrece una determinada obra (Mercado Limones, 2019). En otras palabras, tras hacer un examen de daños irreparables y una evaluación de resistencia sísmológica, entre otras evaluaciones de las patologías, se deben determinar los aspectos que se pueden aprovechar.

Cabe recordar que en obras donde la conservación, la restauración o la rehabilitación están en primer plano, el arquitecto, ingeniero o proyectista según sea el caso, deberá realizar una valoración de los distintos elementos presentes en la infraestructura, de esa forma, si el valor de los elementos es alto, a la obra le corresponderá un criterio de rehabilitación o restauración adecuado, y si es menor, corresponderá un criterio adaptativo y la obra sufrirá muchos más cambios.

De ahí que en la evaluación cualitativa que se pretende realizar a partir del diagnóstico, se tracen esquemas de rehabilitación según el nivel de daño en el puente. En las obras de restauración y rehabilitación, por tanto, el elemento clave es la valoración cualitativa que hace el ingeniero o proyectista. Cabe tener en cuenta que respecto al proceso de cognición de la obra de infraestructura cuando se trata de restauración en el sentido estricto, además de las normas de restauración puede intervenir la subjetividad del proyectista en el sentido del grado de empatía que posea con los distintos elementos de la construcción. Subjetividad que puede estar determinada por elementos culturales. Sin embargo, en el caso de la rehabilitación de un puente en el cual pesa más el sentido operacional de la obra que su valor estrictamente cultural, el ingeniero debe dar prioridad a que se garantice dicha operacionalidad. Es decir, tienen prioridad las intenciones manifiestas por sobre las intenciones estéticas, sin decir que estas no deban estar presentes (Mercado Limones, 2019).

Se debe tener en cuenta, sin embargo, otros aspectos en el criterio como la sostenibilidad ambiental que para el caso de obras de infraestructura como lo son los puentes o las vías, resulta de gran relevancia los planes de manejo ambiental durante las fases de construcción (Clemente, Puente y Valle, 2004). No obstante, cabe recordar que el presente trabajo se limita estrictamente al diagnóstico de patologías, razón por la cual no se profundizará en las fases de construcción o en las labores concretas de rehabilitación, aunque se darán sugerencias durante la evaluación cualitativa.

En cuanto a lo que atañe a la evaluación de una obra de infraestructura, es pertinente tener en cuenta que es un proceso de investigación que no se puede generalizar y estandarizar a todas las obras, ya que los procesos y pasos a seguir varían dependiendo de los objetivos de la investigación, de la información disponible, del tipo y condiciones físicas de la estructura, así

como de la calidad y resistencia de los materiales con los que fue construida (Contreras y Reyes, 2014). En concreto, la evaluación consiste en:

El proceso de determinar si una estructura o uno de sus componentes es adecuado para el uso pretendido, mediante el análisis sistemático de la información y los datos recolectados a partir de la revisión de la documentación existente, la inspección de campo, las condiciones de servicio, y los ensayos de los materiales (Contreras y Reyes, 2014, p. 16).

Se debe diferenciar la evaluación de la obra en general de la evaluación estructural en cuanto que esta última consiste en el proceso por el cual se determina la capacidad para soportar cargas por parte de los elementos estructurales críticos y de la obra como un todo (Contreras, 2014). Al respecto, para el chequeo de la estructura del Puente El Naranjal se hará un análisis teniendo en cuenta los parámetros de carga, estados límites y las combinaciones de diseño estipulados por el Código Colombiano de Puentes CCP-14. En el caso de la calidad de los materiales se deberá caracterizar los mismos de acuerdo con los ensayos realizados. En los próximos apartados se procederá a detallar los elementos que se tendrán en cuenta para el análisis de cargas y resistencias tanto del Puente El Naranjal como de su muro de contención.

Combinaciones De Carga:

El chequeo de las estructuras incluyendo sus componentes y cimentación se hará de tal forma que sus resistencias de diseño iguallen o excedan los efectos producidos por las combinaciones aplicables de las solicitaciones extremas mayoradas, que dependen de los estados límites tal como se especifica el código colombiano de puentes CCP-14, los cuales se listan a continuación.

Resistencia I: Combinación básica de cargas relacionada con el uso vehicular normal del puente sin viento.

Resistencia II: Combinación de cargas relacionada con el uso del puente con vehículos especiales de diseño especificados por el Propietario, con vehículos de evaluación con permiso o ambos sin viento.

Resistencia III: Combinación de carga relacionada con los efectos de relaciones muy altas de carga muerta sobre carga viva.

Resistencia IV: Combinación de carga relacionada con el uso vehicular normal del puente con vientos de 90 Km/h de velocidad.

Evento Extremo I: Combinación de carga que incluye sismo. El factor de carga para carga viva EQ debe determinarse para cada proyecto específico.

Evento Extremo II: Combinaciones de cargas de colisión de embarcaciones y vehículos. Inundaciones de verificación y ciertos eventos hidráulicos con una carga viva reducida diferente a aquella que hace parte de la carga de colisión vehicular, CT. Los casos de inundaciones no deben combinarse.

Servicio I: Combinación de carga relacionada con la operación normal del uso del puente con un viento de 90 Km/h y con todas las cargas tomadas en sus valores nominales.

Servicio II: Combinación de carga para controlar fluencias de las estructuras de acero y deslizamiento de conexiones a deslizamientos crítico debido a carga viva vehicular.

Servicio III: Combinación de carga para análisis longitudinal relacionado con tracción en superestructuras de concreto presforzado.

Para el análisis de los puentes se consideran diferentes grupos de carga, de acuerdo con las indicaciones del CCP-14, o sus equivalentes de la norma AASTHO, que incluye factores de combinación de cargas como se muestra en la Tabla 2.

Para el análisis de la estructura del puente el Naranjal solo se tendrán en cuenta los estados límites de **Resistencia I, Servicio I y evento Extremo I**, ya que por la tipología del puente y la el tipo de vía en zona rural terciaria, es la mínima exigida por la normativa vigente. Para el respectivo análisis se tendrán en cuenta los factores de carga correspondientes de acuerdo a la Tabla 2 del código CCP-14.

Tabla 2. Factores de Carga CCP-14

Estado Límite de la Combinación de carga	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.40 0	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.40 0	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30 0	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.70 0	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM & CE	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga II- Sólo LL, IM & CE	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.1. Análisis de estabilidad

El análisis de estabilidad es el proceso por el cual se evalúa por medio de los factores de seguridad la capacidad de la estructura para resistir las fuerzas que tienden a producir volcamiento, flotación y deslizamiento, y que determina que la capacidad portante admisible del terreno no sea excedida. En otras palabras, el análisis de estabilidad busca indicar el grado de riesgo (Franco, Morbidoni, Schreider y Reynares, 2004).

Factores de seguridad al deslizamiento

La resistencia mayorada contra la falla por deslizamiento en Kips se debe tomar como:

$$R_R = \phi R_n = \phi_\tau R_\tau + \phi_{ep} R_{ep}$$

Ecuación 1

Dónde:

R_n : Resistencia nominal de deslizamiento contra la falla por deslizamiento (N).

ϕ_τ : Factor de resistencia para la resistencia al cortante contra el suelo y la cimentación.

R_τ : Resistencia nominal al deslizamiento entre el suelo y la cimentación (N)

ϕ_{ep} : Factor de resistencia para la resistencia pasiva

R_{ep} : La resistencia nominal pasiva del suelo disponible durante la vida del diseño de la estructura (N).

4.1.2. Carga viva:

Vehículo de diseño

Se adopta la carga viva del CCP-14, vehículo de diseño CCP-14, (*Ver Figura 3*), o su línea de carga equivalente, según corresponda, para todas las zonas de tráfico mixto.

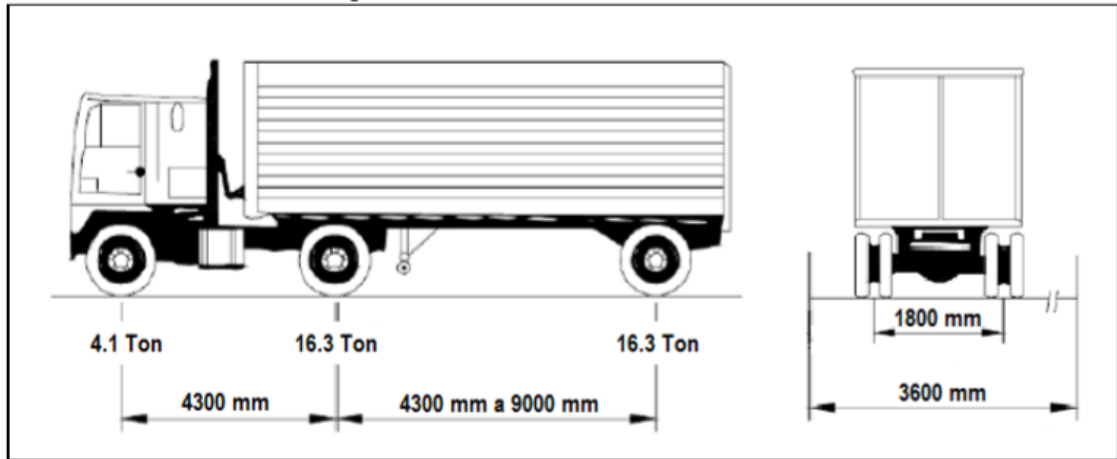


Figura 3. Camión de diseño fuente CCP-14

El CCP-14 es un vehículo de tres ejes (eje delantero, eje trasero y eje semitráiler). Los ejes traseros y semitráiler aplican al suelo una carga de 16.3 ton por eje, el eje delantero aplica al suelo una carga de 4.3 ton, las cargas de rueda corresponden a la mitad de los valores anteriores, la separación entre el eje delantero y el trasero es de 4.3 m, y la separación entre el eje trasero y el semitráiler varía entre 4.3 – 9 m, de modo que se obtenga los máximos esfuerzos. En el sentido transversal la separación entre llantas es de 1.80 m.

Cargas de vehículo

- **Tándem de diseño**

Corresponde a un par de ejes de 12.7 ton separados 1.2 m entre sí. El espaciamiento entre las dos ruedas se toma como 1.8 m. El tándem de Diseño debe someterse a una amplificación de carga dinámica IM.

- **Carga de carril de diseño**

Consiste en una carga de 1.05 ton/m distribuida uniformemente en la dirección longitudinal. Transversalmente, la carga se supone uniformemente distribuida sobre un ancho de 3 m. estas cargas no se someten a una amplificación dinámica.

- **Área de contacto de la llanta**

El área de contacto de la llanta se supone como un solo rectángulo cuyo ancho es de 0.5 m y 0.25 de largo. La presión de la llanta se supone uniformemente distribuida sobre el área de contacto.

- **Cargas peatonales**

Para los sectores con paso peatonal y de bicicletas, la carga viva uniforme considerada es de 0.37 ton/m², aplicada sobre las aceras de más de 0.6 m y simultáneamente con la carga vehicular de diseño en el carril de vehículos.

- **Amplificación por carga dinámica IM**

Los efectos estáticos del camión o tándem de diseño, diferentes a fuerzas centrífugas y de frenado se incrementan por el porcentaje especificado en la Tabla 3. Porcentaje de amplificación por carga dinámica, para amplificarlos por carga dinámica.

El factor que se aplica a la carga estática se toma como: $(1+IM/100)$.

Tabla 3. Factor de amplificación de carga dinámica

COMPONENTE	IM
Juntas de Tablero- Todos los Estados Limite	75%
Todos los demás componentes:	
Estados Límite de Fatiga y Fractura	15%
Todos los demás Estados Límite	33%

- **Fuerza de frenado BR**

Se toma como la mayor de:

- El 25 por ciento del peso de los ejes del camión o tándem de diseño.
- Cinco por ciento del camión de diseño más la carga del carril o cinco por ciento del tándem de diseño más la carga de carril.
- Se coloca en todos los carriles de diseño que se consideren cargados y que lleven tráfico en la misma dirección.

- **Fuerza centrífuga CE**

Para calcular la fuerza radial o el efecto de volcamiento sobre carga de ruedas, el efecto centrífugo sobre la carga viva se toma como el producto de los pesos de los ejes del camión o tándem de diseño y el factor C:

$$C=f(v^2/gR)$$

Ecuación 2

Dónde:

v: velocidad de diseño de la carretera (m/s)

f: 4/3 para combinaciones de carga diferentes de fatiga y 1.0 para fatiga

g: aceleración de la gravedad: 9.81 m/s²

R: radio de curvatura del carril de tráfico (m)

La fuerza centrífuga se aplica horizontalmente a 1.80 m sobre el nivel de la calzada. La velocidad de diseño se determina incluyendo los efectos del peralte.

Carga de viento WL y WS

Se asume que las presiones específicas son causadas por una velocidad de viento básica de diseño, V_B , de 160 km/h.

La fuerza del viento se supone uniformemente distribuida sobre el área expuesta al viento; la cual es la suma de las áreas de todos los componentes, la dirección de dicha carga es variada de tal forma que se pueda determinar las fuerzas extremas en la estructura o en sus componentes.

Para el caso de puentes a más de 10 m por encima del nivel del terreno o del agua, la velocidad de diseño del viento, V_{DZ} , se ajusta de la siguiente manera:

$$V_{DZ} = 2.5V_o \left(\frac{V_{30}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right)$$

Ecuación 3

Dónde:

V : Velocidad del viento de diseño a la elevación, Z (Km/h).

V_{30} : Velocidad del viento a 10 m sobre el nivel del terreno o sobre el nivel del agua (km/h).

V_B : Velocidad básica del viento de 160 km/h a 10 m de altura, que generan las presiones de diseño.

Z : Altura de la estructura a la cual se calculan las cargas de viento medida desde el nivel del terreno, o desde el nivel del agua, > 10 m.

V_o : Velocidad de fricción, característica meteorológica del viento. Ver tabla.

Z_0 : Longitud o campo de viento aguas arriba, característica del viento. Ver tabla.

Tabla 4. Valores V_0 y Z_0

Condición	Campo Abierto	Suburbano	Ciudad
V_0 (km/h)	13.2	17.50	19.30
Z_0 (m)	0.07	1.00	2.50

Presión de viento sobre estructuras WS

Si Las condiciones locales proveen y justifican una velocidad de viento básica de diseño, se usa esa velocidad para las combinaciones de viento que no involucren viento sobre carga viva. Si no se determina como:

$$P_D = P_B \frac{V_{DZ}^2}{V_B^2} = P_B \frac{V_{DZ}^2}{25600}$$

Ecuación 4

P_B : Presión básica especificada en la Tabla 5.

Tabla 5. Presión básica

Componente de la Subestructura	Carga de Barlovento Mpa	Carga de Sotavento Mpa
Cerchas, columnas y arcos	0.0024	0.0012
Vigas	0.0024	NA
Superficies grandes planas	0.0019	NA

Presión aplicada sobre vehículos: WL

La carga de viento de diseño se aplica a la estructura y a los vehículos, cuando estos están presentes. La presión de viento sobre los vehículos se representa por una fuerza móvil de 0.15 ton/m actuando perpendicularmente a 1.8 m por encima de la calzada y se transmite a la calzada.

Presión de viento vertical

Se considera una fuerza vertical hacia arriba, obtenida de multiplicar 0.96 KPa por el ancho del tablero, incluyendo parapetos y aceras. Esta fuerza se aplica solamente para los estados límite de Resistencia III y de Servicio IV que no involucren viento sobre la carga viva, y solamente cuando la dirección del viento se supone perpendicular al eje longitudinal del puente. Esta fuerza lineal se aplica a un cuarto del ancho del puente, hacia barlovento, en conjunto con las fuerzas de viento horizontales.

Cargas de Sismo: EQ

Para efectos de la evaluación de la carga lateral producida por sismo se tiene en cuenta la ubicación de las obras de contención (muro de contención para el caso del Puente El Naranjal) y los puentes (Jorquera, 2014), con el fin de hallar el coeficiente de Aceleración Pico del Terreno (PGA) y los coeficientes de período cortó y período largo (SS y $S1$ respectivamente) para calcular el espectro, los valores de PGA, SS y $S1$ se determinan de los mapas del CCP-14.

Efectos de sitio

Teniendo en cuenta el suelo del lugar donde se está realizando el proyecto, se trabajará con el espectro de diseño siguiendo las recomendaciones del CCP-14.

Sismo por carga muerta

El sismo produce una fuerza horizontal adicional en la estructura de contención por carga muerta que son aquellos elementos que permanecen fijos, inmóviles y adosados y soportados por la estructura (Jorquera, 2014). El incremento de esta fuerza horizontal producida por el sismo se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$F_{Wc} = C_{sh} * Wc$$

Ecuación 5

Dónde:

Csh: Coeficiente Sísmico Horizontal, y se calcula con la siguiente expresión:

$$C_{sh} = 0.50 Aa$$

Ecuación 6

Cuando el muro de contención es suficientemente flexible como para desarrollar desplazamientos en su parte superior, la presión activa se incrementa bajo la acción de un sismo. Este aumento de presión se denomina incremento dinámico del empuje activo ΔDEa .

El coeficiente de presión dinámica activa Kas , se calcula a partir de la fórmula de Mononobe-Okabe, este coeficiente incluye el efecto estático más el dinámico, aplicando la fuerza total en un mismo sitio, sin embargo, considerando que la cuña movilizada en el caso dinámico es un triángulo invertido con centro de gravedad ubicado a 2/3 de la altura, medidos

desde la base, se separa el efecto estático del dinámico por tener diferentes puntos de aplicación (Jurado, 2012). El incremento dinámico del empuje activo se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$\Delta DEa = \left(\frac{1}{2} \gamma H^2\right)(K_{as} - K_a)(1 - C_{sv})$$

Dónde:

ΔDEa : Incremento dinámico del empuje activo

C_{sv} : Coeficiente sísmico vertical. $C_{sv} = 0.70 C_{sh}$

C_{sh} : Coeficiente sísmico horizontal. $C_{sh} = 0.50 A_0$

K_a : Coeficiente de presión activa

K_{as} : Coeficiente de presión dinámica activa

H : Altura del relleno

γ : Peso específico del relleno

θ : Ángulo de fricción interno del suelo. $\theta = \text{acotan}\left(\frac{C_{sh}}{1 - C_{sv}}\right)$

Ψ : Ángulo de la cara interna del muro con la horizontal

β : Ángulo del talud del relleno con la horizontal

δ : Ángulo de fricción entre relleno y muro $\delta = \frac{2}{3} \theta$

Presión de relleno

En el análisis y diseño de muros se tiene en cuenta el empuje lateral del suelo adyacente y se calcula con la siguiente expresión:

$$E_r = \frac{1}{2} \gamma_r K H_r^2$$

Ecuación 7

Dónde:

E_r : Empuje del relleno

γ_r : Peso específico del relleno

H_r : Altura del relleno

K : Coeficiente de Presión activa o pasiva, según el caso.

Coeficiente de presión activa

Si el muro de sostenimiento cede el relleno de tierra se expande en dirección horizontal, originando esfuerzos de corte en el suelo, con lo que la presión lateral ejercida por la tierra sobre la espalda del muro disminuye gradualmente y se aproxima al valor límite inferior, llamado empuje activo del relleno, y se calcula con la siguiente expresión:

$$K_a = \frac{1 - \operatorname{sen}\phi}{1 + \operatorname{sen}\phi}$$

Ecuación 8

Dónde

ϕ : Ángulo de fricción interna del relleno.

Coeficiente de presión pasiva

Si el muro empuja en una dirección horizontal contra el relleno, las tierras así comprimidas en la dirección horizontal originan un aumento de su resistencia hasta alcanzar su

valor límite superior llamado empuje pasivo del relleno, y se calcula con la siguiente expresión:

$$K_p = \frac{1 + \operatorname{sen}\phi}{1 - \operatorname{sen}\phi}$$

Ecuación 9

Dónde

ϕ : Ángulo de fricción interna del relleno.

Carga por subpresión

La subpresión se calcula de acuerdo con la altura total de la lámina de agua correspondiente al nivel de fundación de la estructura, el área resultante se multiplica por el peso específico del agua como se indica a continuación:

$$W_s = A \gamma_w$$

Ecuación 10

4.2. MARCO LEGAL

Para el diagnóstico del puente se realizará, siguiendo la normatividad expedida por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14, con su respectivo camión tándem y carril de diseño. En la carga uniforme de carril se excluye el efecto de impacto y se distribuirá en el ancho del carril conforme a la sección del puente. Para efectos del análisis de las cargas vivas y posterior chequeo de los diferentes elementos se

utiliza un programa computacional teniendo sólo en cuenta las cargas sobre el plano vertical de la estructura. El CCP-14 permite el uso de la norma AASHTO LFRD Bridge Design Specifications para realizar diseños por la metodología de factores de carga y resistencia. Por tal razón algunas estructuras del presente proyecto se chequearán siguiendo esta última norma en su sexta edición 2012 y séptima edición 2014.

Aplican además Normas y Estándares relacionados, con los que se citan a continuación:

- AASHTO, American Association of State Highway and Transporting officials:
Standard Specification for Highway Bridges, 17th Edition, 2005.
- NCHRP350 Y NCHRP537, Normas Americanas para barandas de puentes vehiculares, y la norma EN 1317, Norma Europea para barandas de puentes vehiculares.
- AASHTO Roadside Design Guide, 3rd Edition.
- ACI 318-05 Código de las Construcciones Concreto Reforzado.
- Criterios de diseño para estructuras hidráulicas U.S.B.R. United States Department of the Interior- Bureau of Reclamation-
- American Society for Testing and Materials, ASTM
- American Society of Civil Engineers, ASCE.
- Recommended Practice for Concrete Formwork - ACI-347
- Recommended Practice for Measuring Mixing for Detailing Reinforced Concrete Structures – ACI-614
- Proposed Recommended Practice for Curing Concrete - ACI-612

4.3. MARCO HISTÓRICO

La estructura escogida para el presente trabajo es un puente colgante con una distancia entre sus pilas principales de 140 m., y una altura sobre el espejo de agua de 30 m aproximadamente. El puente El Naranjal se encuentra emplazado en el km 74 de la vía Vitonco – El Naranjal sobre el Río Belalcázar.

El área de influencia del puente está compuesta por las comunidades aledañas de centros poblados, como son: Toez, Wila Viejo, Mesa De Caloto, Talaga, Chachucue, Tarabira, La Cruz De Vitonco, Vitonco, Mosoco, Lame, Calderas, La Troja, San José, Botatierra, Cuartel, El Cabuyo, del municipio de Páez, que tiene una población aproximada de 10.000 mil habitantes.

La región de influencia del puente está compuesta principalmente por comunidades indígenas del pueblo Nasa, y en menor medida por comunidades campesinas y afros. Respecto a hechos relevantes, cabe destacar que el 6 de junio 1994 a las 3.47 pm, ocurrió un sismo que tuvo epicentro en la cordillera central, en las faldas del volcán nevado del Huila, en la parte alta del Río Páez, dicho sismo provocó una avalancha que arrasó con 40.000 hectáreas, y dejó un saldo de 1.100 personas fallecidas y 500 desaparecidos. Sin lugar a duda una tragedia nacional de grandes dimensiones conocida hoy día como el Terremoto de Páez, la cual afectó a una comunidad sumida en vulnerabilidades diversas muchas de ellas producto del conflicto armado del país (Quiceno, 2017).

A raíz de la avalancha estas comunidades quedaron completamente aisladas, y se evidenció la debilidad de la infraestructura existente y en especial los puentes que hasta ese

entonces se trataba de puentes rudimentarios, que no salvaban completamente el cono de inundación por lo cual fueron arrasados completamente.

Para poder hacer frente a esta contingencia, surgió la corporación Nasa Kiwe, cuya misión es:

La Corporación Nasa Kiwe es la institución creada por el estado colombiano para ejecutar en coordinación con distintos organismos públicos y privados las actividades tendientes a recuperar y rehabilitar social, económica y culturalmente la población asentada en la zona de Tierradentro y áreas aledañas, afectadas por desastres de origen natural (Corporación NASA Kiwe, 2020).

El puente el Naranjal fue uno de los puentes sobre el Río Páez que fue arrasado por la avalancha, y que por parte del INVIAS fue considerado como prioridad para ser rehabilitado de forma urgente, es así como en el año siguiente se instaló en el sitio el actual puente, que se amplió en longitud y altura para dar paso a una eventual creciente y que se garantice la comunicación terrestre de las comunidades, incluso ante una contingencia como la presentada con la avalancha de 1994.

El puente fue construido con mucha premura para poder habilitar la vía a la mayor brevedad posible, dadas las implicaciones que se tenían por el aislamiento de dichas comunidades. Esta premura desencadenó una serie de fallas tanto en la etapa de diseño como en la posterior etapa de montaje de aquel, estas falencias se pueden ver evidenciadas en la inspección visual que se le realizó al puente, las cuales se listan a continuación:

La placa base de las columnas principales del puente se encuentran añadidas con un elemento que posee una sección insuficiente para extender esta placa base, esta condición refleja una falencia en la parte de diseño al no contemplar el área de placa base necesaria para soldar los rigidizadores de la base.



Figura 4. Extensión de la placa base Fuente propia

- Los cables principales del puente se encuentran añadidos en algunos puntos, esto en principio no debería considerarse como un problema para el funcionamiento del puente, pero si a esta situación se le suma que el cable principal compuesto por 2 cables de $\varnothing 2 \frac{1}{4}''$ + 3 cables de $\varnothing 1 \frac{5}{8}''$ presenta un tensionamiento diferencial lo que evidencia que no se realizó un adecuado tensionamiento en la etapa de montaje.



Figura 5. Empalme cable principal. Fuente propia

- Se evidencia falla en la geometría de los elementos de celosía de la cercha de rigidez del puente, y su posterior reproceso en obra para poder calzar los elementos. Esta condición genera debilitamiento de los elementos principales por motivos de disminución en el área resistente a tensión del elemento.



Figura 6. Elemento con reproceso en obra. Fuente propia

- En una buena cantidad de uniones los pernos tienen una longitud escasa para la unión requerida, esto se debe a una mala planificación a la hora de determinar la longitud de los pernos a utilizar, y genera problemas de resistencia en la unión al generar que dichas uniones puedan quedar sin pernos debido a la vibración ocasionada por el tránsito de vehículos sobre el puente y la dinámica propia de este tipo de estructuras.



Figura 7. Longitud de pernos inadecuada. Fuente propia

En noviembre de 2016 se realizó una intervención al puente por parte del Instituto Nacional de Vías INVIAS. En dicha intervención se cambiaron, dos secciones de viga superior aguas arriba, también se cambió 45 ml de la estructura de piso en madera que presentaba un deterioro avanzado.



Figura 8. Cambio de sección de viga superior del puente. Fuente JOYCO SAS

En febrero de 2018, se emitió la resolución nro. 010004 por parte del INVIAS, ordenando de cierre definitivo del puente, pero esto no se pudo llevar a cabo por completo,

pues la comunidad se negó al cierre definitivo y habilitó el paso del puente razón por la cual se permitió el paso por el puente con capacidad restringida.



Figura 9. Aviso a la entrada del puente. fuente propia

Sin embargo, esta restricción de capacidad no ha sido respetada y es la misma comunidad quien permite y promueve el paso de vehículos que superan ampliamente dicha capacidad.



Figura 10. Vehículos con carga sobre el puente. Fuente JOYCO SAS

5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

El proyecto tiene como alcance determinar las principales causas que han generado las diferentes lesiones que presenta el puente, para lo cual se realizará la recolección de la información necesaria para identificar las lesiones que presenta la estructura y determinar las causas principales y secundarias que ocasionan dichas lesiones.

El proyecto también pretende proponer una metodología que se pueda seguir para realizar la intervención del puente, de tal manera que esté pueda recuperar la funcionabilidad y la capacidad para la cual fue diseñado. Dentro del alcance del proyecto está el cuantificar cual sería el costo de realizar el procedimiento necesario para la rehabilitación de la estructura, y establecer el cronograma para llevarlo a cabo.

El proyecto no incluye la implementación de los procedimientos requeridos para la rehabilitación de la estructura ni la realización de todos los estudios que se requieren para realizar un adecuado estudio patológico de la estructura, esto por el gran costo que conllevaría realizar tal proyecto, entendiendo que el ejercicio de adelantar el análisis patológico de la estructura es de carácter académico, y de una iniciativa propia, por lo cual no se cuenta con los recursos suficientes para tal fin.

6. METODOLOGÍA

El diagnóstico realizado en el presente texto se realiza con fines académicos desde un paradigma mixto de investigación en cuanto que se hizo uso de fuentes documentales principalmente de textos especializados, así como de estudios de campo basados en la observación a fin de indagar en las problemáticas y fallas más evidentes y en los análisis de resistencias y cargas.

Cabe mencionar de igual forma la importancia del estudio de caso en la determinación de las patologías, ya que, como se esbozó en el marco teórico, los procesos de investigación y diagnóstico de obras no se pueden generalizar y estandarizar a todas las obras en general, ya que los procesos y pasos a seguir varían dependiendo de los objetivos de la investigación, de la información disponible, del tipo y condiciones físicas de la estructura, así como de la calidad y resistencia de los materiales con los que fue construida (Contreras y Reyes, 2014).

Para el estado de caso del Puente El Naranjal, se tuvo en cuenta de igual su trayectoria histórica y el hecho de que, tras el Terremoto de Páez de 1994, el puente haya sido construido con gran premura, lo cual se evidencia por ejemplo en la escasa tensión de los cables en la etapa de montaje y en las fallas en la geometría de los elementos de celosía de la cercha de rigidez del puente. La metodología, por tanto, es descriptiva respecto al trabajo de campo y sustentada en la consulta de fuentes documentales.

Para el desarrollo del presente estudio, se establecen tres etapas de trabajo

- Etapa I: Historia clínica
- Etapa II: Diagnóstico
- Etapa III: Propuesta de intervención

Desarrolladas las etapas I y II, se planteará la etapa tres en la cual consideraremos la intervención a efectuar para este estudio.

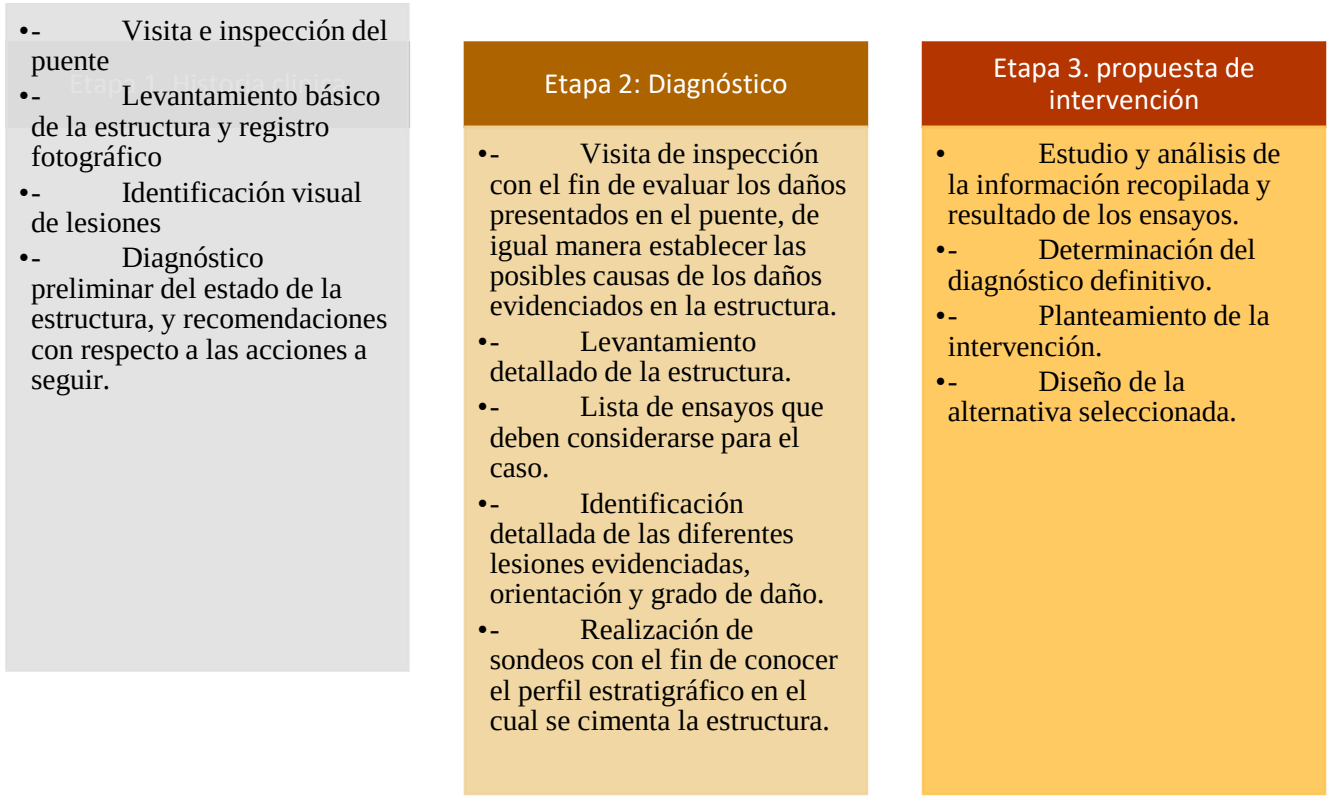


Tabla: flujograma de elaboración propia. 2022.

6.1. DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE

Como se ha señalado líneas atrás, la estructura escogida para este trabajo es el Puente El Naranjal, una estructura colgante con una distancia entre sus pilas principales de 140 m., y una altura sobre el espejo de agua de 30 m aproximadamente. El puente se halla emplazado en el km 74 de la vía Vitonco – El Naranjal sobre el Río Belalcázar. Su área social de influencia es bastante considerable puesto que abarca comunidades aledañas de centros poblados, como Toez, Wila Viejo, Mesa De Caloto, Talaga, Chachucue, Tarabira, La Cruz De Vitonco,

Vitonco, Mosoco, Lame, Calderas, La Troja, San José, Botatierra, Cuartel, El Cabuyo, del municipio de Páez, que tiene una población aproximada de 10.000 mil habitantes.

El puente fue escogido a razón de que resulta evidente en su estado físico que se requiere una planificación de acciones necesarias para preservar dicha estructura, así como para proteger la vida e integridad física de los peatones y vehículos que transitan por la estructura. Se evidencia además la necesidad de tales acciones en el hecho de que en el año de 2018 se ordenara el cierre definitivo del puente mediante la resolución nro. 010004 del INVIAS, lo cual no pudo llevarse a cabo por ser una estructura vital de comunicación y transporte para las comunidades de la zona. En concreto, constituye la única entrada de alimentos y pasajeros para la zona, dicha vía permite que exista una comunicación terrestre entre las comunidades y la cabecera municipal de Belalcázar.

6.2. PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

Una vez definida la metodología a seguir se procedió a realizar:

- Inspección preliminar
- Solicitar información y estudios disponibles de paciente
- Inspección visual para detectar lesiones y afectaciones del paciente
- Revisión de antecedentes del paciente
- Elaboración de un informe preliminar, así como de las correspondientes

fichas de lesiones y afectaciones

6.2.1. Inspección preliminar del paciente

En visita de campo, se realiza la inspección preliminar de la estructura para recabar la información necesaria para realizar el estudio correspondiente, y se detalla a la geometría de los elementos que conforman el puente. El puente tiene un vano central de 140m, y un aproche conformado por un puente secundario en vigas metálicas simplemente apoyadas con una luz de 28m.



Figura 11. Vista aérea del puente vano central. Fuente propia.



Figura 12. Aproche sur occidental del puente. Fuente propia.

Cables principales

El puente está conformado por dos líneas de cables principales, una a cada lado de la estructura, cada línea de cables lo componen 2 cables de $\varnothing 2\frac{1}{4}"$ + 3 cables de $\varnothing 1\frac{5}{8}"$ por cada lado



Figura 13. Descripción cable principal. Fuente propia.

En los puntos de unión con los pendolones se utilizan herrajes de amarre que tienen como función, mantener la integridad de los cables, para que trabajen en conjunto, y dar soporte para la ubicación de los pendolones.



Figura 14. Vista aérea grapo de cables cable principal. Fuente propia.

A continuación, se muestra la sección típica de cómo se configuran el grupo de cables que conforma el cable principal.

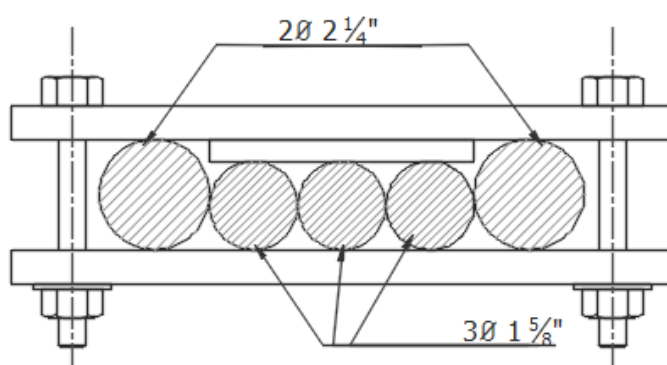


Figura 15. Sección cable principal. Elaboración propia.

Torres

Las torres están conformadas por un pórtico principal que cuenta con dos columnas y dos vigas arriostradas por un elemento en cruz en la mitad superior del pórtico. La función de

las torres es permitir el apoyo de los cables principales y conformar la estructura que genera la catenaria propia de este tipo de estructuras.



Figura 16. Torre del puente. Fuente propia.

Cada columna consta de tres tubos de Ø12" Schedule 40, tangentes entre sí, unidos por elementos auxiliares como presillas y barra de acero corrugadas, configurados como se muestra en la siguiente figura

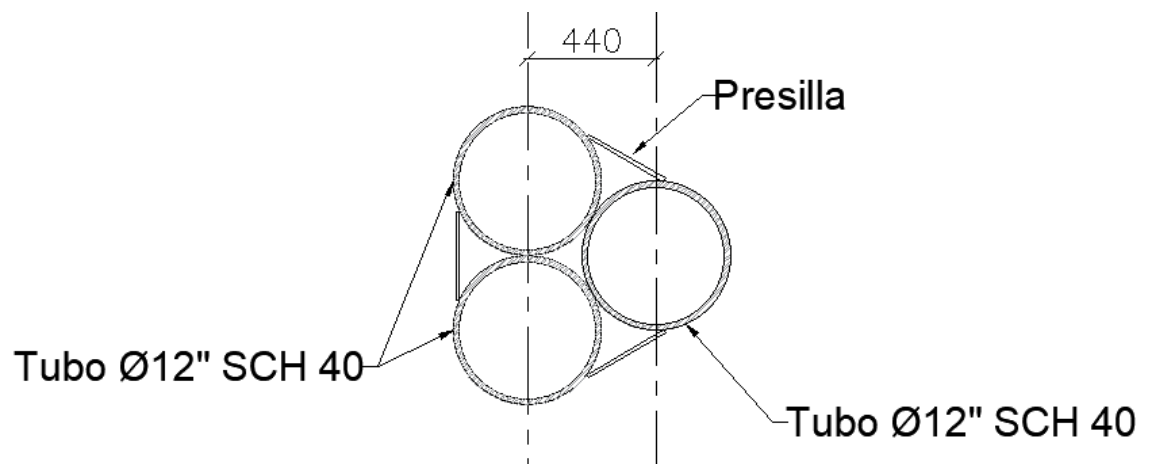


Figura 17. Sección columna. Elaboración propia

Los elementos de columnas cuentan con una placa base y rigidizadores en platina HR de 1". La torre se ancla directamente sobre un cabezal de concreto mediante cuatro pernos de $\varnothing 2"$

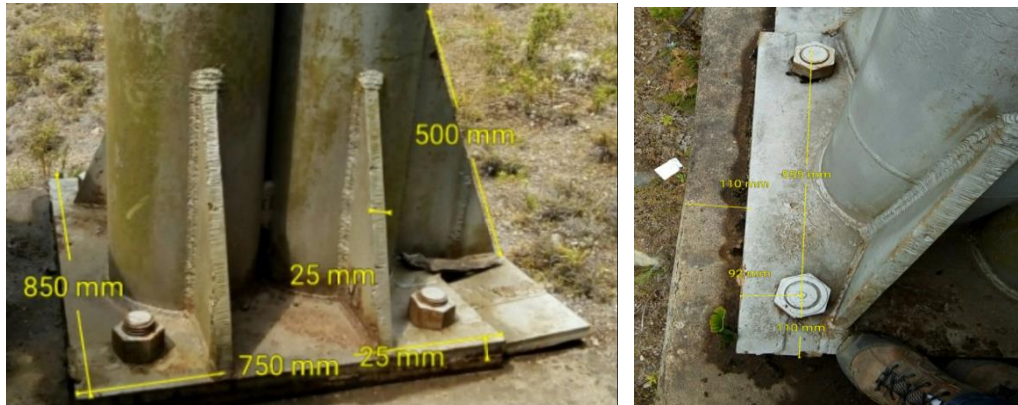


Figura 18. Geometría columna torre. Elaboración propia

Anclajes

Los anclajes de los cables principales se dividen en dos grupos, los primeros son los anclajes para los cables de $\varnothing 2 \frac{1}{4}"$, que se amarran al macizo de anclaje que se encuentra más alejado de la torre, el otro grupo amarra los 3 cables de $1 \frac{5}{8}"$, que son el juego de cable que se encuentran anclados más cerca de las torres.



Figura 19. División de grupos de cables al salir de la torre. Fuente propia

Para el anclaje del juego de cables de $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ ", se utilizan herrajes de sujeción en "U" en acero galvanizado de alta resistencia de $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ ", como aparece en la siguiente imagen.



Figura 20. Anclaje cables de $\varnothing 2 \frac{1}{4}$ "

El herraje se complementa con 3 vigas IPE empotradas en el macizo de anclaje con un pasador en acero de $\varnothing 3$ ".

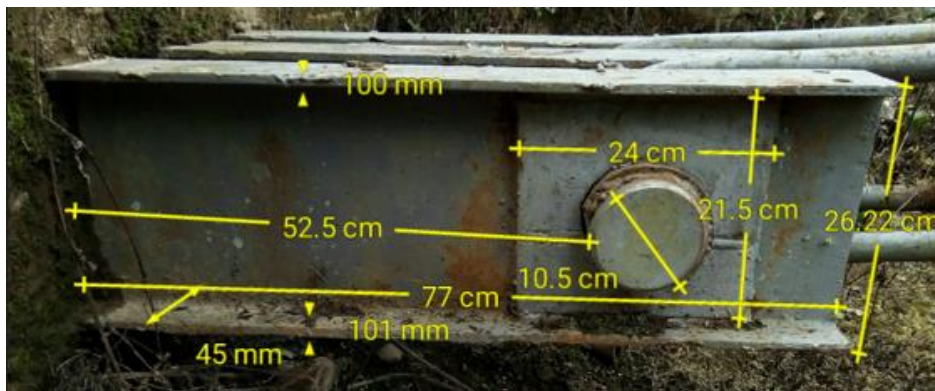


Figura 21. Pasador herraje de anclaje cables de $\varnothing 2 \frac{1}{4}$ ". Elaboración propia

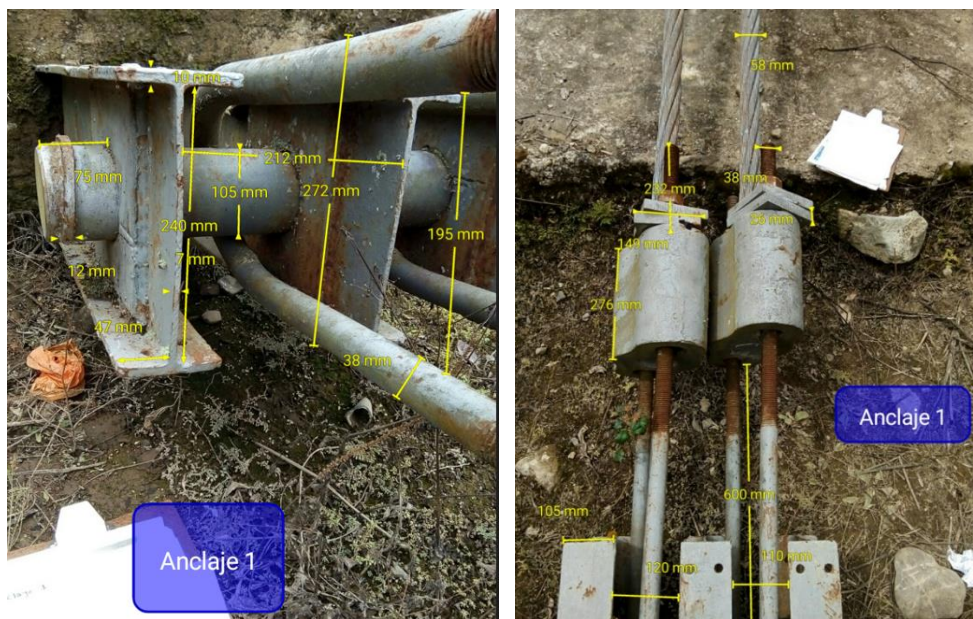


Figura 22. Herraje de anclaje cables de $\varnothing 2 \frac{1}{4}$ ". Elaboración propia

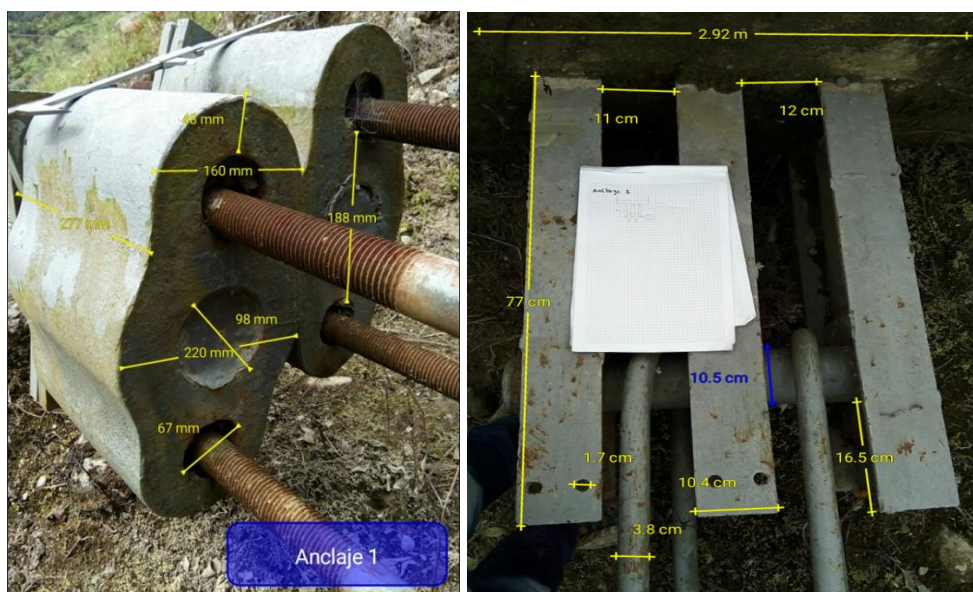


Figura 23. Herraje de anclaje cables de $\varnothing 2 \frac{1}{4}$ ". Elaboración propia

El juego de cables de $\varnothing 1 \frac{5}{8}$ " se ancla de forma análoga, pero para sujetar los tres cables que componen la línea de anclaje se utilizan cuatro vigas IPE

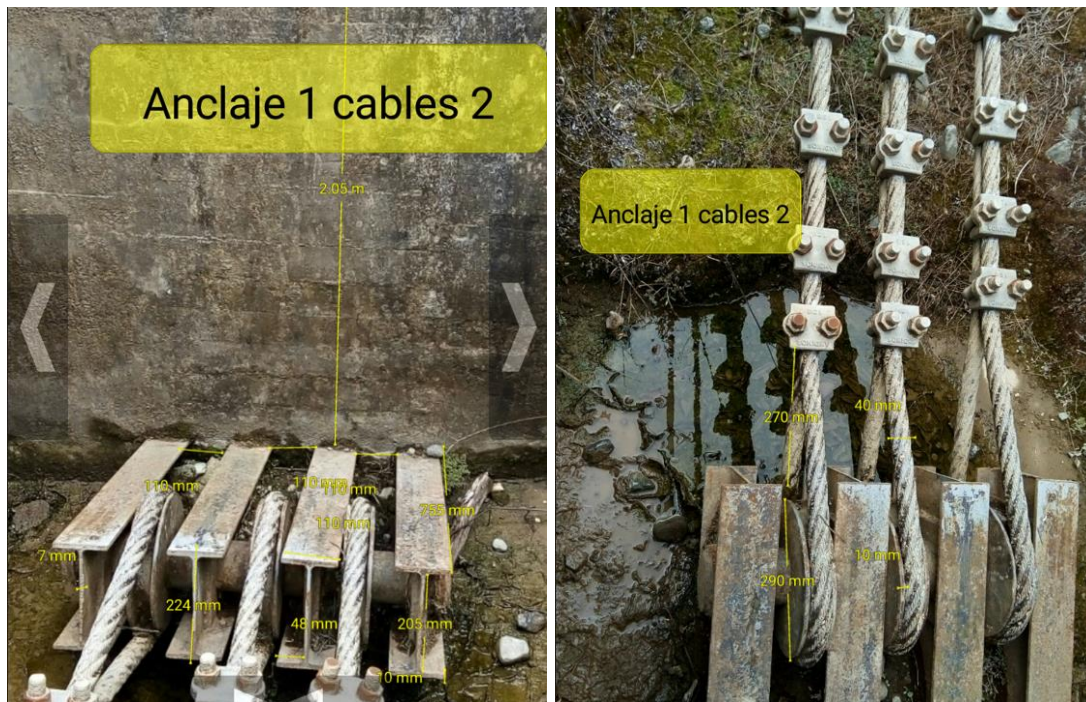


Figura 24. Herraje de anclaje cables de $\varnothing 1\ 5/8''$. Elaboración propia

El pasador utilizado para este anclaje, corresponde a un eje de acero calibrado de $\varnothing 4''$



Figura 25. Pasador herraje de anclaje cables de $\varnothing 1\ 5/8''$. Elaboración propia.

Pendolones

La estructura cuenta con un juego de 28 pendolones de $\varnothing 7/8"$ a cada lado, que tienen como principal función soportar el tablero, y llevar todas las cargas, tanto las cargas muertas de la estructura, como las cargas de uso a las líneas de cables principales. La separación entre pendolones es de 4.65m aproximadamente y es constante a lo largo del puente.



Figura 26. Detalle separación de pendolones

El elemento tiene como función principal transmitir las cargas muertas del tablero del puente, los elementos estructurales que lo conforman, y las cargas vivas debido al tránsito de vehicular, hacia los elementos principales de sujeción del puente que en este caso son los cables principales.

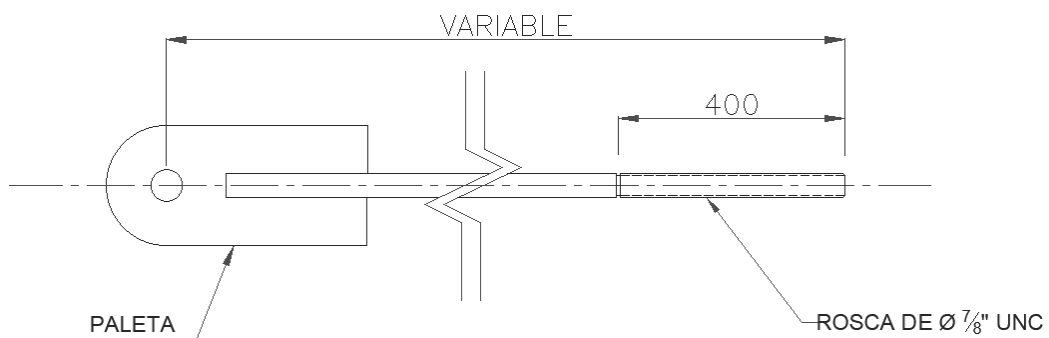


Figura 27. Geometría pendolón. Elaboración propia.

Los pendolones están acoplados al cordón superior de la viga de rigidez a través de un herraje que permite cierto graduar la altura a través de una tuerca.

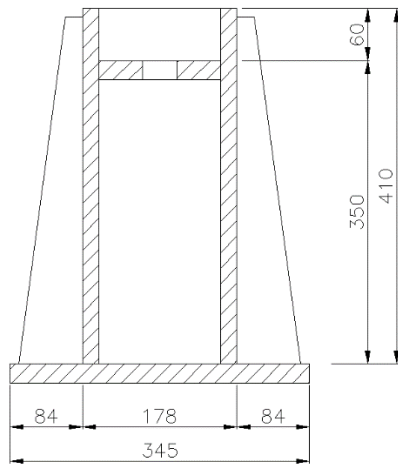


Figura 28. Herraje de acople pendolón. Elaboración propia

Baranda

La baranda del puente está conformada por un paral en ángulo HR, ubicado en cada viga traviesa del puente y una canal UPN de 5”.



Figura 29. Paral baranda. Elaboración propia.

Los perfiles de la baranda están montados de tal manera que puedan absorber las deformaciones de la estructura debidos a su configuración de puente colgante.



Figura 30. Empalme Baranda. Fuente propia.

Viga de rigidez

La viga de rigidez tiene como función conectar el tablero con los pendolones, para mantener la forma de los cables y transmitir la carga de repartida entre los pendolones adyacentes al punto de acción de la carga viva.

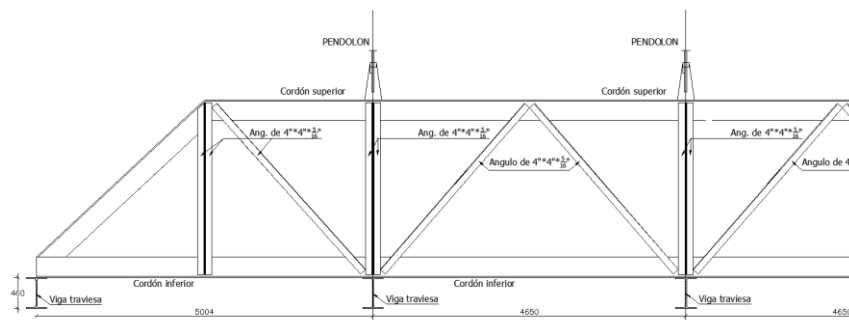


Figura 31. Geometría viga de rigidez. Elaboración propia



Figura 32. Inicio viga de rigidez cordón inferior. Elaboración propia.



Figura 33. Geometría diagonal viga de rigidez. Fuente propia.

Apoyo fijo

El tablero del puente cuenta con cuatro apoyos fijos, dos por cada acceso del puente, este tipo de apoyo restringe el movimiento horizontal y vertical del tablero, mientras le permite la rotación del mismo para liberar los momentos que se puedan presentar en los elementos de acople entre el tablero del puente y la viga cabezal.



Figura 34. Geometría apoyo fijo

Viga Cabezal

La viga cabezal es una estructura en concreto reforzado configurada en voladizo, que sirve de base para el anclaje de las columnas de las torres principales del puente, en este caso también sirve de soporte para los apoyos fijos.



Figura 35. Viga cabezal vista desde el puente. Fuente propia.

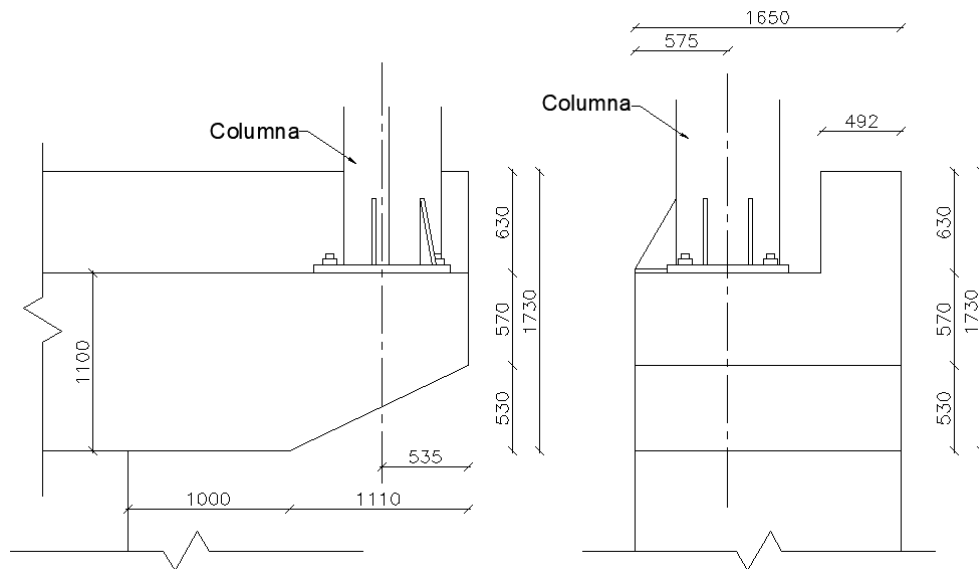


Figura 36. Geometría viga cabezal. Elaboración propia

Viga traviesa

La viga traviesa es una viga metálica que atraviesa de forma transversal la sección del puente y le da soporte al tablero, lleva las cargas de este último directamente al cordón inferior de la viga de rigidez.



Figura 37. Viga traviesa. Elaboración propia.

6.2.2. Recopilación de información necesaria para el estudio

La información obtenida de la estructura fue obtenida del registro fotográfico e inspección visual de la misma. Adicionalmente se encuentra la información registrada en el levantamiento topográfico realizado por el ingeniero Andrés Benavides.

6.2.3. Permisos y autorizaciones para abordar el estudio del paciente

La autorización para realizar estudios e inspecciones al paciente es por parte de la comunidad que habita la zona, que pertenece al resguardo indígena de Belalcázar.

6.2.4. Definición del equipo de trabajo que realizara la exploración

El equipo de trabajo está conformado por William Dario Hincapié y Álvaro Emiliano Acosta Velásquez.

6.2.5. Definición de los medios para realizar la exploración

La metodología a seguir para el desarrollo del trabajo se basa en una recolección de toda la información que sea relevante sobre las lesiones que presenta el puente, estas lesiones no solo se deben documentar, sino que es necesario identificar de manera adecuada las causas, ya sean primarias o secundarias que las están produciendo. Para la obtención de esta información se priorizará la información obtenida directamente de la fuente, realizando visitas técnicas programadas acompañada de un amplio registro fotográfico.

Con toda la información recolectada por las visitas a campo y el registro fotográfico, se realizará el trabajo posterior en oficina de selección, clasificación y depuración de dicha

información, con el fin de determinar la información relevante para su análisis. Es dicho análisis se procederá a identificar y clasificar las lesiones presentadas en la estructura y asociarlas con las posibles causas que las generaron.

Una vez se tengan identificadas tanto lesiones como las causas que la generan se realizará un análisis numérico que permitirá determinar el grado de afectación de la estructura y de esta forma establecer los elementos que requieren ser intervenidos en la etapa de reforzamiento de la estructura.

Con la identificación de los elementos que deben ser intervenidos plenamente identificados, se establecerá la metodología necesaria para realizar la propuesta de intervención que se debe seguir para lograr la puesta a punto del puente, y lograr llevarlo a un estado funcional de acuerdo a la normativa vigente.

6.3. HISTORIA CLÍNICA

6.3.1. Responsables del estudio

Como trabajo practico integrado para optar al título de Especialista en Patología de la Construcción se realiza el trabajo por parte de los ingenieros:

- ÁLVARO EMILIANO ACOSTA VELAZCO
- WILLIAM DARÍO HINCAPIÉ

6.3.2. Fecha de realización del estudio

El estudio se ha ido llevando a cabo entre marzo de 2022, y abril de 2023.

6.3.3. Datos generales del paciente

6.2.3.1 Nombre

Puente El Naranjal.

6.2.3.2. Localización (Departamento, municipio, vereda)

La obra se encuentra emplazada en el km 74 de la vía Vitonco - El Naranjal sobre el Río Belalcázar en el Departamento del Cauca en Colombia.

6.2.3.3. Uso

Transporte, por medio de automotores y peatones y comunicación interregional.

6.2.3.4. Fecha de construcción

Su estado actual data del año 1994 tras el Terremoto de Páez.

6.2.3.4. Sistema constructivo

Puente colgante vehicular, que tiene una luz central de 140 m, cuenta con un tablero conformado por vigas en estructura metálicas que soportan un entablado en madera. Dicho tablero se suspende de un cable principal conformado por 2 cables de Ø2 1/4" + 3 cables de Ø1 5/8", por cada lado, para suspender el tablero se utilizan 56 pendolones de Ø7/8.

6.2.3.5 *Técnica constructiva*

Es un puente colgante lanzado mediante torres de izaje y cables principales .

6.2.3.6 *Uso actual y previsto del sector*

Transporte de alimentos y pasajeros.

6.2.3.7 *Importancia del paciente*

Constituye la única entrada de alimentos y pasajeros para la zona, dicha vía permite que exista una comunicación terrestre entre las comunidades y la cabecera municipal de Belalcázar.

6.2.3.8 *Normativa actual que lo rige:*

-Ley 400 de agosto 19 de 1997, por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes.

-Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente – NSR- 10, Decreto 926 de 2010, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

-Norma Colombiana de Diseño Sísmico de Puentes – CCP-14.

-Manual de diseño geométrico de vías – INVIAS – 2008

-Código Colombiano de Puentes CCP-14. Resolución nro. 010004 de INVIAS del 23 de febrero de 2018.

- Resolución nro. 010004 de INVIAS del 23 de febrero de 2018.

6.2.3.9 *Otras características:*

Puente colgante de un solo carril con una distancia entre sus pilas principales de 140 m., y una altura sobre el espejo de agua de 30 m aproximadamente, el puente cuenta con un puente secundario en viga de una luz de 30 m, en uno de los aproches.

6.3.4. En la construcción civil

Tipo de cimentación: Para este paciente la cimentación está conformada por una pila a cada lado del puente, montadas sobre una zapata cabezal, que a su vez esta soportada por 4 kaissons de Ø1.20 m, contruidos con el sistema de pozo indio, destaca además un muro de contención en concreto tipo estribo para soportar las vigas metálicas del puente auxiliar.

Altura: 30 m aproximadamente sobre el espejo de agua.

Área (número de pisos): puente colgante con una distancia entre sus pilas principales de 140 m, y un ancho de calzada de 3.50 m, el área total útil en planta es de 490 m².

Estado general de construcción: construcción realizada con premura tras el Terremoto de Páez de 1994. De acuerdo con la Resolución nro. 010004 de INVIAS del 23 de febrero de 2018, se observa un alto grado de deterioro de la estructura ocasionando inseguridad para los usuarios.

Información existente: de momento no se encuentran estudios técnicos de la estructura.

Fidelidad de los planos:

No se encontraron planos de diseño, fabricación, o montaje de la estructura.

Constatación del estado del paciente: Mediante inspección visual resulta evidente el mal estado, falta de mantenimiento y alto grado de deterioro de la estructura, .

6.3.5. Aplicación Patológica

Se puede determinar en base al tiempo que lleva construido el puente ya la trayectoria de consideración de aquel por parte de INVIAS (recuérdese que dicha institución ordenó el cierre definitivo del puente en el año 2018), que la aplicación patológica a considerar es de tipo **geriátrica**. Este tipo de patología se centra en obras que han sido afectadas por el paso del tiempo.

6.3.6. Datos específicos de las lesiones

-Afectaciones: De acuerdo con las patologías encontradas, se puede establecer que los pendolones del puente se encuentran sometidos a esfuerzos de flexión para los cuales no fueron diseñados, esto se hace más evidente en los pendolones cortos ya que estos no tienen la capacidad para disipar estos esfuerzos debido a la longitud tan corta que poseen, podemos pensar que este fenómeno se parece un poco al que experimentan las columnas cortas en un sismo.

-Localización y levantamiento de daños: Pendolones deflectados y fracturados.

-Evaluación física y mecánica y composición y estructura del concreto y/o materiales:
En el caso del Puente El Naranjal, este se encuentra configurado en su gran mayoría en estructura metálica en acero con diferentes tipologías de material. Podemos dividir el puente en dos grandes grupos los cuales se denominarán super estructura, y subestructura.

La subestructura esta compuesta por los elementos que transmiten las cargas al terreno, es decir elementos de cimentación y macizos de anclaje, estos se componen básicamente de concreto reforzado.

De la superestructura, se tiene que en su gran mayoría se compone de elementos metálicos, que van desde perfiles HR en ángulo ASTM A-572 para las cerchas de rigidez, vigas en H ASTM-A36 para las vigas traviesas y vigas longitudinales, pasando por acero calibrado SAE 1045 para los pendolones y acero ASTM A 1007 para los cables principales hasta el acero ASTM A42 para los remaches o roblones.

Destacan los roblones o remaches de acero al carbón, los cuales sufren de un endurecimiento debido al tratamiento térmico que se genera en el montaje. Cabe añadir que respecto al acero el mayor aumento de dureza se produce en el tratamiento de temple a temperatura intercrítica esto debido a la aparición de martensita.

Para las condiciones de tratamiento térmico (temple, revenido a 300°C y revenido a 600°C) evaluadas en el acero SAE 1045, se encontró que la mayor resistencia a la fatiga a 10⁶ ciclos se presenta con el acero revenido a 300°C y la condición más desfavorable a fatiga se presenta con el acero templado. Puede existir una relación aproximadamente lineal y directamente proporcional entre la dureza y el límite de fatiga del material para las temperaturas de revenido entre 300°C y 600°C, es decir, a medida que se aumenta la dureza (disminuye la temperatura de revenido) se aumenta el límite de fatiga del material.

Para el acero templado y sin tratamiento de revenido no se encuentra esta misma relación. Por el crecimiento de las partículas de cementita debido al aumento de la temperatura de revenido entre 300°C y 600°C, la resistencia a la fatiga disminuye debido a que el crecimiento de estas partículas propicia un aumento en los sitios de iniciación y propagación de grietas por fatiga, disminuyendo así la resistencia a la fatiga del material.

Para el acero templado, que fue la condición más desfavorable, la resistencia a la fatiga tan baja que se presentó fue básicamente a los esfuerzos residuales que se dan en el proceso de temple y al no tener un tratamiento de alivio de tensiones posterior al temple, esto termina repercutiendo en el detrimento del comportamiento a fatiga del material para esta condición de tratamiento térmico.

6.3.7. Descripción de la patología más relevante en el paciente

Pendolones

El pendolón está fabricado en acero de bajo carbono, y se conforma de dos elementos principales, uno es la paleta que se fabrica a partir de una lámina de acero HR de espesor de 3/4", calidad ASTM A36, y de un espigo en acero calibrado calidad SAE 1045. (Ver Figura 38. Esquema pendolón. Elaboración propia. *Figura 38*)

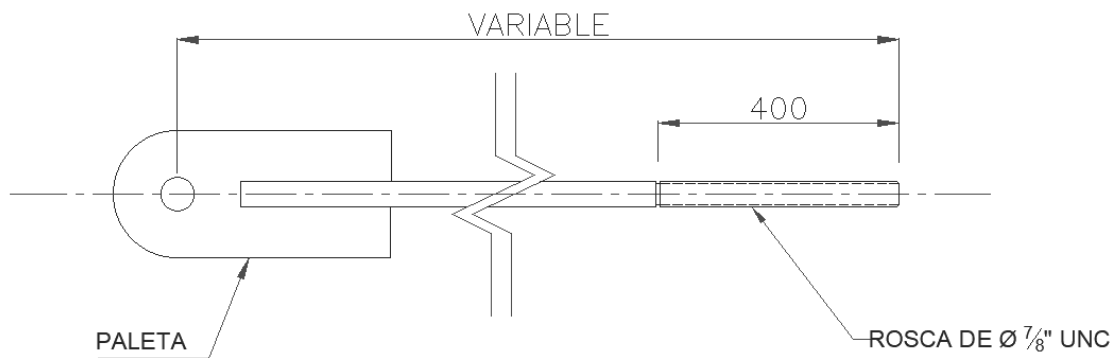


Figura 38. Esquema pendolón. Elaboración propia.

Para el análisis del presente trabajo se escoge el espigo del pendolón, dado que es el elemento que tiene sistemáticamente más lesiones en la estructura, y es donde se concentra los esfuerzos más importantes del elemento.

Función Del Elemento

El elemento de estudio tiene como función principal transmitir las cargas muertas del tablero del puente, los elementos estructurales que lo conforman, y las cargas vivas debido al

tránsito de vehicular, hacia los elementos principales de sujeción del puente que en este caso son los cables principales.

Los Pendolones del puente deben estar diseñados únicamente para resistir esfuerzos de tensión, pero como se pudo apreciar en la inspección visual del puente, para este caso los pendolones estuvieron sometidos a esfuerzos de flexión y a esfuerzos cortantes, en el extremo inferior de los pendolones. Adicionalmente los pendolones se encuentran a la intemperie, en un ambiente agresivo por tratarse de un cañón que constantemente tiene corrientes de aire con gran fuerza de viento. De la inspección visual realizada a la estructura se encontraron las siguientes lesiones:

- Pendolones fracturados

El puente posee pendolones fracturados de los cuales se encuentran continuos en el lado aguas abajo, estos pendolones son los pendolones que se ubican en la parte central del puente, y por ende son los más cortos.



Figura 39. Pendolón fracturado. Fuente propia.



Figura 40. Pendolón fracturado. Fuente Propia

- Pendolones deflectados

El puente posee pendolones con una excesiva deflexión, lo que evidencia que están sometidos a una gran carga de flexión.



Figura 41. Pendolón deflectado. Fuente propia

- Pendolones faltantes y desconectados.

Existen pendolones faltantes en algunos puntos de la estructura, y otros que se encuentran desconectados por que han perdido las tuercas.

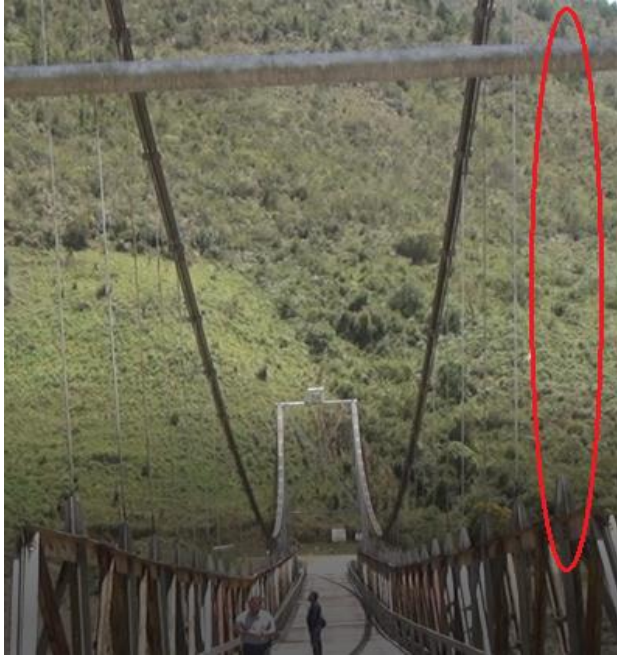


Figura 42. Pendolones faltantes. Fuente propia



Figura 43. Pendolón desconectado. Fuente propia

6.3.8. Clasificación y origen de las Patologías

En lo que atañe a la clasificación de las patologías las más destacables son.

- Deterioro general por el paso del tiempo y falta de mantenimiento.
- Falencias en el proceso de fabricación y montaje del puente.
- Problemas en los elementos estructurales del puente.

Causas del deterioro:

- Desplazamientos excesivos por paso de los vehículos y el impacto de estos.
- Procesos de construcción deficientes y con excesiva premura.
- Pendolones sometidos a una gran carga de flexión.
- Pendolones sometidos a esfuerzos cortantes.
- Falta de rigidez general de la estructura.
- Tensión diferencial en los cables debidos a fallas en el proceso de montaje del puente.

6.3.9. Datos generales del entorno

El ponteadero del puente se encuentra ubicado en la vía Vitonco – Naranjal en el municipio de Páez departamento del Cauca.



Figura 44. Vista aérea entorno del puente. Elaboración propia

La zona en donde se ubica la estructura pertenece a la cordillera central a una altura media sobre el nivel del mar de 1800 m aproximadamente, cuenta con una temperatura promedio de 20°C. Por tratarse de una obra que se ubica en una vía rural, lejos de cualquier asentamiento, no existen obras de infraestructura u obras vecinas que interactúen directamente con la estructura.

La estructura se encuentra ubicada en el cañón que forma el río Páez a su paso, razón por la cual está expuesto a fuertes corrientes de aire, y a avenidas potenciales del río.

- ✓ Medio ambiente: ambiente agresivo por tratarse de un cañón que constantemente tiene corrientes de aire con gran fuerza de viento.
- ✓ Temperatura: la temperatura promedio de Belalcázar Cauca es de 20° centígrados el cual se encuentra a 1.380 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía Municipal de Páez Cauca, 2017).

6.3.10. Arquitectura (descripción general)

La estructura se encuentra implantada sobre una vía de gran importancia, pues esta se constituye como vínculo de comunicación de varias poblaciones con el resto del Departamento, las cuales se han visto afectadas por las avalanchas del río Páez que se generan por actividad del nevado del Huila. Esta vía es la única entrada de alimentos y pasajeros que se movilizan en esa zona. La estructura del PUENTE EL NARANJAL, permite que haya una comunicación terrestre entre las comunidades porque forma parte del anillo vial, que comunica departamentos del Huila- Cauca y Valle.

La estructura se puede clasificar como obra de infraestructura vial, y dentro de la tipología de puente colgante. Es un puente en estructura metálica, con tablero en madera, soportado por pórticos en tubo estructural, apoyados sobre cabezales en concreto. La cimentación de la estructura está conformada por caissons y zapata cabezal.

Adicionalmente al puente colgante, el acceso sur occidental del viaducto cuenta con un puente en vigas metálicas simplemente apoyado, con losa en concreto, que hace parte del acceso al puente.

Contexto histórico, social, económico, geográfico, ideológico político y jurídico: Desde el punto de vista sociopolítico, la zona en la cual se haya el Puente El Naranjal, está dividida en quince resguardos indígenas que son: Avirama, Belalcázar, Cohetando, Chinas, Lame, Mosoco, Pickwe Tha Fiw, San José, Ricaurte, Tálaga, Tóez, Togoima, Vitoncó, Wila, Zuin, Cxhab Wala Luux , Kwu Kiwe. La zona también cuenta con dos corregimientos: Itaibe y Riochiquito y el área urbana de Belalcázar.

Por tratarse de una zona pluriétnica, se pueden encontrar indígenas de Páez, negros y mestizos. Se trata de un lugar del país bastante golpeado durante décadas por el conflicto armado interno, los residentes tienen vocación agrícola y sus dos principales productos son el

café y el frijol. En los resguardos indígenas se producen igualmente artesanías a base de lana y en telares caseros como aslas jigras, chumbes, cuetanderas o capisayos (Alcaldía Municipal de Páez Cauca, 2017).

Sobre el puente El Naranjal, como ya ha sido mencionado con anterioridad tiene una funcionalidad bastante concreta de comunicación y transporte. Su versión actual data de 1994 en la Colombia moderna de los años noventa.

Materiales, sistema constructivo, proceso constructivo (técnico y tecnológico):

6.3.11. Estructura (descripción general)

La estructura del puente el Naranjal presenta diversas lesiones que ya sea de forma individual o en conjunto pueden llevar al colapso de la estructura.

Es necesario garantizar la restricción de la carga máxima que puede circular por el puente para prevenir que se exceda su capacidad y se acelere el deterioro del puente.

El puente se encuentra en un estado crítico y debe ser intervenido de forma urgente.

Se debe programar una revisión periódica del estado de cada uno de los elementos que componen el puente, y se debe realizar mantenimiento preventivo de la estructura con cierta periodicidad.

La estructura requiere la pronta inversión para cambiar pernos y un mantenimiento general que incluya la pintura de la misma, para protegerla de las condiciones climáticas que la tienen con un alto grado de corrosión.

6.4. DIAGNOSTICO Y ENSAYOS

Para complementar la información obtenida mediante la recopilación de información, y la inspección visual, se propone la realización de algunos ensayos representativos que nos ayuden a soportar un diagnóstico, acorde con las condiciones reales de la estructura. Teniendo en cuenta que uno de los elementos que en donde más se evidencia el mal estado de la estructura, y por ende el que más tipologías de lesiones presenta, son los pendolones de la estructura, se decide que los ensayos a realizar deberán ser practicados en estos elementos.

6.4.1. Ensayos propuestos

Para la selección de los ensayos a realizar se tuvieron en cuenta: en primera instancia que los ensayos a realizar sean significativos de los elementos que reflejen las lesiones más recurrentes en el puente, como segunda instancia las limitaciones propias de un trabajo académico, pues no se cuenta con ningún tipo de patrocinio económico, y por último la dificultad de acceso para contratar en la zona equipos especializados, por lo remoto y que está se encuentra en zona roja del país, con presencia de grupos guerrilleros, por lo que no se encuentra con facilidad una empresa que se arriesgue a ir hasta el sitio.

Por los puntos antes expuestos se determinó realizar dos tipos de ensayos, el primero un ensayo no destructivo de tintas penetrantes para establecer la calidad de la soldadura aplicadas a la estructura, como segundo ensayo se optó por un ensayo destructivo que consiste en un ensayo de tensión, ya que este ensayo nos permite establecer la resistencia del acero utilizado.

Para la facilidad del ensayo de tensión se optó por trasladar uno de los pendolones fallados del puente para que el ensayo se pudiera adelantar en un laboratorio certificado, aprovechando el traslado del elemento del pendolón se realizó el ensayo de tintas penetrantes en un taller con condiciones controladas que garantizan una mejor interpretación de los resultados y eliminan las variables externas que puedan afectar el desarrollo del ensayo.

6.4.2. Ensayo de tintas penetrantes

Para el ensayo de tintas penetrantes se aprovechó la sección de pendolón que se retiró de la estructura, el cual posee una unión soldada entre la platina para alojar el pasador y la barra que forma el cuerpo del pendolón.



Figura 45. Sección de pendolón

El ensayo de tintas o líquidos penetrantes es un método de inspección no destructivo que se usa para detectar defectos superficiales en las soldaduras aplicadas para la unión de piezas soldadas.



Figura 46. Tintas utilizadas en el ensayo



Figura 47. Preparación del pendolón para el ensayo

En este ensayo, primero se debe limpiar cuidadosamente la sección de soldadura a inspeccionar, para que esta quede libre de grasa, polvo y otro elemento que dificulte el ensayo, una vez realizada la limpieza se aplica una tinta penetrante en la superficie de la soldadura y se deja actuar durante un lapso de tiempo determinado. Una vez el tiempo ha transcurrido, se limpia el sobrante de tinta penetrante y se aplica un revelador que hace que el tinte penetrante que ha entrado en cualquier grieta o defecto en la superficie de la soldadura sea visible.



Figura 48. Limpieza y aplicación del líquido penetrante al pendolón

Una vez se retira de la superficie todo el líquido penetrante sobrante, se procede a aplicar un revelador, que como su nombre lo indica revela cualquier defecto superficial, que este presentado en la junta de soldadura, o en los materiales que la componen.



Figura 49. Limpieza y aplicación del líquido revelador

Del ensayo de realizado a la junta soldada se puede determinar que esta no contiene grietas, fisuras o incrustaciones que puedan suponer una mala calidad de la soldadura, por lo que se deduce que los procedimientos de soldadura utilizados para la fabricación de los pendolones son los adecuados.

Es importante aclarar que un ensayo aplicado a uno solo de los elementos que conforman la estructura, no es suficiente para garantizar que todos los procedimientos de soldadura aplicados al total de la estructura fueron hechos de manera adecuada, pero dado que el elemento ensayado fue un elemento que presentó falla en la estructura, es claro que este elemento estuvo sometido a esfuerzos que excedieron su capacidad, y por ende se debe analizar todas las posibles causas de este comportamiento incluyendo su proceso de fabricación, para descartar posibles causas, de la falla presentada en dicho elemento.

6.4.3. Ensayo de tensión

Para el ensayo de tensión se buscó utilizar un elemento representativo de la estructura, ya que no es posible realizarle ensayos a cada tipo de elemento que conforma la estructura del puente, esto debido al carácter académico que tiene el presente trabajo y alcance limitado de los recursos.

Para el ensayo se decidió utilizar uno de los pendolones del puente, por considerar que es uno de los elementos mas relevantes en la estructura, y uno de los que más presentan lesiones, como parámetro adicional, el pendolón es un elemento que está sometido principalmente a cargas de tensión, lo cual va acorde con el tipo de ensayo a realizar. Igualmente se consideró que el elemento de pendolón tiene una facilidad para el presente ensayo debido a su geometría en forma de barra uniforme, lo cual ayuda a que el elemento no requiera ningún proceso adicional de preparación del elemento para ser fallada, y facilita la interpretación de los resultados.

Dado que en la ciudad de Popayán no se encuentra ningún laboratorio certificado para realizar el ensayo de tensión, la muestra debió ser enviada a la ciudad de Bogotá. Para la realización del ensayo se escogió el laboratorio SGS Colombia S.A.S. Dicho laboratorio se encuentra ubicado en el barrio Fontibón. La muestra fue enviada al laboratorio para ser fallada, en un ensayo de tensión,



Informe de Resultados.

No. BO2333351 Rev. 0

Fecha de Emisión: 2023/04/25

Pag.1 de 4

SGS Colombia S.A.S
Laboratorio de Construcción
Carrera 100 #25C-11 - Bodega 3 - Bogota D.C.,
Colombia
Phone: +57.6.01.6069292

Obra: B_18824 PUENTE EL NARANJAL

Orden Comercial : 40895-1
Fecha de Recepción : 2023/04/18
Muestra ID : BO2333351.001

Identificación de Muestra** : 1
Tipo del Material** : BARRA Ø5/8"
Fecha de Recibido: 2023/04/18
Período de Análisis : 2023/04/25 al 2023/04/25
Ensayo Solicitado : Ensayo(s) seleccionado(s) conforme ha solicitado el cliente.
Método de ensayo : Consulte la(s) página(s) siguiente(s).
Resultados de los Ensayos : Consulte la(s) página(s) siguiente(s).

Aprobado en nombre de

SGS Colombia S.A.S

David Campos

Coordinador Técnico

25042023180800001919
28

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio accesibles en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se destacan las estipulaciones que sobre limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción se encuentran incluidas en las Condiciones Generales de Servicio. Se advierte a cualquier tenedor de este documento que la información aquí contenida refleja las conclusiones de la Compañía para el momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si las hubiere. La responsabilidad de la Compañía es exclusiva para con su Cliente y este documento no exonera a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la misma. Cualquier alteración no autorizada, adulteración o falsificación del contenido o apariencia de este documento es ilegal y los infractores podrán ser procesados hasta los máximos que permita la ley.

ADVERTENCIA: Si la(s) muestra(s) a la(s) que se refiere(n) las conclusiones registradas en este documento (los "Resultados") fueron elaboradas y/o proporcionadas por el Cliente o por un tercero que actúa bajo las directrices del Cliente, los hallazgos no constituyen garantía de la representatividad de la muestra de ningún material y se refieren estrictamente a la(s) muestra(s). La Compañía no acepta ninguna responsabilidad con respecto al origen o la fuente de donde se indica que la(s) muestra(s) es/fue extraída.

A menos que se indique lo contrario, los resultados que se muestran en este reporte se refieren sólo a la muestra o muestras probadas y dichas muestras se conservan sólo durante 30 días

SGS Colombia S.A.S

Carrera 100 #25C-11 - Bodega 3 - Bogota D.C., Colombia, Phone: +57.6.01.6069292 -

Member of SGS Group (SGS SA)

Informe de Resultados.

No. BO2333351 Rev. 0

Fecha de Emisión: 2023/04/25

Pag.2 de 4

Resistencia a la tracción en barras corrugadas y lisas (A)

Método Ensayo : NTC 3353:2019 Numerales 6, 8, 13 y 14 / NTC 2:2018 / NTC 2289:2020 Numerales 9.2, 9.3 y 15.2.

Especificación --

Comparativa: --

Muestra ID: 001

Item(s) de Ensayo	Unid.	Resultado	Especificación	Incert
Díametro Nominal	mm	19.1	-	NA
bNúmero de Designación	-	6	-	NA
Área Nominal	mm ²	284	-	NA
Diámetro Equivalente	mm	22.2	-	NA
Área Equivalente	mm ²	388.0	-	NA
NLongitud Inicial	mm	400.0	-	NA
Longitud Entre Mordazas	mm	201.0	-	NA
Longitud Calibrada	mm	200.0	-	NA
Masa	g	1210.6	-	NA
Fuerza Máxima a Tensión	N	344658.0	-	NA
Esfuerzo Máxima a Tensión	MPa	1213.6	-	± 4.49
Fuerza de Rotura	N	288113.0	-	NA
Esfuerzo de Rotura	MPa	1014.5	-	NA
Fuerza en el Límite de Fluencia	N	307569.0	-	NA
Esfuerzo de Fluencia	MPa	1083.0	-	± 5.77
Porcentaje de Alargamiento en 200	%	18.12	-	NA
Longitud Final	mm	236.24	-	NA
Relación de Resistencia a la Tracción y Esfuerzo de	-	1.12	-	NA

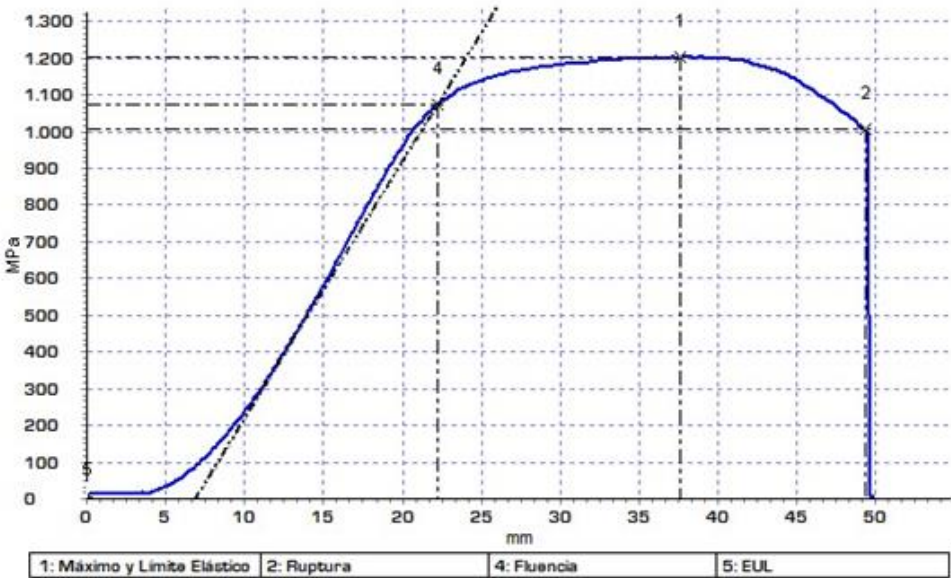
2504202318080001919
28

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio accesibles en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se destacan las estipulaciones que sobre limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción se encuentran incluidas en las Condiciones Generales de Servicio. Se advierte a cualquier tenedor de este documento que la información aquí contenida refleja las conclusiones de la Compañía para el momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si las hubiere. La responsabilidad de la Compañía es exclusiva para con su Cliente y este documento no exonera a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la misma. Cualquier alteración no autorizada, adulteración o falsificación del contenido o apariencia de este documento es ilegal y los infractores podrán ser procesados hasta los máximos que permita la ley.

ADVERTENCIA: Si la(s) muestra(s) a la(s) que se refiere(n) las conclusiones registradas en este documento (los "Resultados") fueron elaboradas y/o proporcionadas por el Cliente o por un tercero que actúa bajo las directrices del Cliente, los hallazgos no constituyen garantía de la representatividad de la muestra de ningún material y se refieren estrictamente a la(s) muestra(s). La Compañía no acepta ninguna responsabilidad con respecto al origen o la fuente de donde se indica que la(s) muestra(s) es/fue extraída.

A menos que se indique lo contrario, los resultados que se muestran en este reporte se refieren sólo a la muestra o muestras probadas y dichas muestras se conservan sólo durante 30 días

NTC 2289:2020 Tabla 2. Requisitos de tracción.			
Requisito	Grado 420	Grado 550	Incertidumbre de ensayo de laboratorio
	Mpa		
Resistencia a la tracción mínima	550	690	-
Resistencia a la fluencia mínimo	420	550	± 4.49 Mpa
Resistencia a la fluencia máximo	540	675	± 4.49 Mpa
Porcentaje (%) de alargamiento mínimo con distancia entre marcas de 200 mm.			
Número de designación	% mínimo de alargamiento		-
(2, 3, 4, 5, 6)	14	12	± 0.32%
(7, 8, 9, 10, 11)	12	12	± 0.32%
(14, 18)	10	10	± 0.32%
La relación de resistencia a la tracción debe ser igual o mayor a 1,25 veces el punto de fluencia.			



- Las incertidumbres expandidas se calcularon considerando $k = 2$ y un intervalo de confianza de $\pm 95\%$

25042023180800001919
28

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio accesibles en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se destacan las estipulaciones que sobre limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción se encuentran incluidas en las Condiciones Generales de Servicio. Se advierte a cualquier tenedor de este documento que la información aquí contenida refleja las conclusiones de la Compañía para el momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si las hubiere. La responsabilidad de la Compañía es exclusiva para con su Cliente y este documento no exonera a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la misma. Cualquier alteración no autorizada, adulteración o falsificación del contenido o apariencia de este documento es ilegal y los infractores podrán ser procesados hasta los máximos que permita la ley.

ADVERTENCIA: Si la(s) muestra(s) a la(s) que se refiere(n) las conclusiones registradas en este documento (los "Resultados") fueron elaboradas y/o proporcionadas por el Cliente o por un tercero que actúa bajo las directrices del Cliente, los hallazgos no constituyen garantía de la representatividad de la muestra de ningún material y se refieren estrictamente a la(s) muestra(s). La Compañía no acepta ninguna responsabilidad con respecto al origen o la fuente de donde se indica que la(s) muestra(s) es/fue extraída.

A menos que se indique lo contrario, los resultados que se muestran en este reporte se refieren sólo a la muestra o muestras probadas y dichas muestras se conservan sólo durante 30 días



Informe de Resultados.

No. BO2333351 Rev. 0

Fecha de Emisión: 2023/04/25

Pag.4 de 4

Nota :

(1) LCM = Limite de Cuantificación
Analizado

(2) ND = No Detectado (< LCM) (3) NA = No Aplicable (4) "-" = No

(5) "--" = Análisis en Proceso

(6) (A) = Los resultados del análisis están acreditados por el ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia) bajo el Certificado No. 13-LAB-015.

(7) Declaración de cumplimiento. Los resultados de los ensayos y la declaración de cumplimiento con la especificación en este informe se refieren solamente a la muestra de ensayo tal como ha sido analizada / ensayada y no del ítem del cual se ha sacado la muestra de ensayo.

Valores de declaración:

(C) = El valor medido cumple con el límite de la especificación

(NC) = El valor medido no cumple con el límite de la especificación

(NR) = Para el valor medido no es posible una declaración de cumplimiento con la especificación

La declaración de cumplimiento es documentada bajo procedimiento interno IND-LCU-P-20 en el marco de la norma ISO/IEC 17025:2017, teniendo en cuenta el valor de cumplimiento en comparación con el resultado y el reporte de la incertidumbre asociada al método multiplicada por el factor de

(8) ** = Información suministrada por el cliente.

Observaciones :

Los resultados de estas pruebas son válidos única y exclusivamente para las muestras ensayadas. Cualquier alteración a este documento lo invalida.

*** Fin de Reporte ***

25042023180800001919
28

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio accesibles en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se destacan las estipulaciones que sobre limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción se encuentran incluidas en las Condiciones Generales de Servicio. Se advierte a cualquier tenedor de este documento que la información aquí contenida refleja las conclusiones de la Compañía para el momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si las hubiere. La responsabilidad de la Compañía es exclusiva para con su Cliente y este documento no exonera a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la misma. Cualquier alteración no autorizada, adulteración o falsificación del contenido o apariencia de este documento es ilegal y los infractores podrán ser procesados hasta los máximos que permita la ley.

ADVERTENCIA: Si la(s) muestra(s) a la(s) que se refiere(n) las conclusiones registradas en este documento (los "Resultados") fueron elaboradas y/o proporcionadas por el Cliente o por un tercero que actúa bajo las directrices del Cliente, los hallazgos no constituyen garantía de la representatividad de la muestra de ningún material y se refieren estrictamente a la(s) muestra(s). La Compañía no acepta ninguna responsabilidad con respecto al origen o la fuente de donde se indica que la(s) muestra(s) es/ fue extraída.

A menos que se indique lo contrario, los resultados que se muestran en este reporte se refieren sólo a la muestra o muestras probadas y dichas muestras se conservan sólo durante 30 días

6.4.4. Diagnóstico

De acuerdo a la información recopilada y esbozada en el presente estudio patológico, a los ensayos realizados a la estructura y su posterior análisis, se establece que la patología que presenta el puente El Naranjal, obedece a una falla en el proceso constructivo, agravada por el deterioro propio de este tipo de estructuras y la falta sistemática de mantenimiento preventivo y correctivo.

Se concluye que la estructura actualmente no es apta para el uso vehicular y que se debe restringir el paso automotor para prevenir que se siga deteriorando y llegue a un posible colapso.

7. ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

La estructura evaluada se localiza en el Municipio de Páez en el Departamento del Cauca. Situado en el departamento de Cauca (provincia de Oriente) al suroeste del país. La cabecera municipal recibe el nombre de Belalcázar, y fue elevado a la categoría de municipio el 13 de diciembre de 1907.

Ubicación:

El área urbana de Inzá dista a 130 kilómetros de la ciudad de Popayán capital del Departamento del Cauca, y a 25 kilómetros de La Plata (Huila) centro comercial importante para la región del oriente Caucano. La vía principal del orden nacional Popayán – Crucero Totoró – Guadualejo - La Plata, atraviesa el territorio de occidente a oriente y de oriente a sur oriente, permitiendo el desplazamiento de la comunidad hacia el centro del Departamento del Cauca y hacia el Departamento del Huila (La Plata – Neiva). Su cabecera está localizada a los 02° 38' 49" de latitud norte y 75° 58' 18" de longitud oeste. Altura sobre el nivel del mar: 1.800 m. Temperatura media: 19°C. Precipitación media anual: 1.526 mm

Límites:

Norte: Departamento del Tolima

Sur: Departamento del Huila

Oriente: Departamento del Tolima

Occidente: Municipio de Inzá

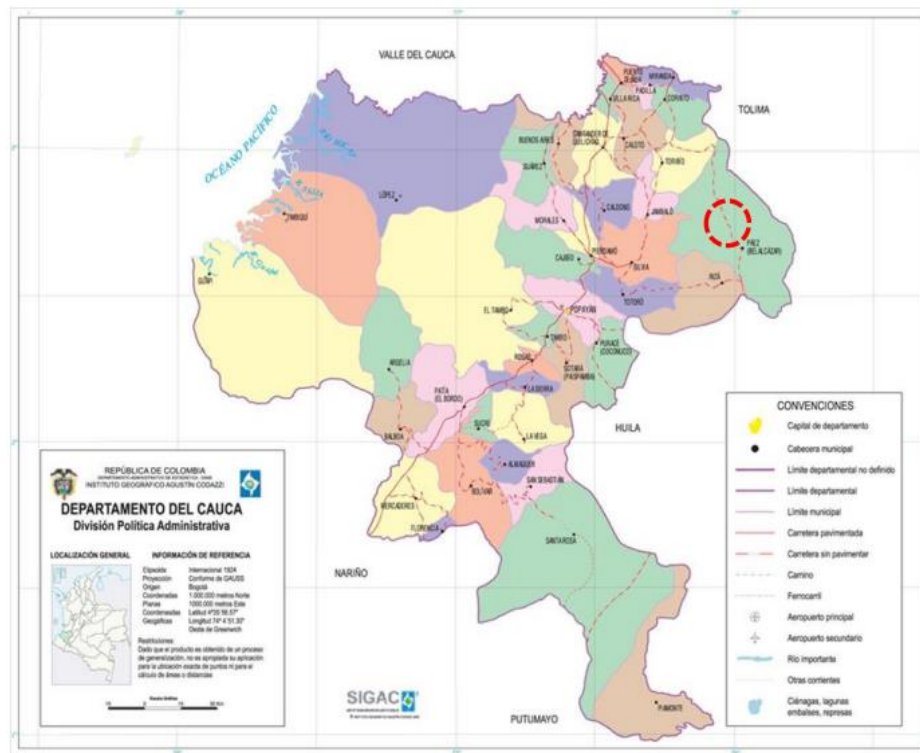


Figura 50. Mapa división política, administrativa del Cauca IGAC

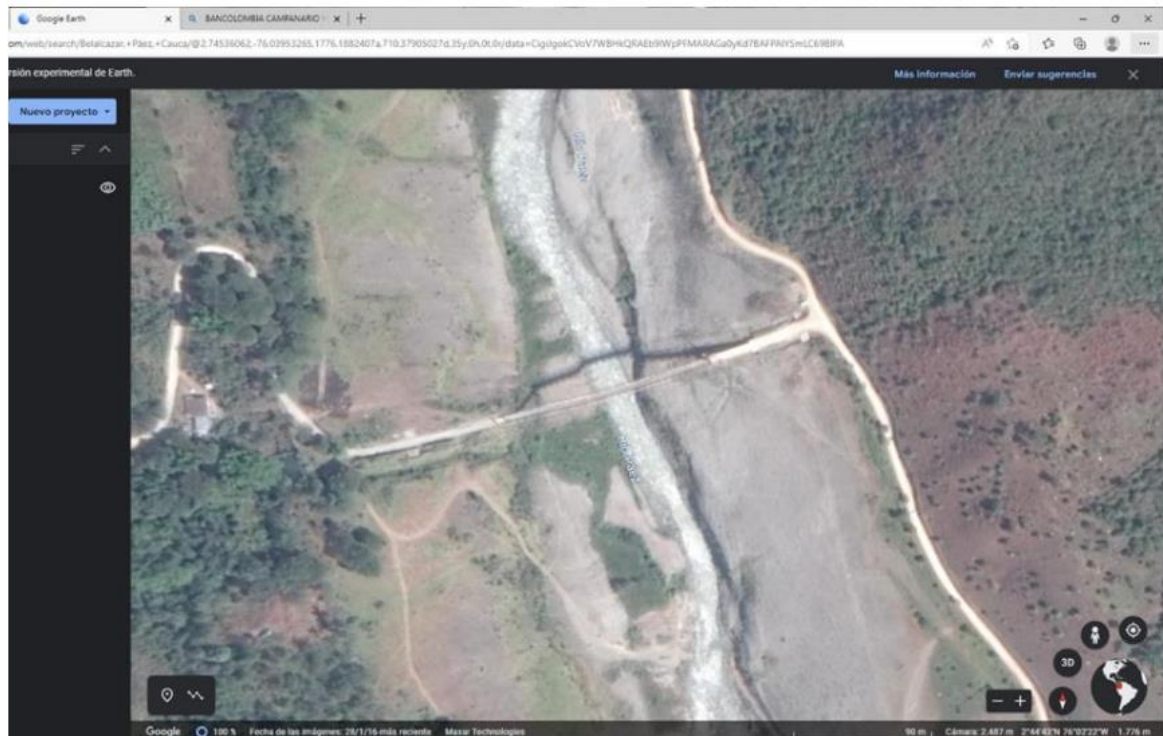


Figura 51. Localización del puente. Google Earth

Las coordenadas de implantación del puente son: coordenada este “E1115411.916”, y coordenada norte “N795394.787”, y una cota de 1812.31 msnm.

Descripción:

En el municipio de Páez, se encuentra implantado el puente Vehicular conocido como El Naranjal. Este puente es una estructura tipo viaducto conformado por un puente colgante con una luz aproximada de 140 m, seguido por un puente simplemente apoyado con vigas metálicas de luz aproximada de 28 m. Este puente hace parte de una vía terciaria en terreno montañoso cuya capa de rodadura está conformada en afirmado y cuya velocidad de diseño, puede oscilar entre 20 km/h, y 40 km/h.

7.1. TIPO DE SUELO Y SUS CARACTERÍSTICAS ENSAYOS.

7.1.1. Perfil del suelo

De acuerdo con el estudio de suelos se tiene que el estrato en donde se encuentra el nivel de cimentación, corresponde a un suelo fino clasificado como MH, a continuación, se muestra los parámetros estudiados para la obtención del perfil del suelo de cimentación, de acuerdo con el estudio de suelos correspondiente.

ESTRATO	MUESTRA	PROF.	N _{spt}	V _s	V _s IMAI Y	V _s OHBA Y	V _s	V _s	V _s	V _s	V _s	TABLA A.2.4.
	No	(m)	golpes/ pie	OHTA Y GOTO Vs=85,34*N SPT*0,348	YOSHIMURA Vs=76*N SPT*0,33	TORIUMI Vs=84*N SPT*0,31	OKAMOTO Vs (m/seg) = 125* (N1) ^{0,3}	IMAI, 1977 Vs=a*N ^b	J.A. Vs=100*N ^{1/3}	PROMEDIO	NSR-10 (PERFIL)	
MH	1	1,50	10	189,56	161,98	171,01	176,26	189,56	214,77	183,86	D	
MH	2	3,30	9	181,41	155,37	164,45	165,48	181,41	205,92	175,67	E	
MH	1	1,50	9	184,25	157,68	166,74	169,21	184,25	209,01	178,52	E	
MH	2	3,30	13	207,25	176,29	185,16	200,38	207,25	233,94	201,71	D	
PROMEDIO										184,94	D	

Figura 52. Clasificación de estratos (fuente estudio de suelos del proyecto)

Tabla A.2.4-2
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)

Para tomar en cuenta los efectos locales, se utiliza el coeficiente de sitio cuyo valor correspondiente al perfil del D, según segundo criterio, el Coeficiente de Amplificación F_a es Con $A_a=0.30$ es de 1.30. Según Tabla A.2.4-3 del NSR 10 y el Coeficiente de Amplificación F_v es Con $A_v=0.30$ es de 2.00. Según Tabla A.2.4-4 del NSR-10.

A continuación, se listan los valores correspondientes de F_a , F_v , de acuerdo al tipo de suelo adoptado.

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Cabe resaltar que para el cálculo de los efectos sísmicos sobre estructuras tipo puente como la que estamos analizando, se debe regir bajo las especificaciones del código colombiano de puentes CCP-14, y no por las especificaciones de la NSR-10, por lo que a continuación se darán a conocer los parámetros sísmicos de acuerdo a dicho código:

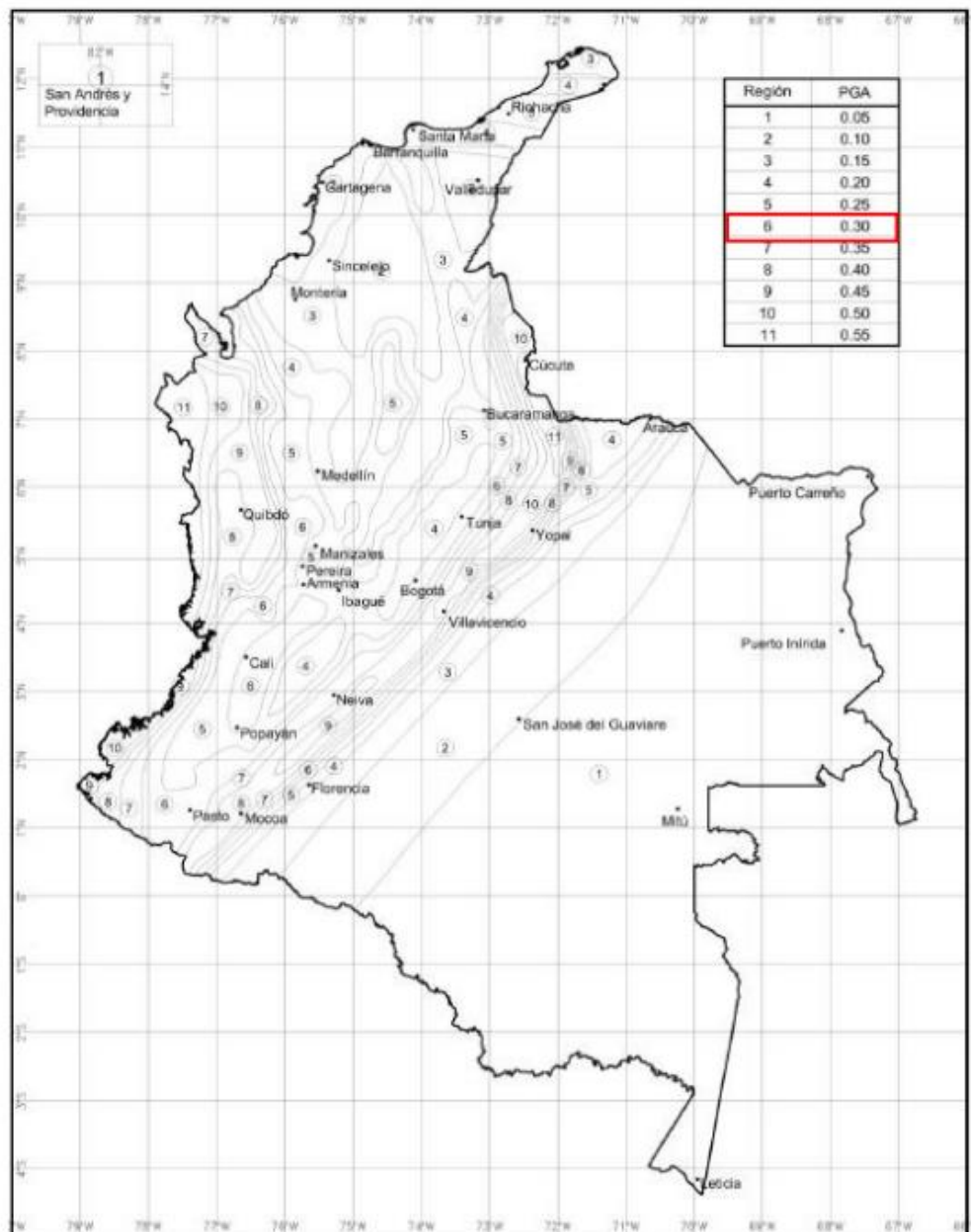


Figura 53. Mapa de valores PGA (fuente CCP-14)

Tabla 3.10.3.2-1 — Valores del factor de Sitio, F_{pgu} , en el periodo de vibración cero del Espectro de Aceleraciones

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos (véase la nota 1)				
	$PGA \leq 0.1$	$PGA = 0.2$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.4$	$PGA \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA
2. Para el perfil tipo F debe realizarse un estudio de sitio particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

7.2. FALLAS GEOLÓGICAS (MAPAS, ESTRATIGRAFÍA, GEOLÓGICO MICROZONIFICACIÓN)

7.2.1. Estratigrafía

En la región de Páez departamento del Cauca, se identifican siete unidades litoestratigráficas con edades que abarcan desde el Precámbrico hasta el Cuaternario (Plio-Pleistoceno), cubiertas discordantemente por depósitos recientes (coluviones y aluviones). Se estableció la cronoestratigrafía de cada unidad con base en sus relaciones espaciotemporales. El basamento Precámbrico está representado por rocas ígneas y metamórficas que alcanzan la Facies Anfibolita. Las rocas paleozoicas correccionales con el Grupo Cajamarca, están constituidas por rocas con metamorfismo regional de bajo grado (Facies Esquisto Verde), tales como esquistos, filitas, metasedimentarias y metavolcánicas, teniendo como rocas originales, sedimentitas siliciclásticas, con calizas, acompañadas de rocas volcánicas hacia la parte superior. El vulcanismo triásico- jurásico, de composición ácida (Formación Saldaña), ha sido emplazado en forma fisural, aprovechando las principales fracturas (Falla Topa-Macana), posee una fase final básica (andesítica), que intruye las rocas formadas en la etapa inicial ácida del mismo evento volcánico. Las rocas cretáceas están representadas por las formaciones Yaví,

Caballos y Villeta. La primera constituida por rocas continentales de ambiente fluvial; siguiéndole la Formación Caballos, que corresponde a sedimentos detríticos depositados en un ambiente litoral a sublitoral durante un avance marino y por último, tenemos calizas ortoquímicas y aloquímicas (marino-nerítico) que nos indican una etapa más avanzada de dicha transgresión, correspondiendo a la Formación Villeta. El último evento geológico presente, está dado por piroclastos PlioPleistocénicos provenientes de los volcanes de la cordillera Central. Las estructuras predominantes son fallas con dirección NNE, paralelas al Complejo de Fallas de Romeral.

7.2.2. Geología

El territorio municipal de Páez se encuentra localizado en una región de intensa actividad volcánica en la cordillera Central lo cual ha provocado fuertes movimientos sísmicos en el Departamento del Cauca, dando como resultado un relieve heterogéneo que explica en parte la diferencia climática y las variaciones de la vegetación natural (Salcedo y Pérez, 2017).

Unidades geológicas

Las unidades litológicas que se encuentran en el área del Municipio de Páez oscilan en edades que van desde el paleozoico hasta el cuaternario; se caracterizan rocas y depósitos sedimentarios, formación Popayán, Pórfido Grano diorítico de Mosoco, formación Coquiyó, Lodolitas del Pedregal, conglomerados de San Antonio, batolito de Ibagué, Metasedimentitas de Vitoncó, y complejo Cajamarca.

7.2.3. Sismicidad regional y local

La región pacífica colombiana, está caracterizada por poseer un alto cuadro de sismicidad y en consecuencia por ser una de las regiones con mayor peligrosidad sísmica del país. Esto es debido a complicados procesos geológicos y tectónicos de subducción, principalmente asociados a la convergencia de la placa Nazca (oceánica) bajo la placa Suramérica (continental), la cual subduce a una tasa aproximadamente de 6 cm/año (Pedraza, 2006). Estos fenómenos tectónicos en su conjunto son los causantes de un fallamiento activo, una alta tasa de sismicidad, actividad volcánica y un relieve irregular que origina la elevación del Norte de los Andes (Salcedo, 2011, Pedraza, 2006). La zona de subducción es de las fuentes sismogénicas más activas del país y se origina a partir de la trinchera colombo-ecuatoriana hasta casi 70 km de profundidad. A esta fuente se le asocia un alto riesgo de ocurrencia de catástrofes naturales como tsunamis y terremotos, tal como los ocurridos en Tumaco en 1979 y Ecuador en 2016. La región en estudio se encuentra sobre la micro placa tectónica denominada Bloque Norandino, que linda al Occidente con la placa Oceánica de Nazca, al oriente con la placa Suramericana y al norte con la placa Caribe, la cual se ha desarrollado entre la zona de Subducción, donde convergen las placas Oceánica y Continental, cuya traza superficial está localizada frente al Litoral Pacífico y es el límite de placas más importante en cuanto a su nivel dinámico y como fuente de sismicidad para esta región del país.

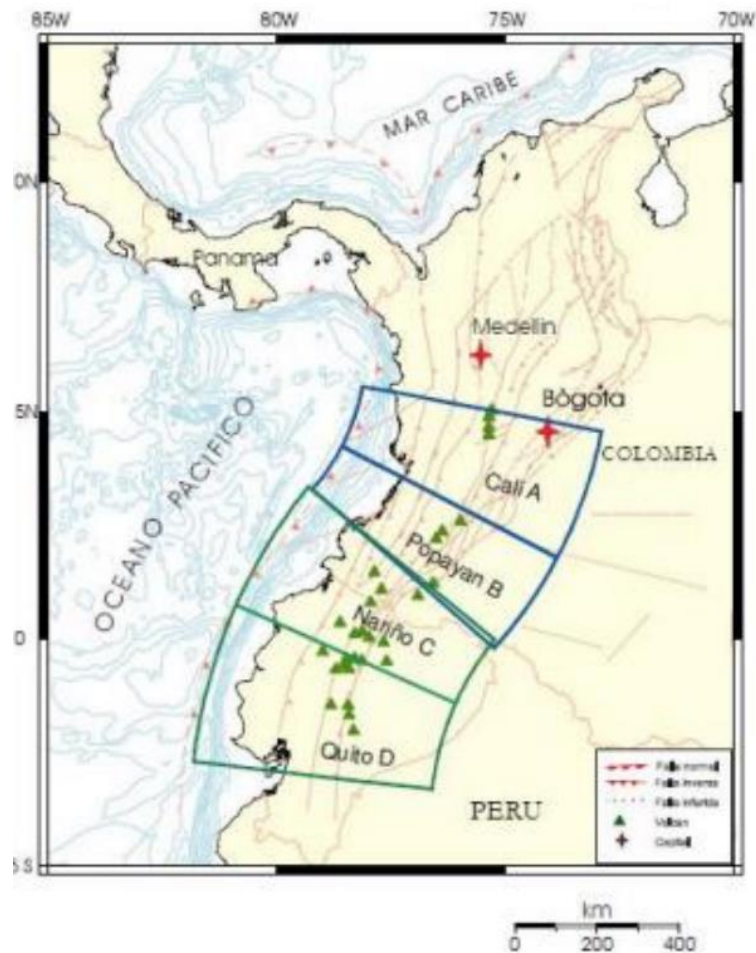


Figura 54. Sección hipocentral valle, Cauca, Nariño (fuente Pedraza 2006)

Zona de riesgo sísmico:

Basados en la sismicidad del área del proyecto y de acuerdo al estudio de amenaza sísmica y a la norma A.2.2 de NSR 10, el sitio del proyecto se encuentra ubicado según el mapa, en la zona de ALTO riesgo sísmico del mapa de amenaza sísmica. De acuerdo a la misma norma A.2.2.2 y el mapa A.2.3-2 y A.2.3-3 de NSR-10 el proyecto se encuentra en la zona 5 del mapa de valores de aceleración pico efectivo Aa. y en la Zona 4 del mapa de valores de velocidad pico efectiva Av.

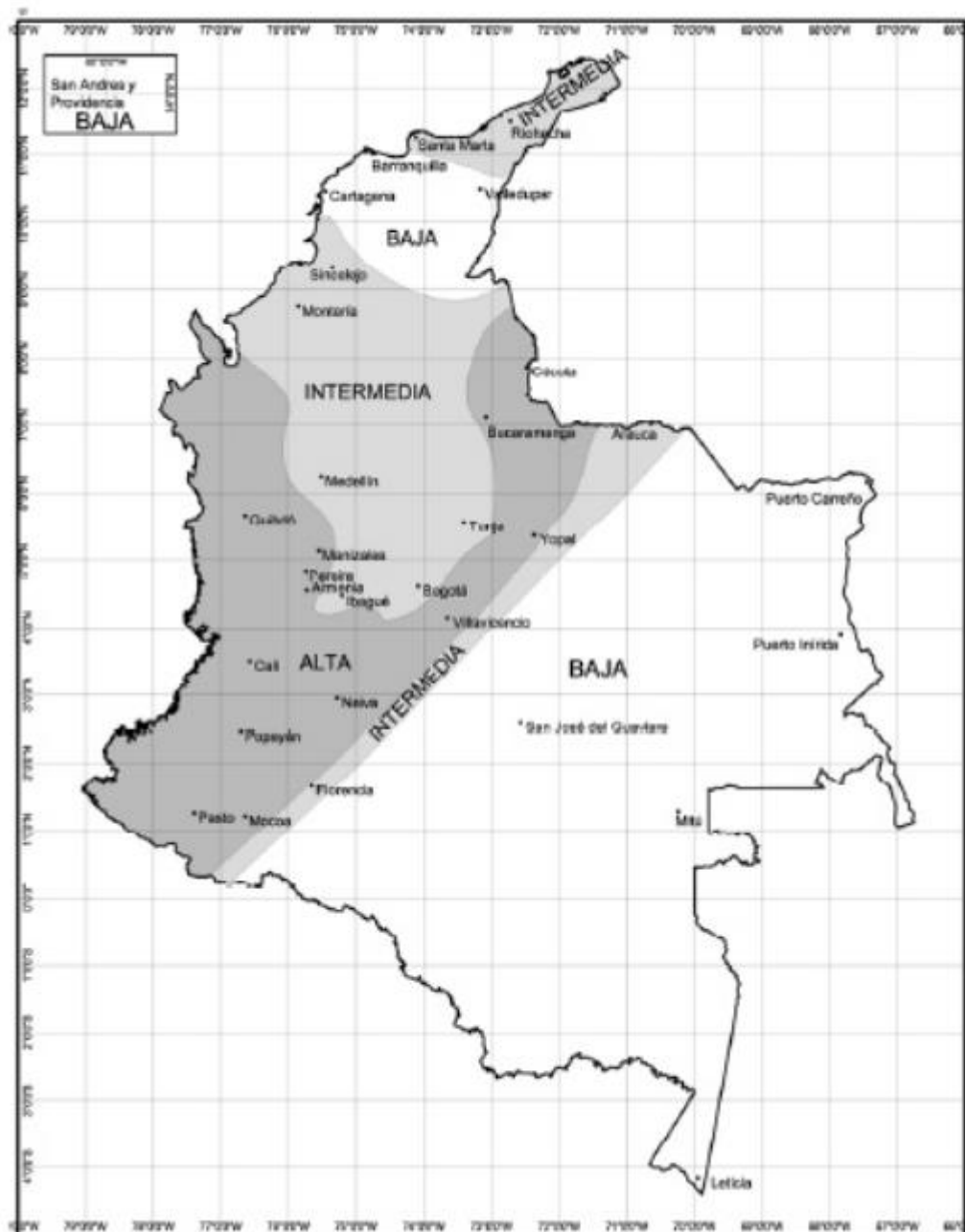


Figura 55. Mapa zonas de amenaza sísmica (fuente NSR-10)

Sismo de diseño:

Para la zona de Páez $A_a=0.25$ y $A_v=0.20$ aceleración y velocidad pico efectiva para diseño $A_d=0.05$ aceleración pico efectiva para umbral de daño dado en A.12.2. y $A_e=0.11$ aceleración pico efectiva reducida para diseño con seguridad limitada dado en A.10.3.

7.2.4. Microzonificación

Para la zona en estudio no se encuentra ningún tipo de micro zonificación, por lo que se deben utilizar los parámetros generales establecidos para el municipio de Inzá, en la NSR-10.

7.3. SISMICIDAD DE LA ZONA

Con respecto a estudios de vulnerabilidad sísmica de la estructura, no se encontró ninguna información.

7.3.1. Historia de sismos en la zona de estudio.

El área donde se encuentra implantado el puente, es un área de alta intensidad sísmica, en donde en promedio se presentan más de 150 sismos cada mes, según el portal Volcanodiscovery.com.

Terremotos recientes por encima de la magnitud 1.0 en la vecindad de Belalcázar, Departamento del Cauca, Colombia (actualizado hace 5 minutos)

Últimas 24 horas	7 sismos 1 sismo M2+
Últimos 7 días	48 sismos 6 sismos M2+ 1 sismo M3+
Últimos 30 días	171 sismos 24 sismos M2+ 1 sismo M3+
Últimos 90 días	526 sismos 67 sismos M2+ 4 sismos M3+
Últimos 365 días	1,146 sismos 135 sismos M2+ 12 sismos M3+ 7 sismos M4+ 1 sismo M5+

La mayoría de estos sismos son imperceptibles para el común de las personas, pero nos da una idea de que tan frecuente es este fenómeno en la zona.

7.3.2. Sismo y avalancha rio Páez

El 6 de junio de 1994 un terremoto de magnitud 6.4, sacudió el municipio de Belalcázar, a las 3.47 p.m. el epicentro del sismo, estuvo ubicado en el sitio cono Dublín, en las faldas del nevado del Huila, el sismo tubo una profundidad menor a los 10 km. Si bien el sismo por sí solo fue el responsable de considerables daños materiales, fue la posterior avalancha provocada por dicho sismo la que causo un daño irreparable, y cuantiosas pérdidas de vidas humanas.

El sismo que se sintió fuertemente en toda la región y gran parte del país, provoco un deslizamiento de tierra, en la cuenca alta del rio Páez, dicho deslizamiento tapono el cauce del rio, y genero un represamiento del mismo, que fue acumulando un volumen de agua que colapso el taponamiento y genero una avalancha que produjo alrededor de 1100 personas fallecidas la gran mayoría del pueblo Nasa. La cifra de personas fallecidas fue considerada baja en relación con la proporción del desastre.

La catástrofe afectó a 45.000 personas de las riberas de las cuencas de los ríos Paéz y Simbola, y cerca de 40.000 hectáreas de tierras con jurisdicción del Parque Natural Nevado del Ruiz fueron arrasadas. Esta catástrofe es considerada como la segunda más mortífera del país luego de la catástrofe de Armero producida por la erupción del volcán Nevado del Ruiz.



Figura 56. Zona de deslizamiento Páez. Foto Proclama 1994



Figura 57. Belalcázar después de la avalancha. Foto El Tiempo 1994

7.4. GEOGRAFÍA DE LA ZONA

La zona en donde se encuentra implantada la estructura, es una zona rural, de difícil acceso, en un terreno montañoso, en el corredor vial ya que la ruta ALTERNA BELALCAZAR – NARNAJAL – MOSOCO – POPAYÁN

Límites del municipio

- El municipio de Belalcázar limita por:
- El oriente con Marsella y Chinchiná;
- El occidente con la Virginia, Viterbo y Risaralda;
- El norte con San José
- El sur con la Virginia y Marsella.



Figura 58. Geografía del terreno. Google Earth

Área:

- Extensión total: 114,3 Km²
- Extensión área urbana: 0.2 Km²
- Extensión área rural: 114.1 Km²
- Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 1632
- Temperatura media: 19° C
- Distancia de referencia: 74 Kilómetros a Manizales por la vía del occidente.

An aerial photograph showing a long suspension bridge crossing a wide river. The bridge has a wooden deck and metal truss structure, with cables supporting it from tall towers. The river water is turbulent, creating white rapids. The surrounding landscape is a mix of green vegetation and dry, brownish ground.

98

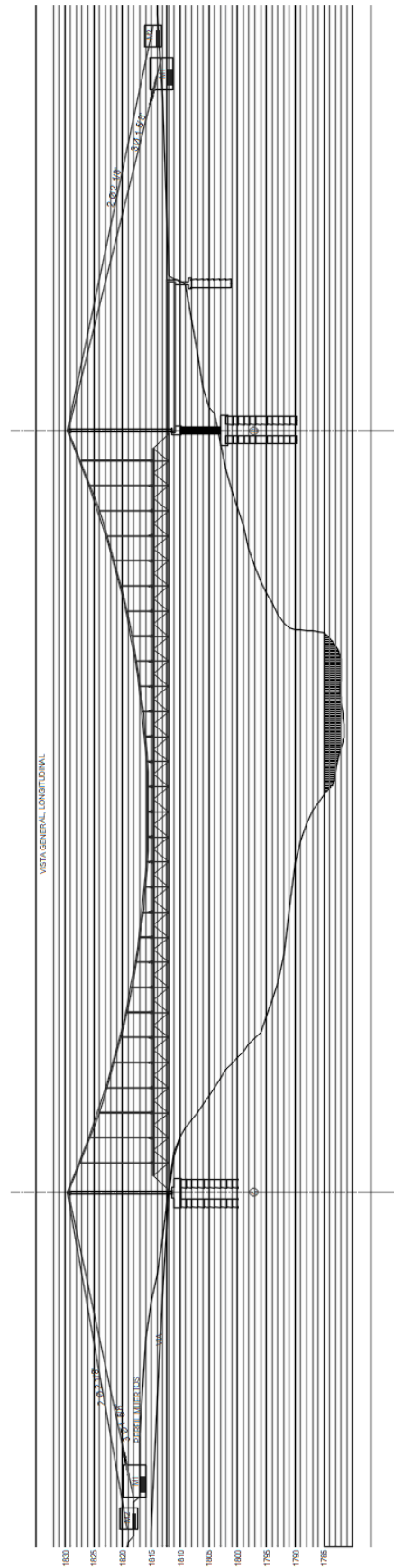
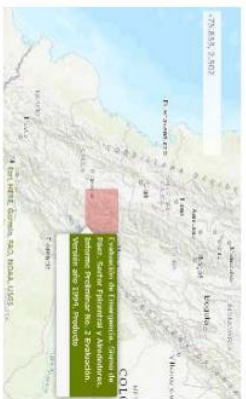
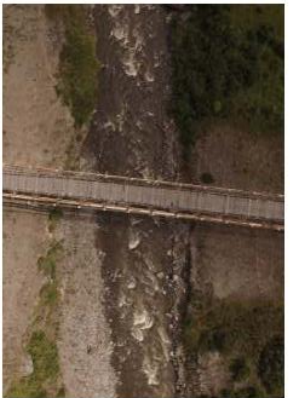


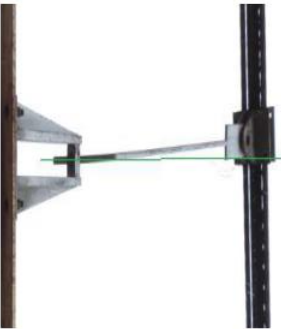
Figura 62. Perfil longitudinal del puente.

7.6. FICHAS DE VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

1		MATERIALES			
CONCRETO		ACERO			
PILAS Y VIGA CABEZAL		TORRES PRINCIPALES		VIGA DE RIGIDEZ Y PENDOLONES	MADERA TABLERO
					
EL PUENTE SE ENCUENTRA APOYADO SOBRE PILAS, QUE A SU VEZ SE APOYAN EN UNA ZAPATA CABEZAL, Y CIMENTADA SOBRE CAISSONS. ADICIONALMENTE SOBRE CADA PILA SE UBICA UNA VIGA CABEZAL QUE SIRVE DE SOPORTE PARA LAS TORRES DEL PUENTE	PARA EL SOPORTE Y UBICACIÓN DE LOS CABLES PRINCIPALES, EL PUENTE CUENTA CON DOS TORRES PRINCIPALES, UNA A CADA LADO DEL PUENTE. LA CUAL ESTA CONFORMADA POR TUBOS HR, ARRIOSTRADOS CON ANGULOS HR.	LA VIGA DE RIGIDEZ, SE COMPONE DE VIGAS EN T, Y ANGULOS HR EN ACERO HR, LOS PENDOLONES POR SU PARTE SE COMPONEN DE EJE EN ACERO CALIBRADO	EL TABLERO DEL PUENTE SE COMPONE DE TABLONES DE MADERA DE 7 cm DE ESPESOR, PUESTOS EN EL SENTIDO TRANSVERSAL DEL PUENTE		
FOTOGRAFÍA	FOTOGRAFÍA	FOTOGRAFÍA	FOTOGRAFÍA	FOTOGRAFÍA	
MACIZO DE ANCLAJE	CABLES PRINCIPALES	VIGAS TRAVIESAS Y RIOSTRAS	TABLERO		
PARA EL ANCLAJE DE LAS LÍNEA PRINCIPALES DE CABLES SE UBICAN DOS JUEGOS DE MACIZOS DE ANCLAJE A CADA LADO DEL PUENTE, ESTOS SE ENCUENTRAN ENTERRADOS PARCIALMENTE EN EL TERRENO	PARA SOPORTAR EL TABLERO DEL PUENTE, LA ESTRUCTURA CUENTA CON 5 CABLES DE ACERO EN PARALELO, DE ALTA RESISTENCIA A CADA LADO DEL PUENTE	LAS VIGAS TRAVIESAS Y RIOSTRAS SE ENCUENTRAN FABRICADAS EN PERFILES ALMA LLENA EN ACERO HR	EL TABLERO SE ENCUENTRA ANCLADO A LA ESTRUCTURA DE SOPORTE MEDIANTE PERNOS		

2		ORGANISMOS			ACTIVIDAD ANTROPICA	
SISMO		TORRES PRINCIPALES			TABLERO	
SISMO BELALCAZAR		CAUCE DEL RIO PAEZ			TABLERO	
						
SISMO DE BELALCAZAR, 6 DE JUNIO DE 1994, DE MAGNITUD 6,4 EN LA ESCALA DE RICHTER, Y UNA PROFUNDIDAD MENOR A 10 km		LA ESTRUCTURA SE ENCUENTRA EN CONSTANTE INTERACCIÓN CON ORGANISMOS VIVOS, INCLUYENDO UNA GRAN VARIEDAD DE VEGETACIÓN QUE AFECTA EN GRAN MEDIDA LOS APOYOS DEL PUENTE			POR TRATARSE DE UN PUESTE SOBRE EL CAUCE DE UN RIO, LA ESTRUCTURA ESTA SOMETIDA CONTANTAMENTE A LA INTERACCIÓN CON UN CUERPO DE AGUA PERMANENTE	
AVALANCHA DERIVADA DEL SISMO		VEGETACIÓN			ACCIÓN DEL VIENTO	
						
EL SISMO OCASIONO UN DESLIZAMIENTO QUE TAPONO EL RIO PÁEZ, Y POSTERIORMENTE SE PRODUJO UNA AVALANCHA QUE CAUSO LA MUERTE DE 1,100 PERSONAS APROXIMADAMENTE.		EL CRECIMIENTO NATURAL DE LA VEGETACIÓN QUE RONDEA EL PUENTE ACELFERA EL DETERIORO DE LAS VIGAS DE APOYO DEL PUENTE			POR TRATARSE DE UN CAÑÓN PROFUNDO, LA ESTRUCTURA ESTA SOMETIDA A LA ACCIÓN PERMANENTE DE FUERTES CORRIENTES DE AIRE, ASÍ COMO AL DETERIORO POR ACCIÓN DE LA INTEMPERIE	
SE PUEDE APRECIAR COMO EL TABLERO DEL PUENTE SE VE AFECTADO POR LA ACTIVIDAD ANTROPICA PARTE DE LOS TABLONES QUE CONFORMA FUE QUEMADA EN UN PARA QUE ORGANIZO LA COMUNIDAD		TABLERO				

3 SUPERESTRUCTURA			
ANCLAJES		TABLERO	TORRES PRINCIPALES
	ANCLAJES	PISO FALTANTE	PLACA BASE TORRES
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	LOS ANCLAJES DEL PUENTE PRESENTAN		EN TODO EL RECORRIDO DEL PUENTE SE ENCUENTRAN VARIOS ELEMENTOS QUE FALTAN DEL TABLERO PRINCIPAL
	LAMINACIÓN VIGA DE ANCLAJE		ELEMENTOS DETERIORADOS
	UNA DE LAS VIGAS DE ANCLAJE DEL LADO ORIENTAL AGUAS ARRIBA SE ENCUENTRA CON UNA LAMINACIÓN.		ESTA LEVE INCLINACIÓN GENERA DESTENCIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS, Y ESFUERZOS ADICIONALES SOBRE LAS TORRES
	EL APOYO CORRESPONDIENTE AL LADO OCCIDENTAL AGUAS ARRIBA SE ENCUENTRA SIN ANCLAJE SOBRE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE		LA ESTRUCTURA TIENE UNA FUERTE INTERACCIÓN CON EL SER HUMANO POR TRATARSE DE UNA VÍA, FUNDAMENTAL PARA LA CONEXIÓN DE LAS COMUNIDADES DE LA ZONA

4				SUPERESTRUCTURA			
PENDOLONES		BARANDAS Y RIOSTRAS					
PENDOLONES FRACTURADOS		PENDOLONES FLECTADOS		ELEMENTOS DEFORMADOS		ELEMENTOS INCLINADOS	
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	DE LA LÍNEA DE CABLES PRINCIPALES LOCALIZADA AGUAS ABAJO DEL PUENTE, SE ENCUENTRAN DOS PENDOLONES CONTIGUOS FRACTURADOS		VARIOS DE LOS PENDOLONES SE ENCUENTRAN FLECTADOS DE MANERA IMPORTANTE, CABE ACLARAR QUE ES MAS VISIBLE EN LOS PENDOLONES CORTOS		HAY EVIDENCIA DE ELEMENTOS EN LOS CUALES SE HA SUPERADO EL LIMITE DE FLEUENCIA, EVIDENCIA DE ESFUERZOS POR ENCIMA DE LA CAPACIDAD EN LOS ALGUNOS ELEMENTOS DE SOPORTE		
	LOCALIZACIÓN DE LA FRACTURA		PENDOLONES FALTANTES		ELEMENTOS FALTANTES		BARANDA
LA FRACTURA DEL PENDOLÓN SE ENCUENTRA LOCALIZADA EN LA ZONA EN DONDE SE PERNA AL CORDÓN SUPERIOR DE LA VIGA DE RIGIDEZ		SE ENCUENTRA AUSENCIA DE ALGUNOS ELEMENTOS TIPO PENDOLÓN EN EL PUENTE		FALTAN ALGUNAS RIOSTRAS LATERALES DE LA ESTRUCTURA		LA BARANDA DEL PUENTE NO BRINDA LA SEGURIDAD REQUERIDA PARA EL USO PEATONAL, MAS SI SE TIENE EN CUENTA QUE MUCHOS ESTUDIANTES DE PRIMARIA CRUZAN EL PUENTE CAMINANDO PARA ACCEDER A LA ESCUELA RURAL	

SUPERESTRUCTURA				
5				
FALLAS DE FABRICACIÓN	CORROCIÓN	TORNILLERÍA Y ELEMENTOS DE CELOCIA		
PERFORACIONES CORRIDAS	VIGAS LONGITUDINALES	PERNOS FALTANTES	ELEMENTOS SUELTOS	
FOTOGRAFÍA 				
DESCRIPCIÓN SE ENCUENTRAN ELEMENTOS CON ERRORES EN SU PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN, QUE PUEDEN DISMINUIR LA CAPACIDAD REAL DEL ELEMENTO.	DESCRIPCIÓN SE ENCUENTRAN ELEMENTOS ESTRUCTURALES IMPORTANTES CON ALTO GRADO DE CORROCIÓN	DESCRIPCIÓN SE ENCUENTRAN ELEMENTOS CON TORNILLERÍA FALTANTE. ESTO OCASIONA PERDIDA DE LA CAPACIDAD DE LA UNIÓN PERNADA	DESCRIPCIÓN SE ENCONTRARON ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN DESAJUSTADOS POR LA FALTA DE APRIETE DE LOS PERNOS QUE LOS SUELTAN	
FOTOGRAFÍA 	FOTOGRAFÍA 	FOTOGRAFÍA 	FOTOGRAFÍA 	
DESCRIPCIÓN EN ESTOS ELEMENTOS, EL DESARROLLO DE LA ROSCA DE LOS PERNOS ES INSUFICIENTE PARA GARANTIZAR EL APRIETE ADECUADO	DESCRIPCIÓN LOS ELEMENTOS DE ARRIOSTAMIENTO QUE SE ENCUENTRAN CERCA DE LOS APROCHES DEL PUENTE SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A LA HUMEDAD DEBIDO A SU CERCANÍA CON LA VEGETACIÓN DE LA ZONA.	DESCRIPCIÓN HAY ELEMENTOS PARA LOS CUALES SE PRESENTA UNA FALTA DE APRIETE DE LOS PERNOS QUE COMPONEN LA UNIÓN, LO QUE DENOTA UNA FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA ESTRUCTURA.	DESCRIPCIÓN SE PUEDEN APRECIAR ELEMENTOS FALTANTES, DEBIDO A MAL ESTADO DE LAS UNIONES PERNADAS Y A LA CONSTANTE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA AL PASO DE VEHICULOS.	

6			
FALLAS GENERALES DE LA ESTRUCTURA		SUPERESTRUCTURA	
FLECHA EXCESIVA		CARGA PERMITIDA	CARGA DEL PUENTE
	EL PUENTE POSSE UNA FLECHA DERIBADA POR EL DESTENSIONAMIENTO DE LOS CABLES, ESTO ACELERA EL BALANCEO DEL PUENTE, Y POR ENDE AUMENTA LA VIBRACION Y FATIGA DE LOS ELEMENTOS METÁLICOS, DEBIDO AL CONSTANTE MOVIMIENTO		
	INCLINACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSA		CARGA VIVA
DEBIDO A LA DIFERENCIA DE TENSIONES QUE SE PRESENTAN EN LAS DOS LINEAS DE CABLES PRINCIPALES EL PUENTE PRESENTA UNA INCLINACIÓN DE LA SECCIÓN PRINCIPAL DEL LADO AGUA ARRIBA, ESTO GENERA UNA CARGA ADICIONAL SOBRE LA LINEA MAS TENSIONADA, QUE RESPONDE EN MAYOR MEDIDA POR LAS CARGAS TANTO DE PESO PROPIO COMO LA SOBRE CARGA DE USO DE LA ESTRUCTURA, ACELERANDO SU DETERIORO.	DEBIDO A LA FALTA DE VIGILANCIA DEL PUENTE LA RESTRICCIÓN DE PESO EXISTENTE NO PUEDE SER APLICADA	DEBIDO A LA IMPORTANCIA DE LA VIA PARA LA COMUNIDAD SE HACE MUY DIFÍCIL QUE EL TRAFICO SE PUEDA RESTRINGIR CERRANDO PARCIALMENTE EL PUENTE	

7.7. MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

ETAPAS DE VULNERABILIDAD		
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	DEFINICIÓN	CATEGORIA
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia	A
Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia	B
Remota	Baja probabilidad de ocurrencia	C
Extremadamente remota	Difícil que ocurra	D

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	
CATEGORIA	RIESGO
1	MUY ALTO
2	ALTO
3	MEDIO
4	BAJO

MATRIZ DE VULNERABILIDAD						
PROBABILIDAD	Frecuente	5				
	Posible	4				
	Ocasional	3				
	Remota	2				
	Improbable	1				
			1	2	3	4
			Muy leve	Leve	Seria	Grave
						Catastrofica
			SEVERIDAD			

La estructura se encuentra en la categoría A1, en un alto riesgo con una alta probabilidad de falla.

8. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

El trabajo inicial consistió en realizar un estudio patológico del puente El Naranjal, identificando las principales lesiones de la estructura y sus causas, como siguiente fase se proponen las intervenciones que se deberán realizar para rehabilitar la estructura. Para el desarrollo del trabajo se deberán tener en cuenta las siguientes fases:

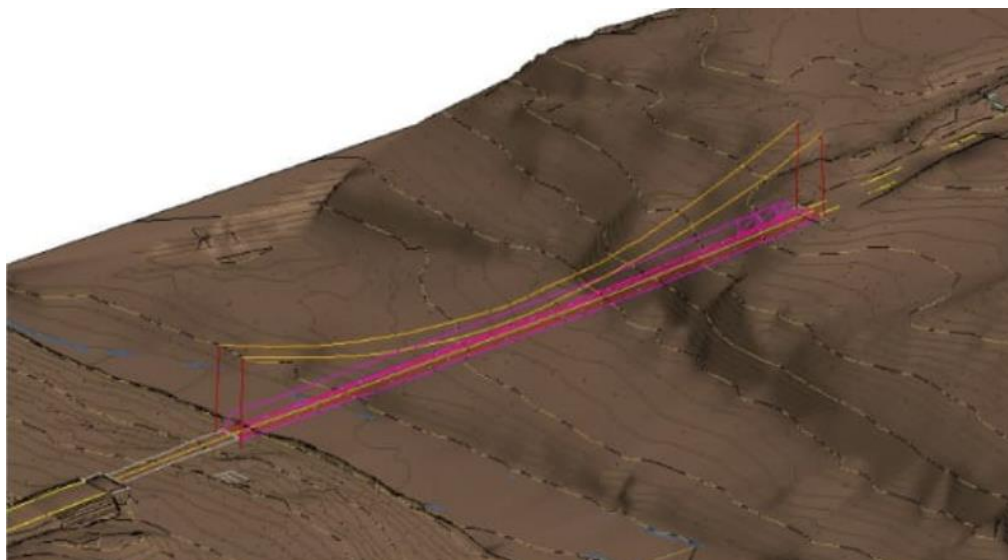


Figura 63. Modelo 3D incluyendo Topografía

8.1. INTERVENCIÓN FASE 1

En esta etapa se realizarán el análisis correspondiente de la información recopilada, mediante las visitas, las observaciones realizadas, y los ensayos realizados a la estructura. Con toda la información recopilada se realiza la modelación estructural, que integra los estudios pertinentes para un tipo de solución estructural acorde a las necesidades observadas y analizadas en campo y en laboratorio que arrojará como resultado el tipo de intervención que requiere la estructura; resultados que están soportados por el concepto técnico de un Ingeniero especialista en estructuras, y un patólogo.



Figura 64. Modelo 3D

8.2. INTERVENCIÓN FASE 2

En esta fase se llevará a cabo la intervención física de la estructura, esta intervención deberá ser progresiva, de tal manera que permita seguir una secuencia que facilite el desarrollo del trabajo, y garantice la integridad y seguridad del personal que realizará la obra, al tiempo que permita realizar el procedimiento de la manera más eficiente posible.

Para lograr dichos objetivos se estableció un protocolo de intervención con 23 pasos los cuales se listan a continuación, y se describirán más adelante.

- a) Cierre provisional del puente
- b) Instalación de dispositivo de freno en cables a la altura de la silla.
- c) Reforzamientos cabecales
 - i. Instalar ménsula de apoyo cabecal
 - ii. Encamisar cabecal
- d) Estabilización de las torres con tirantes adicionales
 - i. Fundición macizos de anclaje para tirantes adicionales
 - ii. Soldar herraje a torre para tirante adicional
 - iii. Tender tirante adicional para estabilizar torre

- e) Retiro tablero
- f) Reforzamiento herrajes de anclaje cables principales de Ø2 ¼"
- g) Instalación pendolones adicionales
- h) Adecuación pendolones existentes
- i) Nivelación vigas transversales
- j) Recuperación contra flecha del puente
- k) Reforzamiento viga de rigidez
 - i. Reforzamiento cordón superior
 - ii. Reforzamiento celosía viga
- l) Cambio de elementos deteriorados
- m) Cambio de tornillería
- n) Reforzamiento torres
- o) Reforzamiento macizo de anclaje M2
- p) Instalación de silla para soporte cables adicionales
- q) Instalación de cables de refuerzo
- r) Desmonte baranda existente
- s) Instalación vigas longitudinales para tablero nuevo.
- t) Sand Blasting y pintado de la estructura.
- u) Instalación piso en lámina alfajor.
- v) Instalación de baranda con malla de protección.

a) Cierre provisional del puente.

La primera medida a implementar consiste en el cierre provisional de la estructura. Para dicho cierre es necesario la habilitación de un paso provisional peatonal en un punto en donde la topografía del terreno sea lo más adecuada. Esto es necesario ya que de no atenderse se podría generar una afectación grave para las comunidades aledañas a la estructura que no tienen otra

vía de comunicación. Este paso provisional puede resolverse con la instalación de una tarabita o un puente peatonal en un nivel más bajo.

En caso de optar por el puente a una cota inferior, este contara con una luz mínima de 30 m, y con un gálibo mínimo de 8m, también deberá coincidir el tiempo de intervención del puente con la temporada seca, para prevenir cualquier creciente súbita del rio que pueda poner en riesgo la estructura provisional. (Ver Figura 65)



Figura 65. Propuesta ubicación puente provisional

b) Instalación de dispositivo de freno en cables a la altura de la silla.

Se deberá instalar un dispositivo que permita limitar el desplazamiento lateral de las torres principales, con el fin de prevenir que el desplome de la torre izquierda aguas abajo se siga aumentando y ponga en riesgo el procedimiento de reforzamiento del puente.

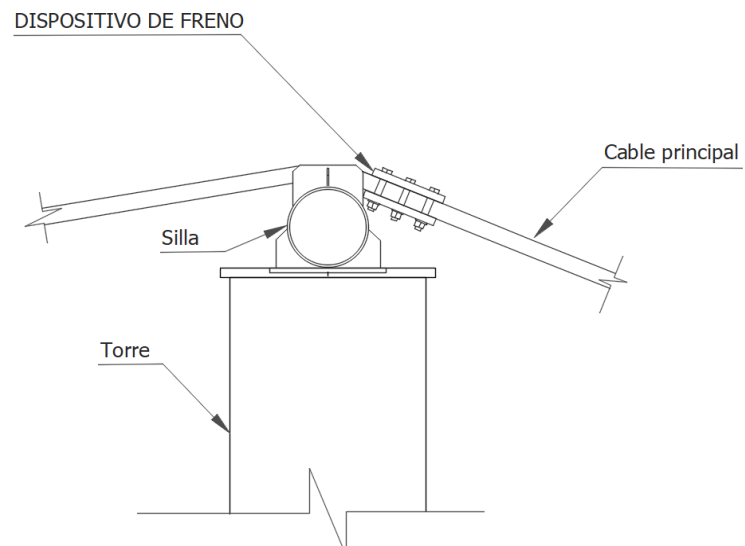


Figura 66. Ubicación dispositivo de freno cable principal

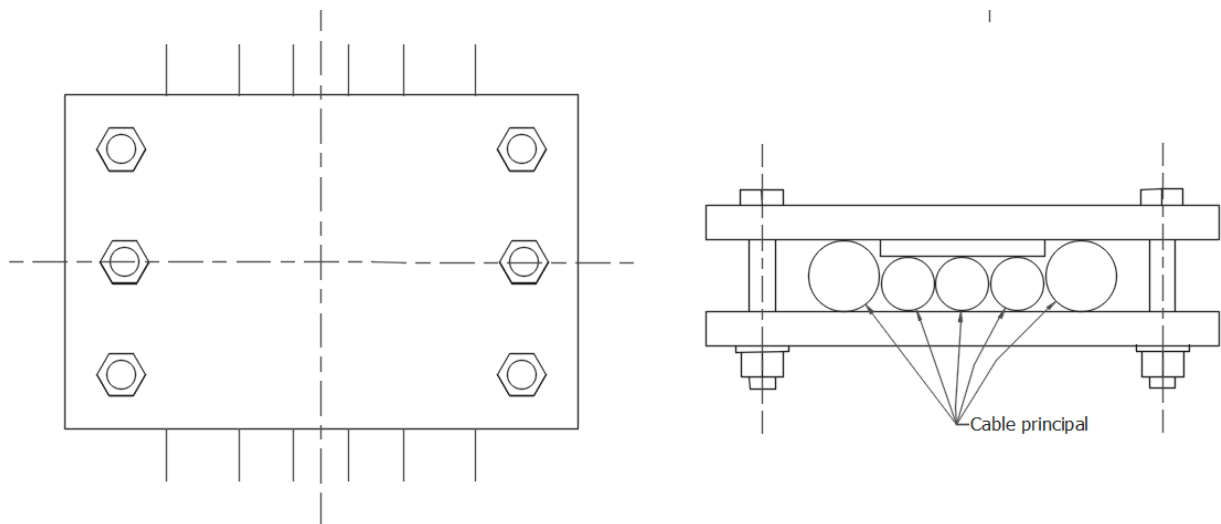


Figura 67. Vista superior y frontal dispositivo de freno.

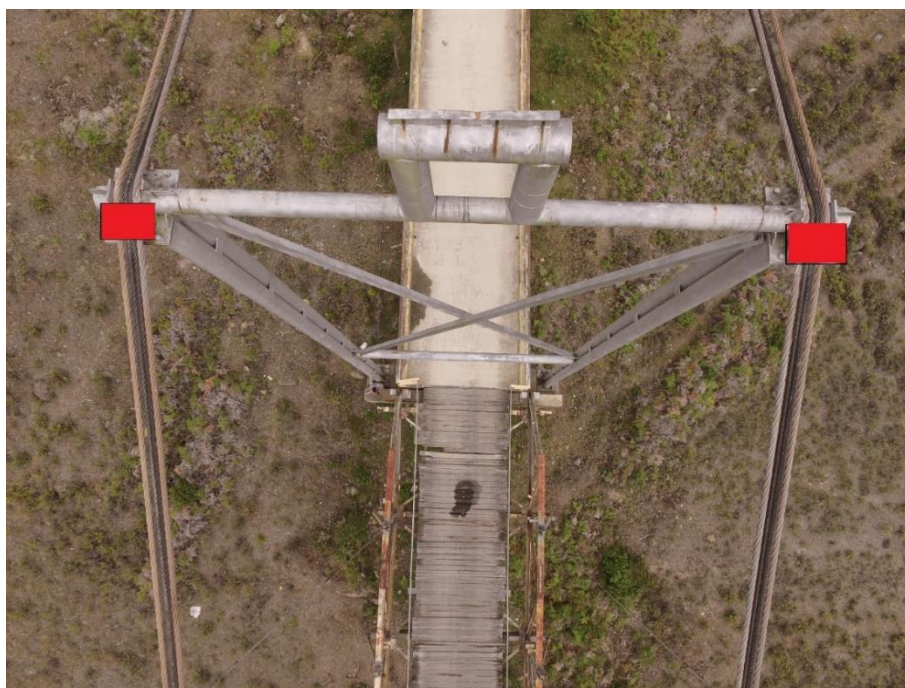


Figura 68. Localización dispositivos de freno cables principales

c) Reforzamiento cabezales

Los cabezales en los que se apoyan las torres y los cuales transmiten toda la carga a la cimentación tienen sección insuficiente para resistir las cargas a las que se pueden verse sometida la estructura, adicionalmente estos elementos deberán soportar los sobreesfuerzos que se generan en el proceso de reforzamiento del puente, por lo cual se hace necesario su reforzamiento. (Ver Figura 69)



Figura 69. Sección viga cabezal (Elaboración propia)

Se adicionará un pie de amigo que ayude a llevar las cargas al Keisson en cada uno de los lados de la viga y en ambos costados del puente. (Ver Figura 70Figura 69)

i. Instalar ménsula de apoyo cabezal

Se deberá instalar una ménsula en estructura metálica con pernos de anclaje a la columna principal, que ayude a transmitir las cargas del cabezal, y disminuya el momento flector que actúa sobre la viga cabezal (Ver Figura 70)

ii. Encamisar cabezal

Se reforzará la sección utilizando un encamisado en platina de 7/8” que proporcione la resistencia a cortante adicional que requiere la sección, y se adicionará un pie de amigo que ayude a llevar las cargas al caisson en cada uno de los lados de la viga y en ambos extremos del puente (Ver Figura 70)



Figura 70. Refuerzo viga cabezal

d) Estabilización de las torres con tirantes adicionales

Para recuperar la verticalidad de la torre se deberán realizar el procedimiento descrito a continuación:

Una vez que el puente se encuentre cerrado se procederá a la implementación de dos tensores auxiliares, instalando dos cables a dos tercios de la altura de las torres. (Ver Figura 71, Figura 72). Estos tensores tendrán dos funciones principales, la primera será recuperar la verticalidad de las torres, esto se logra instalando un sistema de malacate, para permitir aplicar una fuerza de tensión a las torres de manera que se valla recuperando progresivamente su verticalidad.

La segunda función de los tensores será la de prevenir posibles desplomes futuros de las torres, al servir de tensor y limitar el desplazamiento de las mismas. Para la instalación de dichos tensores se deberá adosar a las torres unos anillos en la parte superior del cuerpo de cada torre, y anclarlos a unos macizos de anclajes que se ubicarán a cada lado del abanico del puente.



Figura 71. Instalación de tensores auxiliares (Elaboración propia)

Para realizar el procedimiento descrito en el párrafo anterior es necesario dividir dichos procedimientos en tres etapas

i. Fundición de macizos de anclaje para anclar tirantes adicionales

Se deberán fundir unos macizos de anclaje, que permitan fijar los tirantes adicionales y garantizar la transmisión de las cargas resultantes al terreno. (Ver Figura 71)

ii. Soldar herraje a torre para tirante adicional

Para fijar los tirantes adicionales a las torres existentes, se deberá soldar un herraje a la altura indicada que facilite la instalación de los tirantes y permita realizar su tensionamiento. (Ver Figura 71)

iii. Tender tirante adicional para estabilizar torre

Una vez se cuente con los macizos de anclaje y con los herrajes en las torres, se procederá a instalar los cables que conformarán el tirante adicional, y se procederá a estabilizar las torres, aplicando la tensión requerida para lograr tal fin. (Ver Figura 71)

e) Retiro tablero

El tablero del puente se encuentra constituido por tabloncillos de madera, algunos de los cuales ya han presentado falla e incrementan el deterioro de las vigas longitudinales del puente al mantener la húmeda y acentuar el problema de corrosión existente. El tablero del puente está compuesto por tabloncillos de 30 de ancho x 560 cm de largo y un espesor de 8 cm, con un peso aproximado de 120 kg por tablón, lo que le aporta a la estructura una carga muerta de 6.27 toneladas. (Ver Figura 72)



Figura 72. Montaje tablero del puente. (Archivo Joyco S.A.S.)

f) Reforzamiento herrajes de anclaje cables principales de $\varnothing 2 \frac{1}{4}$ "

El sistema de anclaje para los cables principales de $\varnothing 2$ " presenta dos problemas: por un lado, no posee área suficiente para resistir la carga máxima que le puede transmitir el cable, (Ver Figura 73), por otra parte, presenta concentración de esfuerzos debido a una inadecuada interacción entre el pasador de $\varnothing 4$ pulgadas y el herraje que soporta el dispositivo terminal del cable. Ver Figura 74)



Figura 73. Anclaje cables principales 2Ø 2 1/4"



Figura 74. Concentración de esfuerzos

El reforzamiento del herraje, es uno de los procesos más delicados del reforzamiento del puente, razón por la cual se deberá realizar un procedimiento riguroso, con personal calificado y supervisado por un ingeniero con experiencia en este tipo de trabajos. Para realizar este trabajo se deberá elaborar un dispositivo especial y realizar un protocolo de operación, el cual se explica a continuación.

1) SOLDAR PLATINA INFERIOR (**PL5 3/4" 200x390mm**), Figura 75

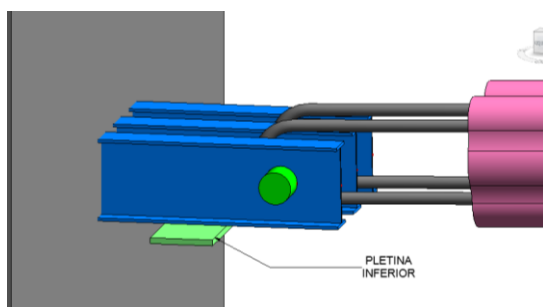


Figura 75. Soldar la Pletina inferior a las secciones I que se encuentran in situ.

2) SOLDAR PLETINA EN MEDIO DE SECCIONES I (**PL6 3/8" 110x300mm**). Figura 76

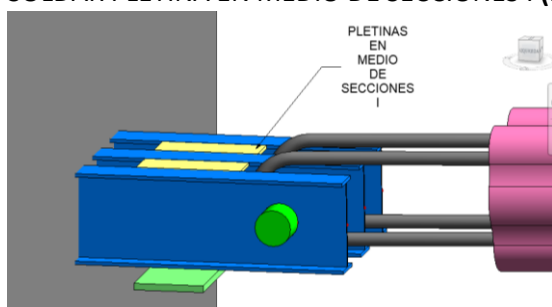


Figura 76. Soldar las Pletinas superiores en medio de las secciones I que se encuentran in situ.

3) SOLDAR PLETINA SUPERIOR (**PL5 3/4" 200x390mm**). Figura 77

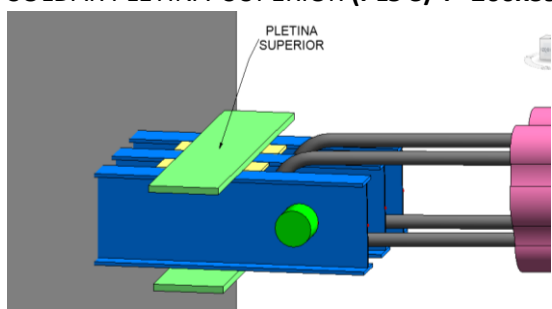


Figura 77. Soldar la Pletina superior a las secciones I que se encuentran in situ.

4) SOLDAR PLETINAS LATERALES (**PL3 2" 200x345mm**). Figura 78

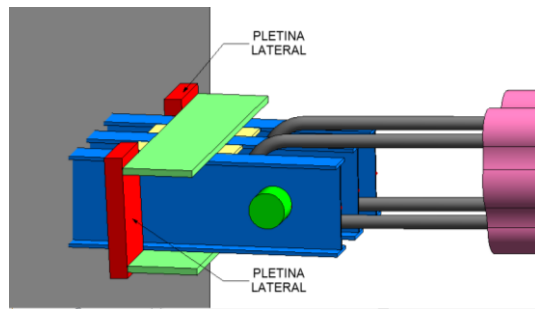


Figura 78. Soldar las Pletinas laterales a las pletinas superior e inferior, que han sido soldadas anteriormente.

- 5) **INSTALAR APOYO MÓVIL (PL1 3/4" 80x300mm, CANT:9 --PL2 1" 300x930mm, CANT:2).** Figura 79

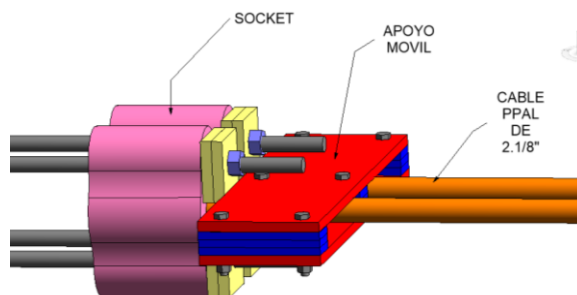


Figura 79. Armar el "dispositivo" que servirá de apoyo móvil.

- 6) **INSTALAR TORNILLOS Φ 2" Long: 2200mm, con tuerca arandela y guasa.** Figura 80

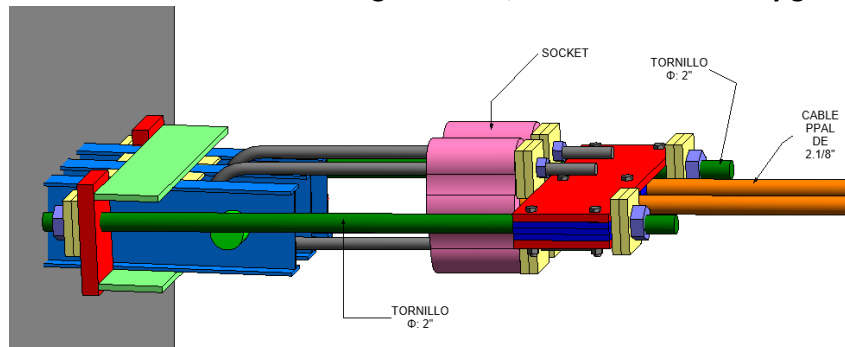


Figura 80. Instalar los tornillos de 2", con tuerca arandela y guasa, apretar las tuercas hasta lo requerido.

g) Instalación pendolones adicionales

La cantidad de los pendolones existente no es suficiente para soportar las cargas impuestas por la estructura. Por esta razón se deberá adicionar un juego de pendolones de $\varnothing 7/8"$ en acero SAE 1045 para cada uno de los trenes de cables ubicados en el punto intermedio de los pendolones actuales, reduciendo la luz de cálculo de estos a la mitad. (Ver Figura 81)



Figura 81. Colocación pendolones intermedios

Para la instalación de los nuevos pendolones se deberá proveer nuevos herrajes que cumplan con los requerimientos solicitados. Algunos de ellos deben permitir que los pendolones más cortos pivoten.

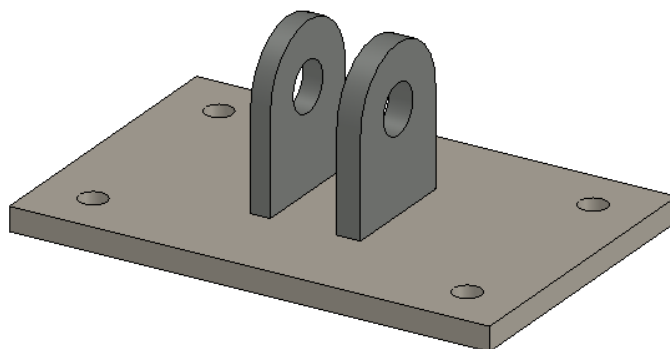


Figura 82. Herraje para pendolón corto

h) Adecuación pendolones existentes

Se utilizarán herrajes especiales que nos permitan suprimir los pendolones en los puntos centrales, y de esta forma poder recuperar la altura de la viga de rigidez, fig. 10.

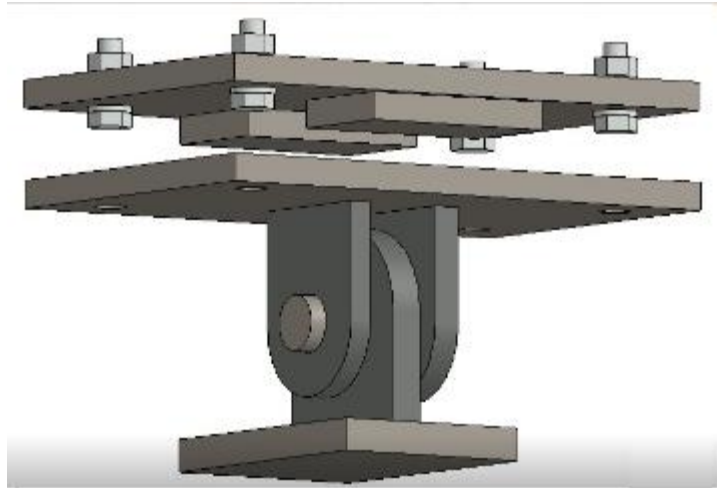


Figura 83. Herraje articulado para pendolones cortos

i) Nivelación vigas transversales

El puente posee una desalineación de la sección transversal del puente, Figura 84 que se acentúa en uno de los costados del puente. Se utilizarán los pendolones nuevos y existentes, así como los dispositivos de anclaje nuevos para realizar la correspondiente nivelación del puente, (Ver Figura 84)



Figura 84. Recuperación del Peralte del puente

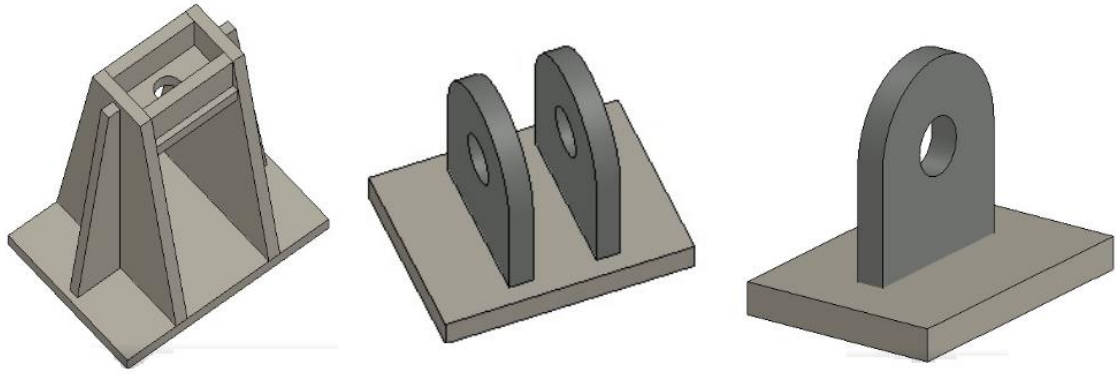


Figura 85. Herrajes para articular pendolones

j) Recuperación contra flecha del puente

El puente tiene actualmente una flecha negativa que le genera amplificación de las oscilaciones laterales, y una mala apariencia (Ver Figura 86). En esta parte del proceso se procederá a tensionar los cables principales del puente, que permitirán recuperar la contra flecha y limitar los movimientos pendulares y cíclicos que se están presentando en la estructura. (Ver Figura 86. Contra flecha del puenteFigura 86, Figura 87)



Figura 86. Contra flecha del puente



Figura 87. Tensionamiento de cables principales (Fuente propia)

k) Reforzamiento viga de rigidez

Se deberá realizar el reforzamiento de la viga de rigidez del puente, con el fin de aumentar su resistencia para que pueda tomar los esfuerzos requeridos por el reforzamiento del puente. Para realizar el reforzamiento de la viga de rigidez se deberá proceder de acuerdo a las siguientes dos etapas.

i. Reforzamiento cordón superior

Se realizará el reforzamiento del cordón superior de la viga de rigidez, adosando dos platinas de 4" x 5/8" en toda la longitud del elemento a reforzar. (Ver Figura 88).

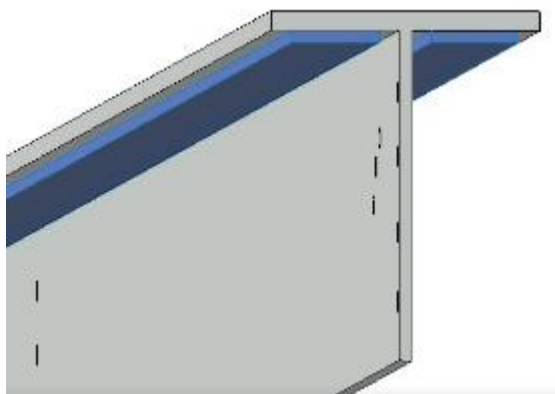


Figura 88. Refuerzo cordón superior viga principal

ii. Reforzamiento celosía

Se realizará el reforzamiento de la celosía, adicionando un doble ángulo en los elementos que presentan capacidad insuficiente para resistir los esfuerzos generados por las cargas actuantes.

l) Cambio de elementos deteriorados

El puente presenta elementos con alto grado de deterioro debido a la corrosión, debido a los esfuerzos a los que han sido sometidos o debido a problemas de montaje, en este último caso se hará un cálculo de dicho elemento y si es el caso se diseñara para que no reincida en la falla.

m) Cambio de tornillería

El puente presenta deficiencia en cuanto a la tornillería empleada en el puente, tiene ausencia de pernos, pernos sueltos y con alto grado de corrosión. Se procederá a cambiar y ajustar toda la tornillería por tornillos galvanizados

n) Reforzamiento torres

Se procederá a realizar el refuerzo de las torres principales adosando a los tubos que la conforman, un perfil conformado por platinas en forma de C, soldados de manera continua a lo largo de la sección a reforzar. De esta manera se aumentará la inercia y resistencia de las columnas para soportar los esfuerzos correspondientes. (Ver Figura 89)

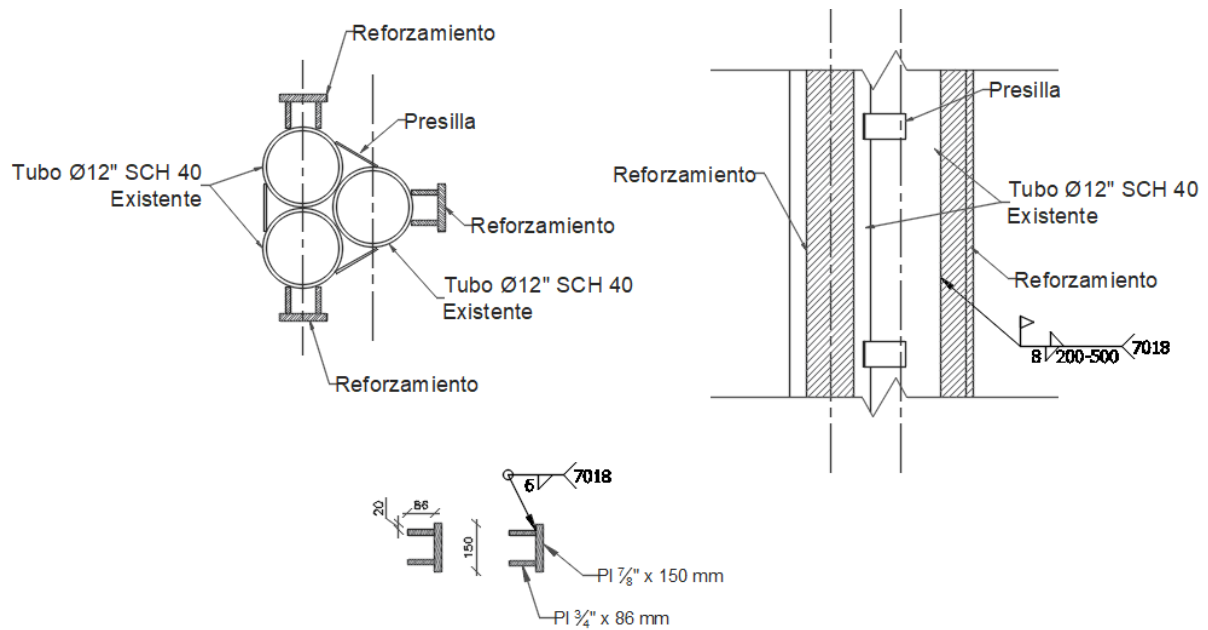


Figura 89. Refuerzo torres principales

o) Reforzamiento macizo de anclaje M2

Se deberá realizar el recalce del macizo de anclaje M2, al cual se le adicionara un contrapeso en concreto ciclópeo para garantizar que pueda resistir las fuerzas de arrastre y de volteo que se generaran con las condiciones de funcionamiento pleno del puente.

p) Instalación de silla para soporte cables adicionales

q) Instalación de cables de refuerzo

r) Desmonte baranda existente

s) Instalación vigas longitudinales para tablero nuevo.

Es necesario instalar nuevas vigas longitudinales para reforzar la estructura de soporte del tablero ya que las vigas existentes se encuentran en un grado avanzado de deterioro

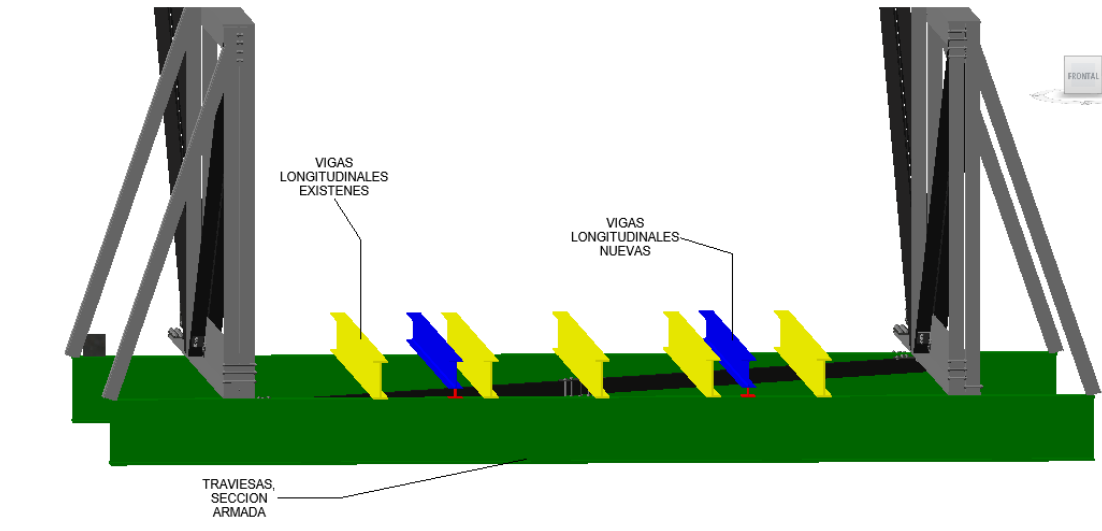


Figura 90. Instalación vigas longitudinales nuevas.

t) Sand Blasting y pintado de la estructura.

Se deberá proceder con una limpieza con chorro abrasivo de arena y realizar una pintura total de la estructura para mitigar las condiciones de exposición a la intemperie, y garantizar la vida útil de la estructura.

u) Instalación piso en lámina alfajor.

Se instalará la lámina de piso en alfajor antideslizante HR, de 1/4" de espesor, para el tablero del puente. (Ver Figura 91).

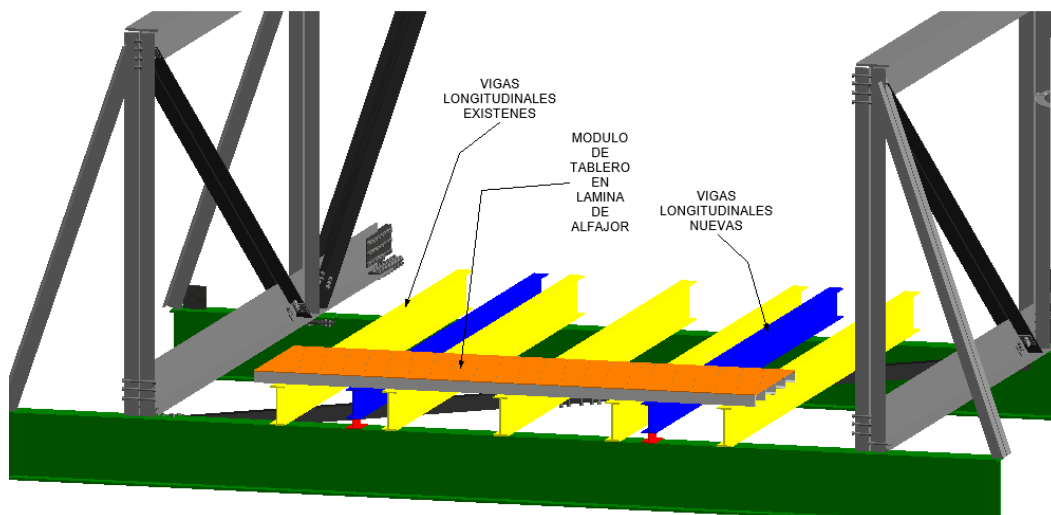


Figura 91. Instalación módulo de tablero en lámina de alfajor

v) Instalación de baranda con malla de protección.

Como último paso del reforzamiento del puente se instalará la baranda y malla de protección, que permitirá brindar la seguridad necesaria para su adecuada transitabilidad. (Ver Figura 92).

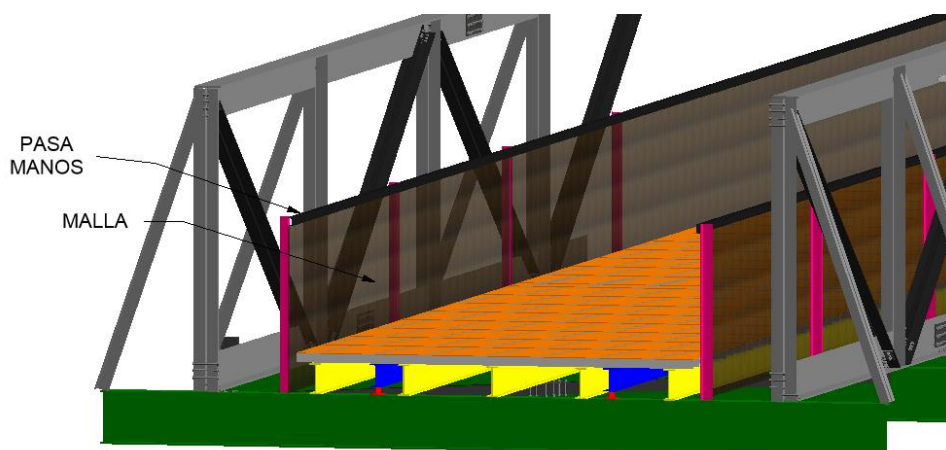


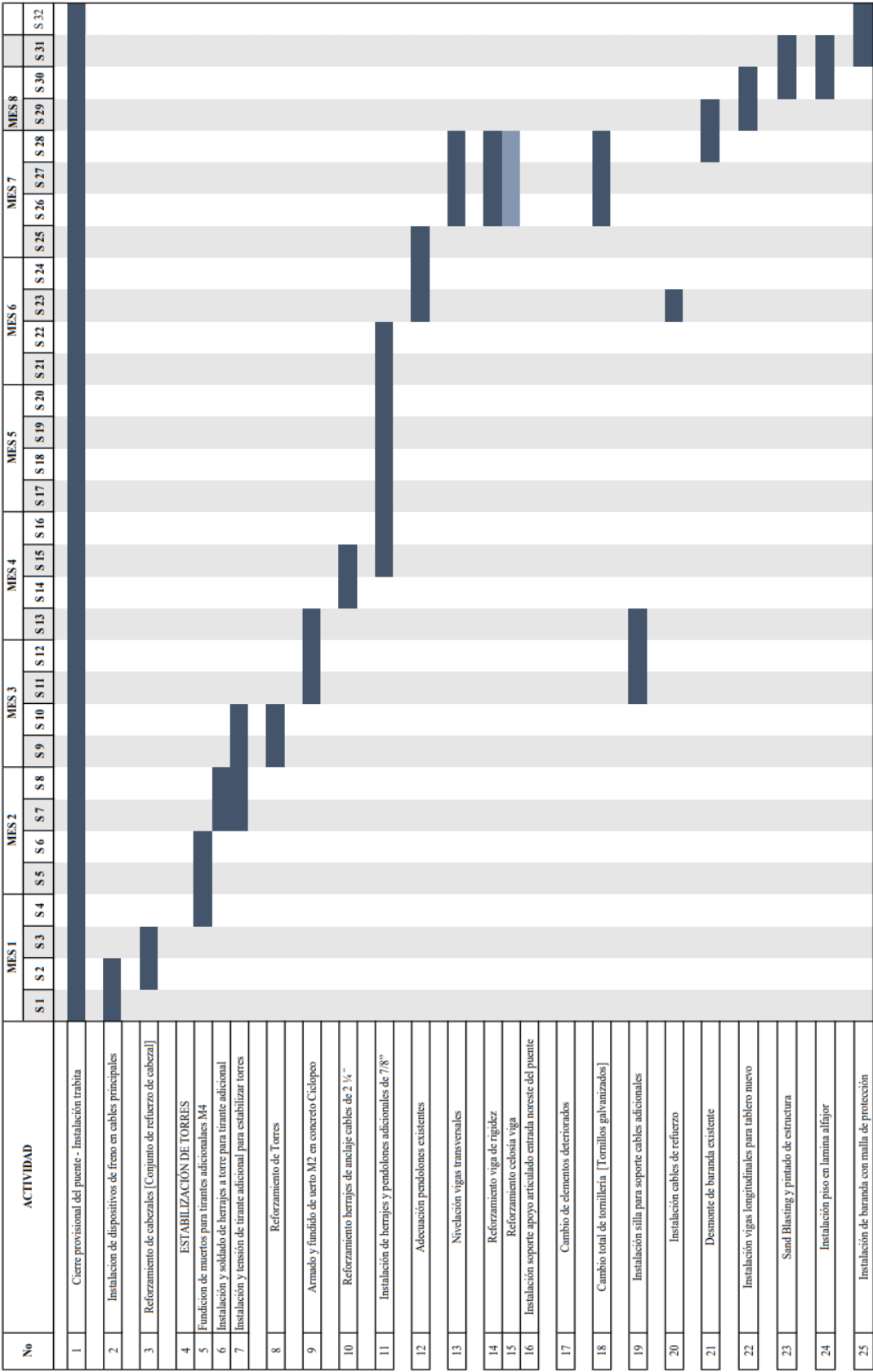
Figura 92. Instalación malla sobre barandas existentes

9. PRESUPUESTO

A continuación, se presenta un presupuesto basado en la intervención propuesta, se incluyen no solo cantidades, sino también un precio, determinado por valores promedio de contratos en la región. Este presupuesto y ejecución de las actividades propuestas está contemplado para una duración de 8 meses y tal como se establece en la programación; su valor es estimado corresponde a mil ciento cincuenta y cuatro millones, seiscientos diecisiete ochocientos sesenta y ocho pesos.

REHABILITACION DEL PUENTE EL NARANJAL UBICADO EN LA VÍA VITONCO - NARANJAL EN EL MUNICIPIO DE BELALCÁZAR, DEPARTAMENTO DE CAUCA							
PRESUPUESTO OFICIAL							
No	PARTICULAR	Grupo o Índice de Ajustes	DESCRIPCION	UNID	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
I - PRELIMINARES							
1		1	INSTALACIÓN TARABITA O PUENTE PEATONAL PROVISIONAL	Und	1,00	\$ 38.000.000,00	\$ 38.000.000,00
II - ESTRUCTURA METÁLICA, CONCRETOS							
2	330P-13	2	REFORZAMIENTO DE CABEZALES	Und	4,00	\$ 348.471,00	\$ 1.393.884,00
3	450P-13	8	ESTABILIZACIÓN DE TORRES CON TIRANTES ADICIONALES	ML	250,00	\$ 299.110,00	\$ 74.777.500,00
4		6	FUNDICIÓN MUERTOS PARA TIRANTES ADICIONALES M4	M3	7,80	\$ 630.827,00	\$ 4.920.451,00
5		6	INSTALACIÓN Y SOLDADO DE HERRAJES A TORRE PARA TIRANTE ADICIONAL	Und	4,00	\$ 366.450,00	\$ 1.465.800,00
6		6	INSTALACIÓN Y TENSIÓN DE TIRANTES ADICIONALES	Kg	7.800,00	\$ 1.299,00	\$ 10.132.200,00
7	610,5P-13	6	RETIRO TABLERO EXISTENTE	M2	867,00	\$ 3.620,00	\$ 3.138.540,00
8		6	REFORZAMIENTO HERRAJES DE ANCLAJE CABLES DE 2 _{1/4"}	ML	72,00	\$ 498.175,00	\$ 35.868.600,00
9		6	INSTALACIÓN DE HERRAJES Y PENDOLONES ADICIONALES DE 7/8" ACERO 1045	M3	420,33	\$ 366.455,00	\$ 154.032.030,00
10	13P1	6	NIVELACIÓN VIGAS TRANSVERSALES	Und	38,00	\$ 289.978,00	\$ 11.019.164,00
11		4	REFORZAMIENTO VIGA DE RIGIDEZ	Und	37,00	\$ 263.763,00	\$ 9.759.231,00
12		8	REFORZAMIENTO CORDÓN SUPERIOR	Und	37,00	\$ 263.763,00	\$ 9.759.231,00
13	651P-13	4	REFORZAMIENTO CELOSÍA VIGA	ML	140,00	\$ 289.978,00	\$ 40.596.920,00
14		8	CAMBIO DE ELEMENTOS DETERIORADOS	Und	200,00	\$ 1.520,00	\$ 304.000,00
15	681,1P	6	CAMBIO TORNILLERÍA - TORNILLO GALVANIZADOS	Und	200,00	\$ 70.431,00	\$ 14.086.200,00
16			REFORZAMIENTO TORRES	ML	72,00	\$ 303.327,00	\$ 21.839.544,00
17	1P	6	REFORZAMIENTO MACIZO DE ANCLAJE M2 y M3	M3	57,40	\$ 630.827,00	\$ 36.209.470,00
18	2P	6	INSTALACIÓN SILLA SOPORTE CABLES ADICIONALES	Kg	131,52	\$ 348.471,00	\$ 45.830.906,00
19	4P	5	INSTALACIÓN CABLES DE REFUERZO	ML	250,00	\$ 299.110,00	\$ 74.777.500,00
20	5P	5	DESMONTE BARANDA EXISTENTE	Kg	1.224,00	\$ 2.200,00	\$ 2.692.800,00
21	6P	8	INSTALACIÓN VIGAS LONGITUDINALES PARA TABLERO	Und	140,00	\$ 289.978,00	\$ 40.596.920,00
22	7P	6	LIMPIEZA Y PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA CON CHORRO DE ARENA (SAND BLASTING)	M2	867,00	\$ 82.315,00	\$ 71.367.105,00
23	8P	6	INSTALACIÓN LAMINA ALFAJOR	Kg	867,00	\$ 238.480,00	\$ 206.762.160,00
24	9P	6	INSTALACIÓN BARANDA CON MALLA DE PROTECCIÓN	ML	340,00	\$ 441.663,00	\$ 150.165.420,00
							\$ 1.059.495.576,00
PROVISIÓN PARA AJUSTES, OBRAS COMPLEMENTARIAS Y/O ADICIONALES, (INCLUYE OBRAS AMBIENTALES DEL PAGA)							\$ 47.760.423,00
VALOR TOTAL BÁSICO DE OBRAS							\$ 1.107.255.999,00
VALOR IVA (OBRA) (16% SOBRE UTILIDAD OBRA)							\$ 6.761.869,00
SUBTOTAL OBRAS (INCLUYE IVA) (A)							\$ 1.114.017.868,00
		GLOBAL	ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO (CÁLCULOS ESTRUCTURALES PARA LA REHABILITACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS PUENTES LA Balsa Y FAJARDO Y PROTECCIÓN HIDRAULICA)				\$ 35.000.000,00
			I.V.A. ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO (CÁLCULOS ESTRUCTURALES PARA LA REHABILITACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS PUENTES LA Balsa Y FAJARDO Y PROTECCIÓN HIDRAULICA)				\$ 5.600.000,00
TOTAL ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO (CÁLCULOS ESTRUCTURALES PARA LA REHABILITACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS PUENTES LA Balsa Y FAJARDO Y PROTECCIÓN HIDRAULICA) (B)							\$ 40.600.000,00
VALOR TOTAL DEL CONTRATO (A+B)							\$ 1.154.617.868,00
VALOR TOTAL EN LETRAS:			MIL CIENTO CINCUENTA Y CUATRO MILLONES SEISCIENTOS DIECISIETE MIL OCHOCIENTOSNOSESENTA Y OCHO CON 00/100 PESOS M/CTE.				

10. CRONOGRAMA



11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para iniciar, cabe recordar que las vías de acceso y más específicamente los puentes sobre estas vías, son de gran importancia en cuanto que brindan a las comunidades la posibilidad de movilizar sus productos, de acceder a servicios básicos como educación y salud y de comunicarse de manera más eficiente con otras comunidades. De ahí la importancia de contar con obras de infraestructura vial que además no pongan en peligro a los transeúntes.

La vía Vintoco - El Naranjal es de gran importancia para la comunicación de las poblaciones asentadas en la zona con el resto del departamento, estas poblaciones se han visto afectadas por las reiteradas avalanchas del río Páez, que se generan por la actividad del nevado del Huila. Al respecto, cabe mencionar el sismo ocurrido incluyendo la ocasionada el 6 de junio de 1994, el cual dejó un saldo de 1100 personas fallecidas y 500 más desaparecidas.

Tras el sismo mencionado se construyó con demasiada premura la actual estructura de El Puente El Naranjal. Dicho paciente ha sido analizado para este estudio de patologías y de acuerdo con los objetivos específicos planteados se han perfilado las siguientes conclusiones:

1) Respecto a la primera conclusión que atañe a analizar e identificar con base en el Manual para la Inspección Visual de Puentes y Pontones de INVIA (2006) las lesiones primarias y secundarias presentes en el puente El Naranjal, se encontraron varios daños y desgastes en los distintos elementos (ver ficha técnica de vulnerabilidad), como, por ejemplo, un alto desgaste en los pendolones.

También se pudo observar que el puente tiene añadiduras y arreglos de carácter artesanal que lo vuelven altamente peligroso en cuanto que dichos arreglos son provisorios, sin planeación y rigurosidad. Dicho puntose hace patente en los puntos de unión con los pendolones se utilizan herrajes de amarre que tienen como función mantener la integridad de los cables para que trabajen en conjunto y dar soporte para la ubicación de los pendolones.

2) En torno al segundo objetivo, es decir, determinar mediante ensayos no destructivos como prueba de carbonatación e inspección visual de la obra las condiciones estructurales del puente El Naranjal, se encontraron deficiencias en el acero de la estructura.

Para los estudios centrados en el acero templado, que fue la condición más desfavorable que se observó, la resistencia a la fatiga fue bastante baja, tanto así que por la premura de construir el puente tras el sismo de 1994, la obra quedó sin un tratamiento de alivio de tensiones posterior al temple, dicho proceso terminó repercutiendo en el detrimento del comportamiento a fatiga del material para esta condición de tratamiento térmico.

3) En lo que tañe al tercer objetivo consistente en realizar un análisis cualitativo de la vulnerabilidad del puente el Naranjal, empleando la norma CCP-14 para determinar las acciones de mejora, se encontró a alto riesgo de actividad sísmica, principalmente debido al hecho de que la zona tiene, como se pudo apreciar en el repaso geológico, una alta frecuencia sísmica donde convergen varias fallas tectónicas

4) Establecer propuestas de intervención para el mantenimiento y rehabilitación del puente El Naranjal mediante los hallazgos encontrados y presentar el diseño de la intervención.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Municipal de Páez Cauca, (2017). *Nuestro municipio*. Recuperado de:
<http://www.paez-cauca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

Clemente, M., Puente, A. y Valle Álvarez, A. (2004). Integración de los aspectos ambientales en la gestión de las obras viales en la restauración de taludes en Cantabria. *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, ISSN 0212-6389, N°. 131, 2004, págs. 53-71.

Contreras Pérez, C. A., y Reyes Ravelo, E. (2014). *Evaluación, diagnóstico patológico y propuesta de intervención del Puente Romero Aguirre*. Universidad de Cartagena.

Corporación Nasa Kiwe Nacional, (2020). Misión – Visión. Recuperado de.
<https://www.nasakiwe.gov.co/la-corporacion/mision-vision/#:~:text=La%20Corporaci%C3%B3n%20Nasa%20Kiwe%20es,y%20%C3%A1reas%20afectadas%20por>

Franco, F., Morbidoni, N., Schreider, M. y Reynares, M. (2004). Diseño de protecciones: análisis de erosión y estabilidad de taludes. *Ingeniería del agua*, ISSN 1134-2196, Vol. 11, N°. 4, 2004, págs. 435-444.

Instituto Nacional de Vías INVIAS (2014). *Norma Colombiana de Diseño de puentes LRFD CCP-14*. 2014.

_____ (2008). *Manual De Diseño Geométrico De Vías*.

Jorquera Silva, N. (2014). Método integral de evaluación del riesgo sísmico del patrimonio arquitectónico menor. *Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural - Journal of Cultural Heritage Studies*, Vol. 27, N°. 1, 2014, págs. 52-63.

Jurado Cabanes, C. (2016). *Cálculo y construcción de Pilotes en zonas Sísmicas*.

_____ (2012). Problemas de interacción suelo estructura en cimentaciones y muros de contención. Influencia de los fenómenos de despegue y deslizamiento. Tesis doctoral dirigida por Avelino Samartín Quiroga (dir. tes.). Universidad Politécnica de Madrid (2012).

López Martínez, M. (2020). El sector agrario latinoamericano en el sistema económico internacional mediante técnicas input-output. *Cuadernos de desarrollo rural = International journal of rural development*, Vol. 17, Nº. 86, 2020 (Ejemplar dedicado a: Revista Cuadernos de Desarrollo Rural).

Mercado Limones, C. A. (2019, Julio – Diciembre). Análisis crítico de casos de reutilización urbano-arquitectónica: *Centro Cultural Indianilla. Diseño en Síntesis* (62), p. 6-25.

Patiño Alzate, B. M, y Salazar Hernández, C. A. (2016). Proyectos de Infraestructura Vial e Integración Territorial. *Bitácora Urbano-Territorial*, Vol. 26, Nº. 2, 2016 (Ejemplar dedicado a: Conflictos territoriales y acuerdos de paz en Colombia), págs. 79-86.

Quiceno, C. N. (2017). Reconstrucción del tejido social después de un desastre: mujeres y territorio en la avalancha del Río Páez 1994. Una mirada feminista de la realidad. Tesis doctoral dirigida por Beatriz Moncó Rebollo (dir. tes.). Universidad Complutense de Madrid (2017).

Secretaria de Obras Publicas de Antioquia. (1973). División de Estudio y Diseño, Puentes Colgantes Vehiculares.

Vellecilla Bahena C. R. (2018). *Fundamentos de diseños de puentes*. Editorial colombiana.

1. ANEXOS (Fichas técnica aceros SAE 1020 y SAE1045)

ACEROS ESPECIALES
Para aplicaciones Industriales

GA Cía. General de Aceros

Acero Grado Ingeniería

Referencia:
Aceros al Carbono



AISI / SAE: 1020



Composición química (%)			
C	0.18 - 0.23	P	0.04 Max.
Mn	0.30 - 0.60	S	0.05 Max.
Si	0.15 - 0.30		

Dureza de suministro 180 - 220 HB.

EQUIVALENCIAS EN OTRAS NORMAS

NORMAS	NOMBRE
AISI SAE	1020
DIN	CK20
AFNOR	XC20
UNI	C20
BS	070 M20

Características:

Acero de bajo carbono, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia.

Usos: Se utiliza en ejes, cadenas, remaches, tornillos, pernos, sujetadores, engranajes, piñones, piezas de maquinaria, pasadores de baja resistencia, prensas y levas.



Estado de Suministro	Resistencia tracción kg/mm ²	Límite elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza brinell HB
Laminado en Caliente	40	31	25	45	140/180
Calibrado	55	38	15	30	180/220

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
Forja	850 - 1150	Arena seca
Normalizado	880/920	Aire
Recocido	660/720	Horno
Cementación	900/930	Horno/Agua
Temple capa cementada	850/900	Aire
Revenido capa cementada	180/240	Aire

Acero Grado Ingeniería

Referencia:
Aceros al Carbono



AISI / SAE: 1045



Composición química (%)			
C	0.43 - 0.50	P	0.04 Max.
Mn	0.60 - 0.90	S	0.05 Max.
Si	0.20 - 0.40		

Dureza de suministro 180 - 220 HB.

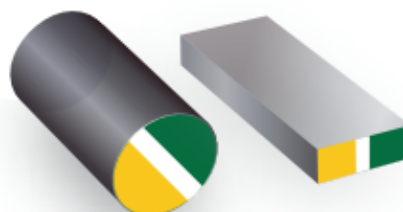
EQUIVALENCIAS EN OTRAS NORMAS

NORMAS	NOMBRE
AISI SAE	1045
DIN	CK45
AFNOR	XC45
UNI	C45
BS	060 A45

Características:

Acero de medio carbono, posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria.

Usos: Por sus características de temple, se tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general de resistencia media, tales como: ejes, cigüeñales, engranajes, piñones, cuñas, tornillos, pernos, pasadores, partes de maquinaria y herramientas agrícolas.



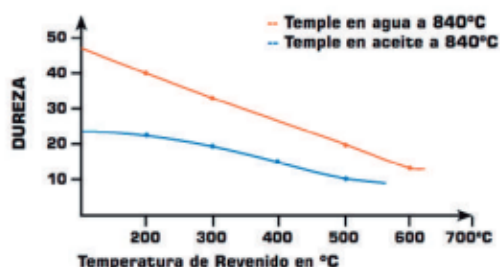
Láminas desde 15.88 mm hasta 300 mm de espesor

Estado de Suministro	Resistencia tracción kg/mm ²	Límite elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza brinell HB
Laminado en Caliente	60	32	> = 16	> = 40	180/220
Calibrado	60	42	> = 16	> = 40	180/220

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
Forja	850/1100	Ceniza o arena
Temple	815/870	Aceite
Normalizado	856/900	Aire
Recocido total	650/700	Horno
Revenido	450/600	Aire

* Tener presente que los tratamientos térmicos modifican las propiedades mecánicas de origen del material.

Diagrama de Revenido



El tiempo de sostenimiento a esta temperatura es de 1 hora + 1 hora por pulgada de espesor o diámetro de la pieza. Posteriormente se enfría en el horno o al aire.

2. ANEXOS (Fichas de patologías)



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES			
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA		REGIONAL:	
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL		01	
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA			
USO: INFRAESTRUCTURA VIAL		PH SUELO:	GRADO:
FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995		TEMPERATURA:	SEVERO:
SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE		HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO: X
SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA		HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:
TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO		PLUVIOSIDAD:	LEVE:
INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007		TIPO DE AMBIENTE:	VEL VIENTO:
APLICACIÓN PATOLOGÍA		CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN	
PEDIÁTRICA		DIRECTA	PRIM. SEC. INDIRECTA
GERIÁTRICA	X	MECÁNICA	PROYECTO X
FORENSE		FÍSICA	EJECUCIÓN
PREVENTIVA		QUÍMICA	MATERIAL
		L.PREVIAS	MANTENIMIENTO
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN			
MANIFESTACIÓN:		ETIOLOGÍA(CAUSA)	
Se identificó una lámina añadida a la placa base de las torres principales, para aumentar el área y poder alojar a los rigidizadores que garantizan la conexión de la placa base con la torre.		Falla en el diseño, y/o en fabricación	
TRASCENDENCIA:		OBSERVACIONES:	
Esta falla puede ocasionar una disminución en la capacidad de la conexión.		Se evidencia que en la añadidura de la placa base se realizó en obra, por la forma en como esta solucionada.	
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:			
Se debe reemplazar la placa auxiliar añadida, por una que cumpla con el espesor de diseño de la placa base, con un adecuado proceso de soldadura			
FOTOGRAFÍAS:			



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES					
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA			REGIONAL:		
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007			PH SUELO: TEMPERATURA: HUMEDAD RELATIVA: HUMEDAD RELATIVA: PLUVIOSIDAD: TIPO DE AMBIENTE:		GRADO: SEVERO: MODERADO: MODERADO: LEVE: VEL.VIENTO:
					02
APLICACIÓN PATOLOGÍA			CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN		
PEDIÁTRICA GERIÁTRICA FORENSE PREVENTIVA	☒ ☐ ☐ ☐	DIRECTA MECÁNICA FÍSICA QUÍMICA PREVIAS	PRIM. ☐ ☐ ☐ ☐	SEC ☐ ☐ ☐ ☐	INDIRECTA PROYECTO EJECUCIÓN MATERIAL MANTENIMIENTO
	X				X
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN					
MANIFESTACIÓN: Se evidencia fallas geométricas en los elementos, como desfases de los agujeros para pernos			ETIOLOGÍA(CAUSA) Falla en el diseño, y/o en fabricación		
TRASCENDENCIA: Esta falla puede ocasionar una disminución en la capacidad de la sección de la viga, problemas de montaje, y reprocesos en obra.			OBSERVACIONES: Se encuentran errores geométricos debido a que los elementos de la estructura no casan, se pueden ver agujeros desfasados y platinas con secciones y espesores diferentes en los empalmes de dichos elementos		
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:					
Se debe recalcular la estructura con un factor de seguridad que incluya la disminución del área efectiva del elemento debido a las perforaciones, y en caso de que el elemento no cumpla con los factores de seguridad necesarios se deberá cambiar dicho elemento.			En caso de requerir cambio del elemento, este se deberá fabricar a la medida, es decir que se deberá realizar un levantamiento del elemento en el sitio para copiar las perforaciones con un buen grado de precisión.		
FOTOGRAFÍAS:					
 					

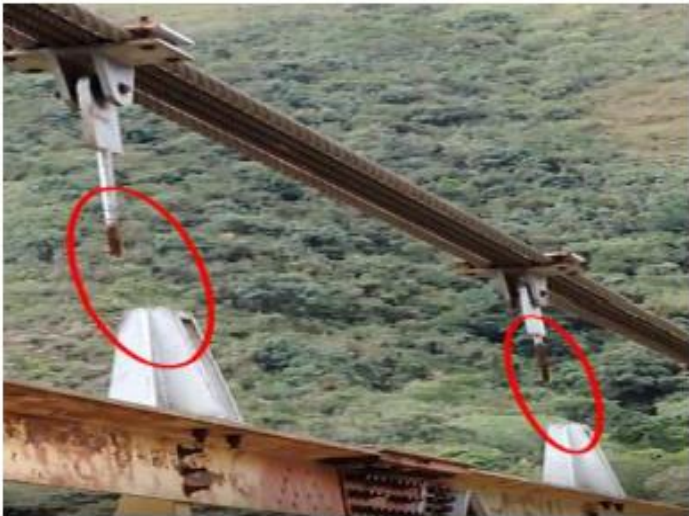


UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES												
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA					REGIONAL:							
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007					03							
					PH SUELO:				GRADO:			
					TEMPERATURA:				SEVERO:			
					HUMEDAD RELATIVA:				MODERADO:		X	
					HUMEDAD RELATIVA:				MODERADO:			
PLUVIOSIDAD:				LEVE:								
TIPO DE AMBIENTE:				VEL.VIENTO.								
CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN												
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN							
PEDIÁTRICA				DIRECTA		PRIM.		SEC		INDIRECTA		
GERIÁTRICA		X		MECÁNICA						PROYECTO		
FORENSE				FÍSICA						EJECUCIÓN		
PREVENTIVA				QUÍMICA						MATERIAL		
				PREVIAS						MANTENIMIENTO		
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN												
MANIFESTACIÓN:					ETIOLOGÍA(CAUSA)							
Una gran cantidad de uniones poseen pernos con una longitud insuficiente					Falla en el diseño, y/o en montaje							
TRASCENDENCIA:					OBSERVACIONES:							
Esta falla puede ocasionar una disminución en la capacidad de la conexión.					El perno debe sobresalir de la tuerca por lo menos dos hilos para garantizar el tipo de unión							
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:												
Se debe remplazar todos los pernos por unos que tengan la longitud adecuada												
FOTOGRAFÍAS:												



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES									
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA					REGIONAL:				
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007					04				
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIÁTRICA					DIRECTA	PRIM.	SEC.	INDIRECTA	
GERIÁTRICA	X				MECÁNICA		X	PROYECTO	
FORENSE					FÍSICA			EJECUCIÓN	
PREVENTIVA					QUÍMICA			MATERIAL	
					PREVIAS			MANTENIMIENTO	
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN									
MANIFESTACIÓN:					ETIOLOGÍA(CAUSA)				
El puente posee pendolones fracturados					Sobre esfuerzo de flexión en el elemento				
TRASCENDENCIA:					OBSERVACIONES:				
Esta es una lesión grave, porque cuando un pendolón falla sobre carga los pendolones mas cercanos, al darles la responsabilidad de asumir toda la carga que le correspondía al pendolón fallado, y es mas critico si la falla es en dos elementos contiguos.					Los pendolones fallados, son los mas cortos, y que por ende tienen menos posibilidad de soportar deflexiones, es usual que los pendolones de un puente colgante sean articulados, pero debido a los herrajes de anclaje del puente, la condición de giro en la punta del pendolón esta restringida.				
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:									
Se deben cambiar los pendolones fallados, pero se les debe proveer de un grado de libertad en sus extremos para prevenir futuras falencias de dicho elemento									
FOTOGRAFÍAS:									
									



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES																	
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA			REGIONAL:														
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">PH SUELO:</td> <td style="width: 50%;">GRADO:</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA:</td> <td>SEVERO:</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA:</td> <td>MODERADO:</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA:</td> <td>MODERADO:</td> </tr> <tr> <td>PLUVIOSIDAD:</td> <td>LEVE:</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE AMBIENTE:</td> <td>VEL.VIENTO:</td> </tr> </table>		PH SUELO:	GRADO:	TEMPERATURA:	SEVERO:	HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:	HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:	PLUVIOSIDAD:	LEVE:	TIPO DE AMBIENTE:	VEL.VIENTO:	05
PH SUELO:	GRADO:																
TEMPERATURA:	SEVERO:																
HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:																
HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:																
PLUVIOSIDAD:	LEVE:																
TIPO DE AMBIENTE:	VEL.VIENTO:																
APLICACIÓN PATOLOGÍA			CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN														
PEDIÁTRICA			DIRECTA	PRIM.	SEC												
GERIÁTRICA	X		MECÁNICA		X												
FORENSE			FÍSICA														
PREVENTIVA			QUÍMICA														
			PREVIAS														
			INDIRECTA														
			PROYECTO														
			EJECUCIÓN														
			MATERIAL														
			MANTENIMIENTO														
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN																	
MANIFESTACIÓN: Se identificó una inclinación de la torre hacia el cauce de río.			ETOLOGÍA(CAUSA) Des tensionamiento de los cables principales														
TRASCENDENCIA: Esta falla puede ocasionar un aumento en los esfuerzos de flexión a los que están sometidas las torres, ya que al sacarlas de su línea vertical se pueden generar efectos de segundo orden, con la consecuente disminución de la capacidad de carga de la torre.			OBSERVACIONES: Se debe realizar un monitoreo de la inclinación de este elemento para descartar que este se siga inclinando.														
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:																	
Se debe recuperar el plomo de las torres, y adicionar un mecanismo de trabe sobre el cable principal que impida que las torres se puedan inclinar nuevamente.																	
FOTOGRAFÍAS:																	
																	



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES																													
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA					REGIONAL:																								
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007					06																								
PH SUELO: TEMPERATURA: HUMEDAD RELATIVA: HUMEDAD RELATIVA: PLUVIOSIDAD: TIPO DE AMBIENTE:					GRADO: SEVERO: MODERADO: <input checked="" type="text"/> X MODERADO: LEVE: VEL.VIENTO:																								
APLICACIÓN PATOLOGÍA					CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN																								
PEDIÁTRICA GERIÁTRICA <input checked="" type="text"/> X FORENSE PREVENTIVA					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">DIRECTA</th> <th style="width: 10%;">PRIM.</th> <th style="width: 10%;">SEC</th> <th style="width: 47%;">INDIRECTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MECÁNICA</td> <td> </td> <td><input checked="" type="text"/> X</td> <td>PROYECTO </td> </tr> <tr> <td>FÍSICA</td> <td> </td> <td> </td> <td>EJECUCIÓN </td> </tr> <tr> <td>QUÍMICA</td> <td> </td> <td> </td> <td>MATERIAL </td> </tr> <tr> <td>PREVIAS</td> <td> </td> <td> </td> <td>MANTENIMIENTO </td> </tr> </tbody> </table>					DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA	MECÁNICA		<input checked="" type="text"/> X	PROYECTO	FÍSICA			EJECUCIÓN	QUÍMICA			MATERIAL	PREVIAS			MANTENIMIENTO
DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA																										
MECÁNICA		<input checked="" type="text"/> X	PROYECTO																										
FÍSICA			EJECUCIÓN																										
QUÍMICA			MATERIAL																										
PREVIAS			MANTENIMIENTO																										
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN																													
MANIFESTACIÓN: Se identifico una contra flecha negativa en el puente					ETOLOGÍA(CAUSA) Di tensionamiento de los cables principales																								
TRASCENDENCIA: Esta falla ocasiona que el puente tenga un movimiento lateral excesivo, y genera una sensación de inseguridad en la estructura					OBSERVACIONES: Se evidencia que en la añadidura de la placa base se realizó en obra, por la forma en como esta solucionada.																								
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:																													
Se debe recuperar la contra flecha del puente, ya sea tensionando los cables principales, a realizando una corrección en la longitud de los pendolones.																													
FOTOGRAFÍAS:																													



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES									
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA				REGIONAL:					
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIÓNES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007				07					
PH SUELO:						GRADO:			
TEMPERATURA:						SEVERO:		X	
HUMEDAD RELATIVA:						MODERADO:			
HUMEDAD RELATIVA:						MODERADO:			
PLUVIOSIDAD:						LEVE:			
TIPO DE AMBIENTE:						VEL VIENTO:			
APLICACIÓN PATOLOGÍA				CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN					
PEDIÁTRICA				DIRECTA	PRIM.	SEC.	INDIRECTA		
GERIÁTRICA	X			MECÁNICA			PROYECTO	X	
FORENSE				FÍSICA			EJECUCIÓN		
PREVENTIVA				QUÍMICA			MATERIAL		
				PREVIAS			MANTENIMIENTO		
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN									
MANIFESTACIÓN:				ETOLOGÍA(CAUSA)					
Se identifico pernos sueltos y faltantes en varias de las conexiones del puente				Vibración excesiva del puente					
TRASCENDENCIA:				OBSERVACIONES:					
Esta falla puede ocasionar un colapso de la estructura al disminuir la capacidad de la conexión para soportar las cargas de uso del puente.				Se evidencia la falta de mantenimiento a la que ha estado expuesta la estructura.					
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:									
Se deben remplazar los pernos faltantes y ajustar todos los pernos que están sueltos									
FOTOGRAFÍAS:									
									



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES																													
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA			REGIONAL:																										
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">PH SUELO:</td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">GRADO:</td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA:</td> <td></td> <td>SEVERO:</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA:</td> <td></td> <td>MODERADO:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA:</td> <td></td> <td>MODERADO:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PLUVIOSIDAD:</td> <td></td> <td>LEVE:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TIPO DE AMBIENTE:</td> <td></td> <td>VEL.VIENTO:</td> <td></td> </tr> </table>			PH SUELO:		GRADO:		TEMPERATURA:		SEVERO:	X	HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:		HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:		PLUVIOSIDAD:		LEVE:		TIPO DE AMBIENTE:		VEL.VIENTO:	
PH SUELO:		GRADO:																											
TEMPERATURA:		SEVERO:	X																										
HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:																											
HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:																											
PLUVIOSIDAD:		LEVE:																											
TIPO DE AMBIENTE:		VEL.VIENTO:																											
APLICACIÓN PATOLOGÍA			CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN																										
PEDIÁTRICA GERIÁTRICA FORENSE PREVENTIVA	☒ ☐ ☐ ☐	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">DIRECTA</td> <td style="width: 33%;">PRIM.</td> <td style="width: 33%;">SEC</td> <td style="width: 33%;">INDIRECTA</td> </tr> <tr> <td>MECÁNICA</td> <td></td> <td></td> <td>PROYECTO</td> </tr> <tr> <td>FÍSICA</td> <td></td> <td></td> <td>EJECUCIÓN</td> </tr> <tr> <td>QUÍMICA</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> <td>MATERIAL</td> </tr> <tr> <td>PREVIAS</td> <td></td> <td></td> <td>MANTENIMIENTO</td> </tr> </table>	DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA	MECÁNICA			PROYECTO	FÍSICA			EJECUCIÓN	QUÍMICA	X		MATERIAL	PREVIAS			MANTENIMIENTO							
DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA																										
MECÁNICA			PROYECTO																										
FÍSICA			EJECUCIÓN																										
QUÍMICA	X		MATERIAL																										
PREVIAS			MANTENIMIENTO																										
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN																													
MANIFESTACIÓN: Se identifico elementos con alto grado de corrosión		ETOLOGÍA(CAUSA) Falta de mantenimiento y protección, por tratarse de elementos que se encuentran cerca a una zona con vegetación																											
TRASCENDENCIA: Esta falla puede ocasionar una disminución en la capacidad del elemento, y por ende en la capacidad de la estructura para poder resistir las cargas de diseño.		OBSERVACIONES: Se evidencia que en la añadidura de la placa base se realizó en obra, por la forma en como esta solucionada.																											
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:																													
Se debe realizar una limpieza adecuada de todos los elementos, y su posterior protección con una pintura adecuada, además se debe evaluar el grado de afectación del elemento para determinar si este debe ser remplazado.			Se debe eliminar toda la vegetación en el ares de los apoyos del puente, y reemplazar el suelo por un material inerte que prevenga la aparición de vegetación en el futuro																										
FOTOGRAFÍAS:																													
																													



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES																	
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA			REGIONAL:														
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">PH SUELO:</td> <td style="width: 50%;">GRADO:</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA:</td> <td>SEVERO:</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA:</td> <td>MODERADO:</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA:</td> <td>MODERADO:</td> </tr> <tr> <td>PLUVIOSIDAD:</td> <td>LEVE:</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE AMBIENTE:</td> <td>VEL.VIENTO:</td> </tr> </table>		PH SUELO:	GRADO:	TEMPERATURA:	SEVERO:	HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:	HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:	PLUVIOSIDAD:	LEVE:	TIPO DE AMBIENTE:	VEL.VIENTO:	09
PH SUELO:	GRADO:																
TEMPERATURA:	SEVERO:																
HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:																
HUMEDAD RELATIVA:	MODERADO:																
PLUVIOSIDAD:	LEVE:																
TIPO DE AMBIENTE:	VEL.VIENTO:																
APLICACIÓN PATOLOGÍA			CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN														
PEDIÁTRICA	☐	DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA												
GERIÁTRICA	☒	MECÁNICA	☐	☐	PROYECTO												
FORENSE	☐	FÍSICA	☒	☐	EJECUCIÓN												
PREVENTIVA	☐	QUÍMICA	☐	☐	MATERIAL												
	☐	PREVIAS	☐	☐	MANTENIMIENTO												
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN																	
MANIFESTACIÓN: Se identifico elementos del tablero en madera con un alto grado de deterioro, y algunos elementos faltantes del tablero.			ETOLOGÍA(CAUSA) Falta de mantenimiento, y exposición a la intemperie														
TRASCENDENCIA: Esta falla puede ocasionar un accidente para los peatones y las motos que transitan por el puente, y agravan la condición del puente.			OBSERVACIONES: La falta de algunos elementos del tablero, aumenta la vibración excesiva del puente al generar un golpeteo de los vehículos pesados al transitar por estos espacios con baches.														
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:																	
Se debe reemplazar los elementos del tablero que se encuentran deteriorados y recuperar los faltantes																	
FOTOGRAFÍAS:																	
																	



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES						
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA			REGIONAL:			
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007					10	
			PH SUELO:		GRADO:	
			TEMPERATURA:		SEVERO:	X
			HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:	
			HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:	
			PLUVIOSIDAD:		LEVE:	
			TIPO DE AMBIENTE:		VEL VIENTO:	
APLICACIÓN PATOLOGÍA						
PEDIÁTRICA			CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN			
GERIÁTRICA	X		DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA
FORENSE			MECÁNICA			PROYECTO
PREVENTIVA			FÍSICA		X	EJECUCIÓN
			QUÍMICA			MATERIAL
			PREVIAS			MANTENIMIENTO
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN						
MANIFESTACIÓN:			ETOLOGÍA(CAUSA)			
Se identificó una deflexión excesiva de algunos pendolones			El pandonor no posee una articulación que le permita disipar los momentos que se generan por el movimiento del puente.			
TRASCENDENCIA:			OBSERVACIONES:			
Esta falla puede ocasionar una ruptura del pendolón, o que este alcance un grado de deformación tal que no se pueda recuperar.			Se evidencia que este fenómeno afecta mas a los pendolones cortos, que no poseen una longitud suficiente para absorber la deformación. efecto similar al de columna corta.			
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:						
Se debe articular al pendolón en su extremo inferior.						
FOTOGRAFÍAS:						
						



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES							
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA			REGIONAL:				
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL			11				
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA							
USO: INFRAESTRUCTURA VIAL			PH SUELO:				
FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995			TEMPERATURA:				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE			HUMEDAD RELATIVA:				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA			HUMEDAD RELATIVA:				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO			PLUVIOSIDAD:				
INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007			TIPO DE AMBIENTE:				
APLICACIÓN PATOLOGÍA			CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIÁTRICA			DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA	
GERIÁTRICA	X		MECÁNICA		X	PROYECTO	X
FORENSE			FÍSICA			EJECUCIÓN	
PREVENTIVA			QUÍMICA			MATERIAL	
			PREVIAS			MANTENIMIENTO	
REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA LESIÓN							
MANIFESTACIÓN:				ETOLOGÍA(CAUSA)			
Se identifico la perdida de algunos pendolones				No es claro si el elemento se perdió después del montaje, o no fue colocado inicialmente, ya que no se aprecia evidencia que el pendolón halla fallado.			
TRASCENDENCIA:				OBSERVACIONES:			
Esta falla puede ocasionar una disminución en la capacidad de carga del puente, ya que la carga que este pendolón debía resistir, se le transmite al siguiente juego de pendolones, por lo que estos últimos quedaran con una sobrecarga.				Este pendolón es el más largo, y el que se ubica mas cercano a las torres principales.			
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:							
Se debe remplazar el pendolón faltante							
FOTOGRAFÍAS:							
							



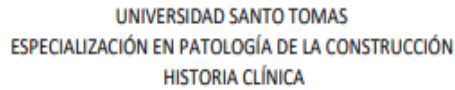
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES							
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA			REGIONAL:				
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007					12		
			PH SUELO:		GRADO:		
			TEMPERATURA:		SEVERO:	X	
			HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:		
			HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:		
			PLUVIOSIDAD:		LEVE:		
			TIPO DE AMBIENTE:		VEL.VIENTO:		
APLICACIÓN PATOLOGÍA			CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN				
PEDIÁTRICA			DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA	
GERIÁTRICA	X		MECÁNICA			PROYECTO	X
FORENSE			FÍSICA			EJECUCIÓN	
PREVENTIVA			QUÍMICA			MATERIAL	
			PREVIAS			MANTENIMIENTO	
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN							
MANIFESTACIÓN:			ETOLOGÍA(CAUSA)				
Se identificaron algunos elementos de unión fallados, lo que indica que dichos elementos han tenido una sobre carga que supera su capacidad			Sobre carga de la estructura				
TRASCENDENCIA:			OBSERVACIONES:				
Esta falla puede ocasionar una disminución en la capacidad de la conexión.							
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:							
Se debe realizar un calculo para determinar si los esfuerzos generados en la conexión superan los resistidos por el elemento, de ser así se deberá reemplazar por un elemento de conexión que resista dichos esfuerzos							
FOTOGRAFÍAS:							
							

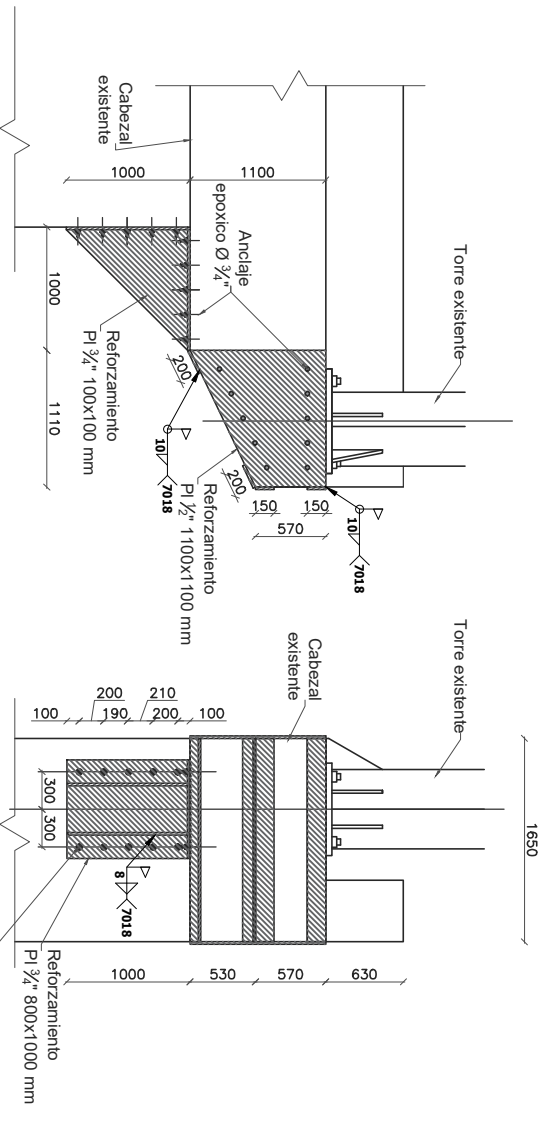


UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
HISTORIA CLÍNICA

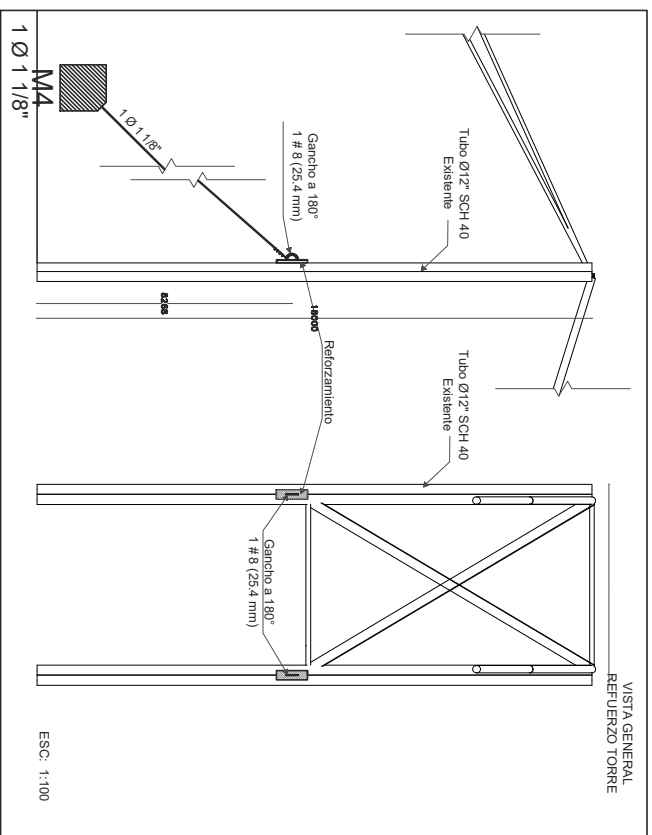
CLASIFICACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS LESIONES																													
REALIZA EL ESTUDIO: WILLIAM HINCAPIÉ, ÁLVARO ACOSTA			REGIONAL:																										
NOMBRE: PUENTE EL NARANJAL LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE PÁEZ CAUCA USO: INFRAESTRUCTURA VIAL FECHA DE CONSTRUCCIÓN: 1995 SISTEMA CONSTRUCTIVO: PUENTE COLGANTE SISTEMA CONSTRUCTIVO: ESTRUCTURA METÁLICA TÉCNICA CONSTRUCTIVA: PUENTE LANZADO INTERVENCIONES PREVIAS: MANTENIMIENTO CORRECTIVO 2007			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">PH SUELO:</td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">GRADO:</td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA:</td> <td></td> <td>SEVERO:</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA:</td> <td></td> <td>MODERADO:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD RELATIVA:</td> <td></td> <td>MODERADO:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PLUVIOSIDAD:</td> <td></td> <td>LEVE:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TIPO DE AMBIENTE:</td> <td></td> <td>VEL.VIENTO:</td> <td></td> </tr> </table>			PH SUELO:		GRADO:		TEMPERATURA:		SEVERO:	X	HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:		HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:		PLUVIOSIDAD:		LEVE:		TIPO DE AMBIENTE:		VEL.VIENTO:	
PH SUELO:		GRADO:																											
TEMPERATURA:		SEVERO:	X																										
HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:																											
HUMEDAD RELATIVA:		MODERADO:																											
PLUVIOSIDAD:		LEVE:																											
TIPO DE AMBIENTE:		VEL.VIENTO:																											
APLICACIÓN PATOLOGÍA			CLASIFICACIÓN DE LA LESIÓN																										
PEDIÁTRICA		DIRECTA	PRIM.	SEC	INDIRECTA																								
GERIÁTRICA	X	MECÁNICA			PROYECTO																								
FORENSE		FÍSICA			EJECUCIÓN																								
PREVENTIVA		QUÍMICA			MATERIAL																								
		PREVIAS			MANTENIMIENTO																								
					X																								
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA LESIÓN																													
MANIFESTACIÓN: Se identificaron algunos elementos sueltos			ETOLOGÍA(CAUSA) Falta de mantenimiento, y excesiva vibración del puente																										
TRASCENDENCIA: Esta falla puede ocasionar una disminución en la capacidad de la estructura.			OBSERVACIONES: Se evidencia la falta de mantenimiento de la estructura																										
SOLUCIONES ALTERNATIVAS:																													
Se deben ajustar los elementos sueltos, y prevenir las condiciones que generan la vibración excesiva del puente																													
FOTOGRAFÍAS:																													
																													



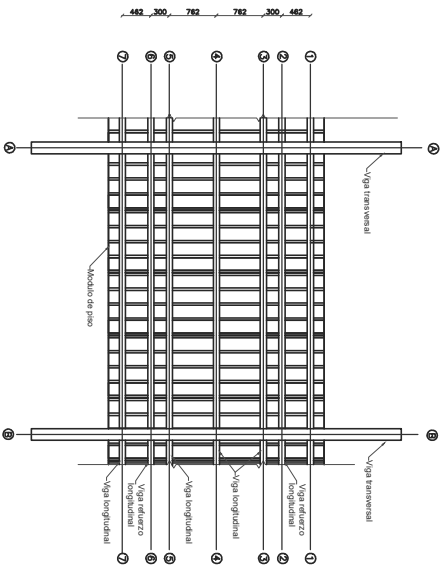
ANEXO 3



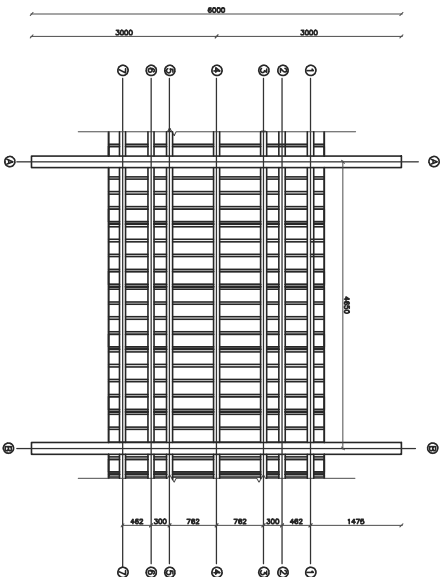
CANT. 72 ml ESC 1:25



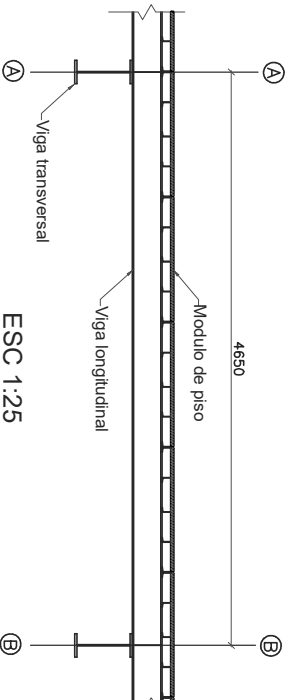
CANT. 72 ml
ESC 1:25



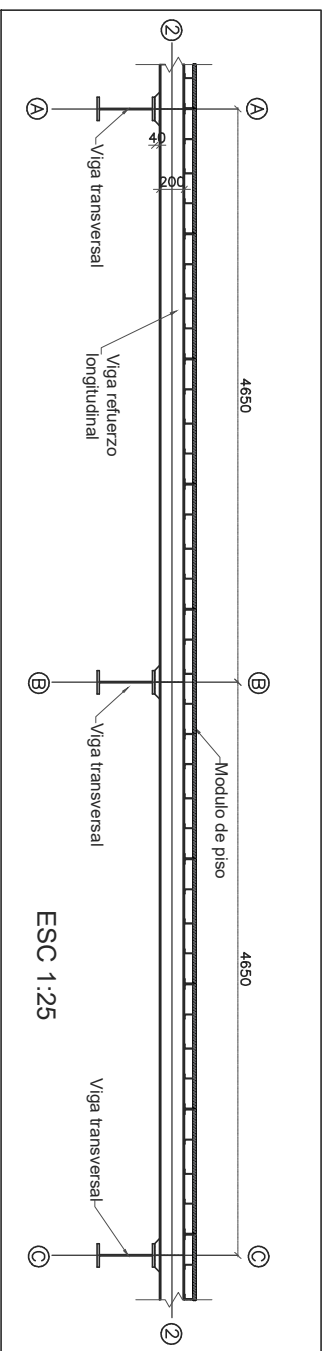
ESQUEMA REFUERZO VIGAS LONGITUDINALES.
ELEMENTOS
CANT. 140 und.
ESC 1:50



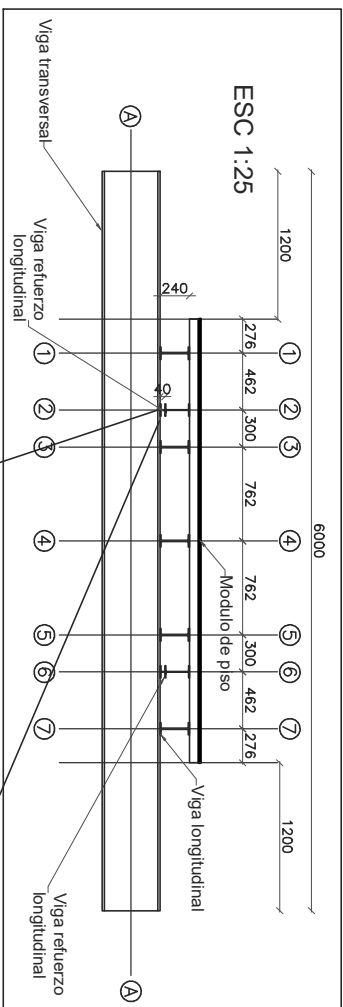
ESQUEMA REFUERZO VIGAS LONGITUDINALES.
DIMENSIONES
CANT. 140 und.
ESC 1:50



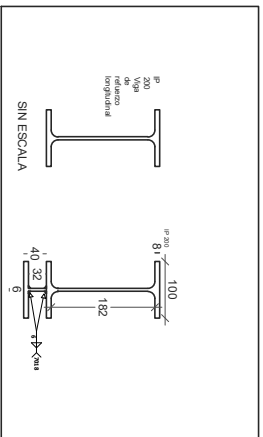
ESC 1:25



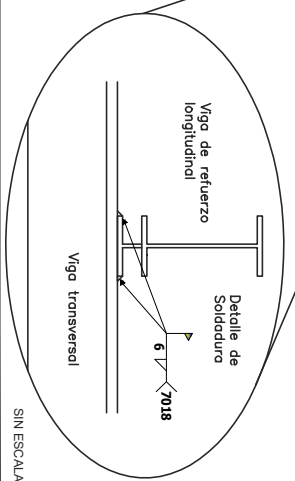
ESC 1:25



ESC 1:25



SIN ESCALA



SIN ESCALA



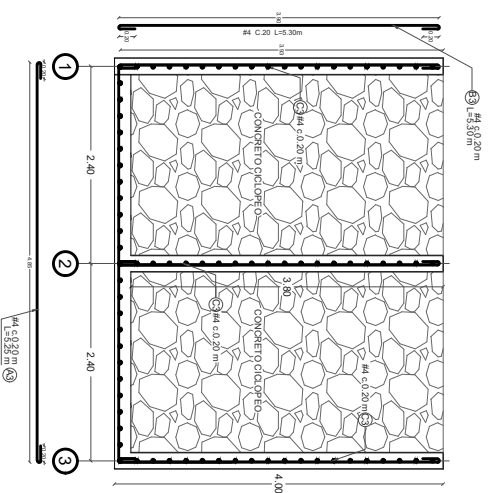
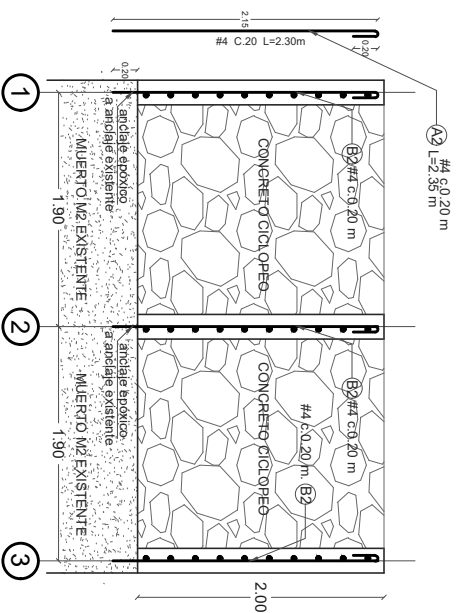
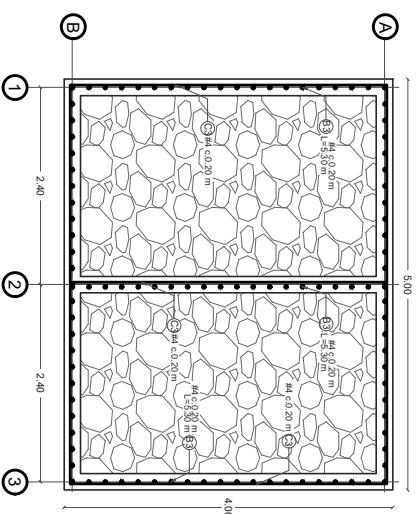
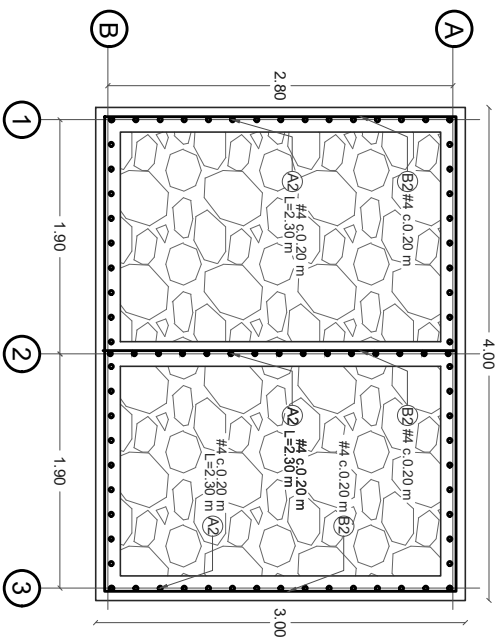
UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN
DE PATOLOGÍA
EN CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:
REFORZAMIENTO PUENTE EL
NARANJAL
RELACION: DISEÑO/ANÁLISIS/CONSTRUCCIÓN

CONTENIDO:
ESQUEMAS GENERALES DE
REFORZAMIENTO

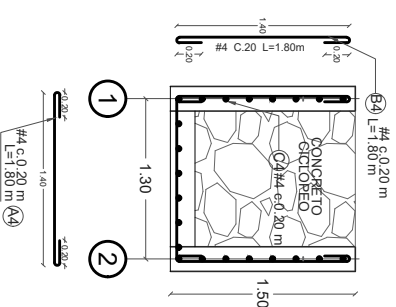
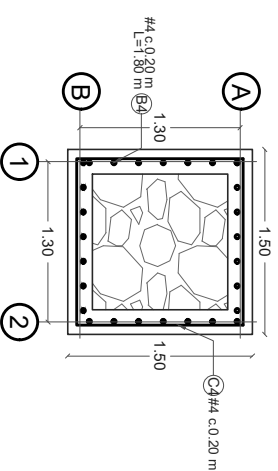
DISEÑO:

ESCALA:
INDICADAS
FECHA:
JUNIO DE 2023
FOLIO N.º:
53 DE 15



MUERTO M2
CONTRAPESO MACIZO DE ANCLAJE
CABLE Ø 2 1/8"
ESC: 1:20

MUERTO M3
CONTRAPESO MACIZO DE ANCLAJE
CABLE Ø 2"
ESC: 1:25



MUERTO M4
CONTRAPESO MACIZO DE ANCLAJE
CABLE Ø 1 1/8"
ESC: 1:20



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN
DE PATOLOGÍA
EN CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:

REFORZAMIENTO PUENTE L
NARANJAL

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO DE CAQUETA

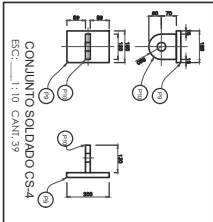
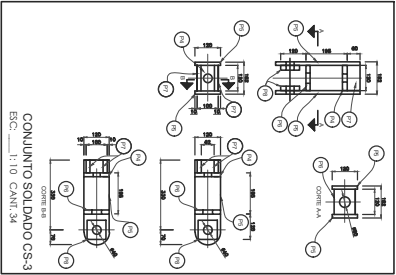
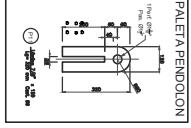
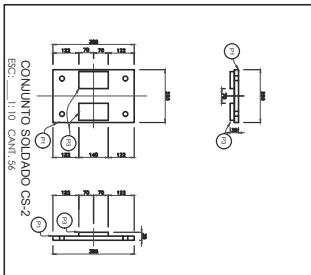
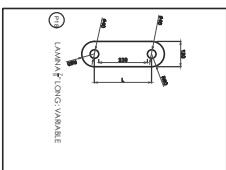
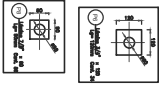
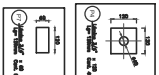
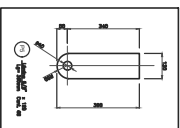
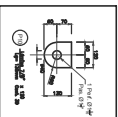
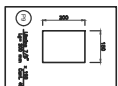
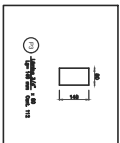
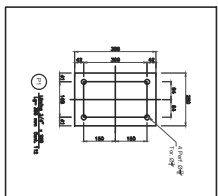
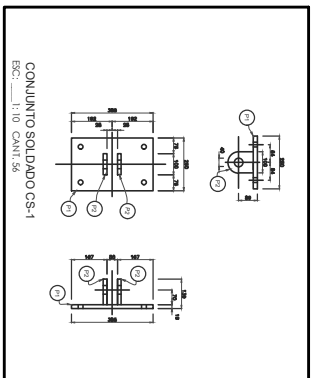
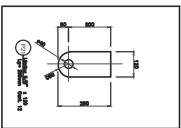
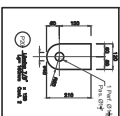
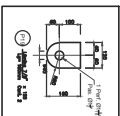
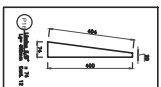
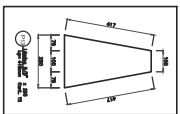
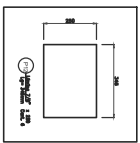
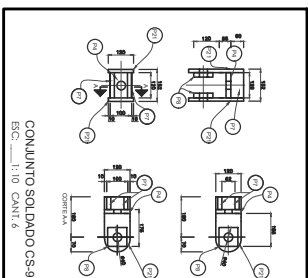
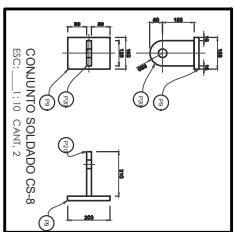
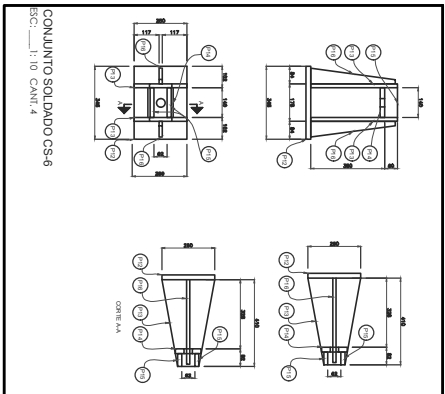
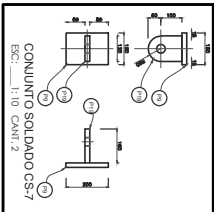
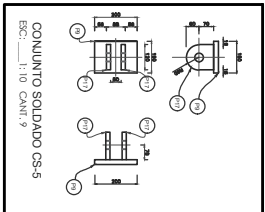
CONTIENE:

CIENZIACIÓN DE MUERTOS

DETALLE:

VER:

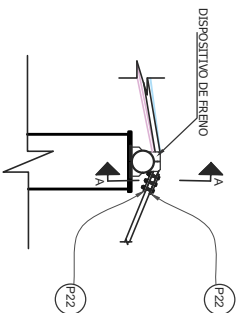
ESCALA: INDICADAS JUNIO DE 2023 E4/E15



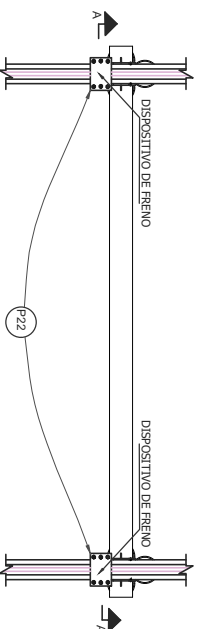
PROYECTO:
REFORMA DEL PUENTE EL MANABALÁ
DEL A.C.O.S.T. DEPARTAMENTO DE CALIMA

CONTEXTO:
PROCESO DE SOLDADURA EN REFORZAMIENTO DE ANCLAJES

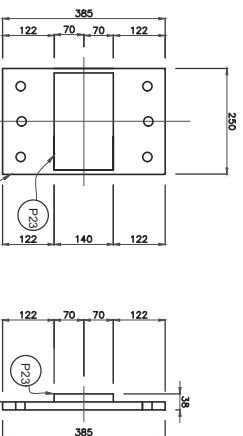
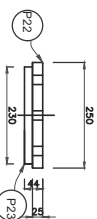
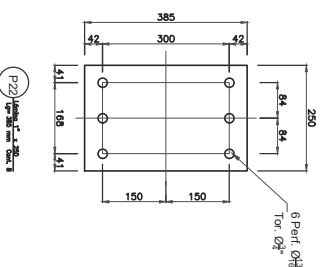
FECHA: JUNIO DE 2020
DISEÑADO: WCH
REVISADO: EJE/15



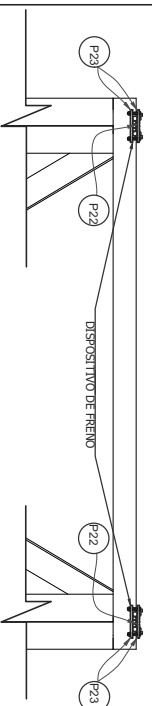
VISTA LATERAL



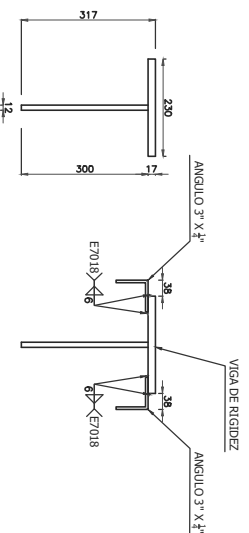
VISTA EN PLANTA



CONJUNTO ARMADO CA-1
ESC: 1:10 CANT. 4



COTE A-A



REFORZAMIENTO VIGA DE RIGIDEZ SUPERIOR
ESC: 1:10



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN
EN CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:
REFORZAMIENTO PUENTE EL
MADRAL

REALIZACIÓN: DEPARTAMENTO DE CALIDAD

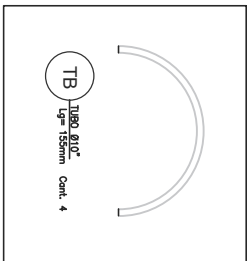
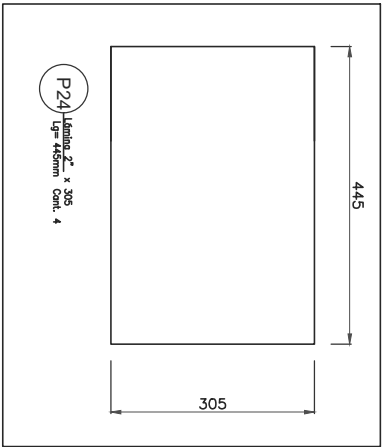
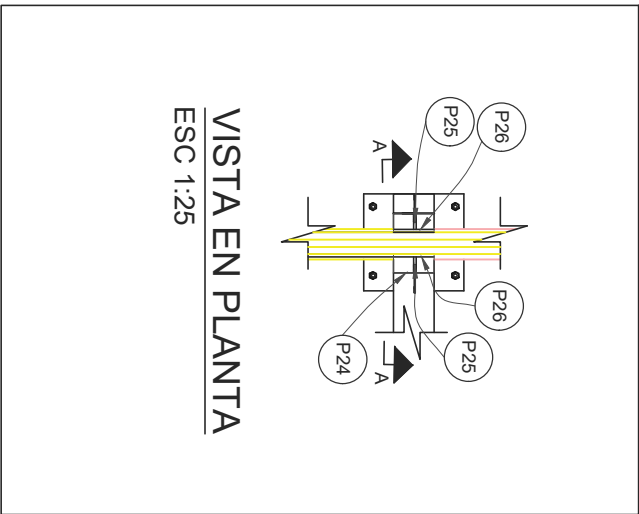
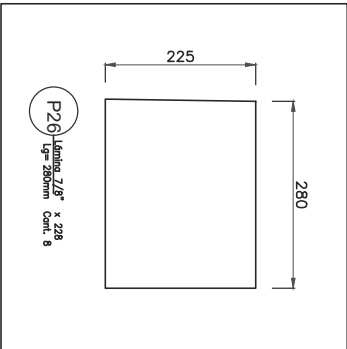
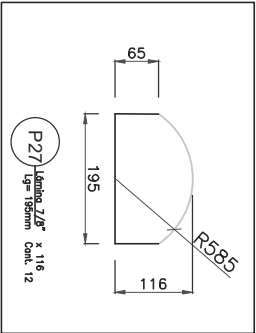
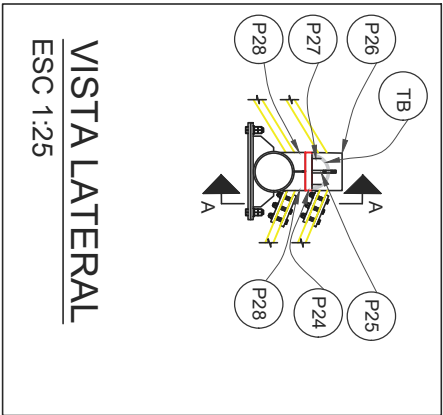
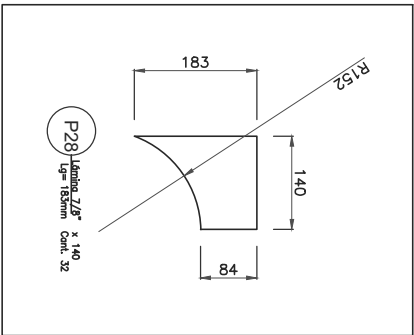
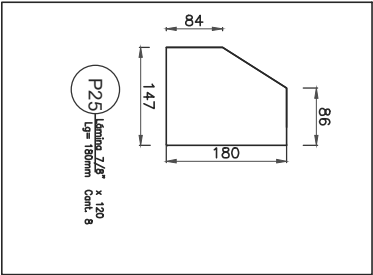
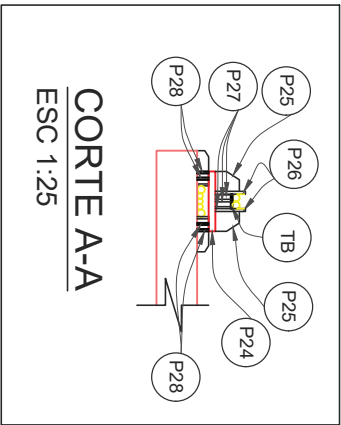
CONTEXTO:

INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO
DE FRENO Y REFORZAMIENTO VIGA
DE RIGIDEZ SUPERIOR

DISEÑO:

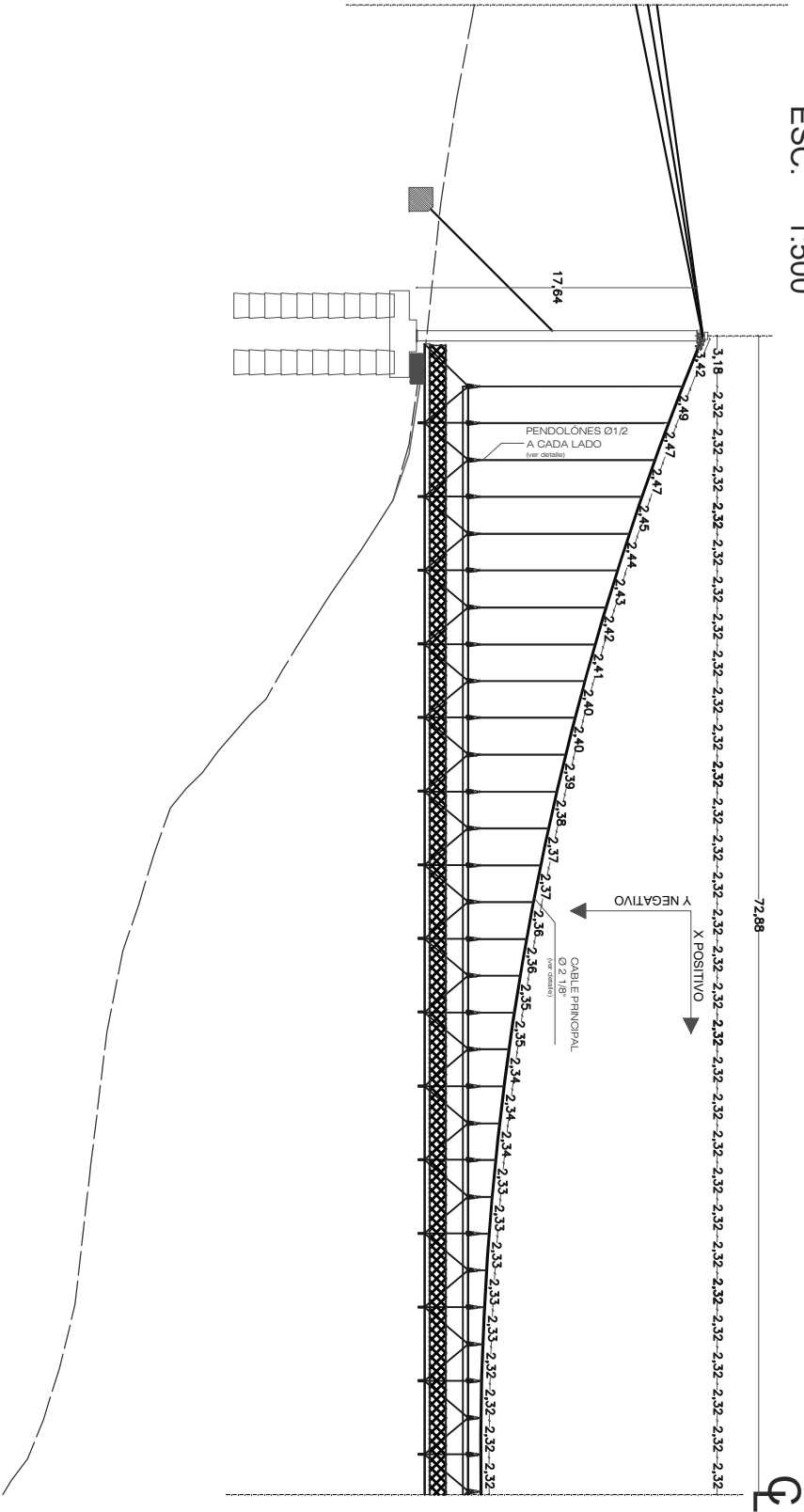
WCH

ESCALA: FECHA: JUNIO DE 2023 FOLIOS: 7/19



Abscisa	0.00	2.33	4.65	6.98	9.30	11.63	13.95	16.28	18.60	20.93	23.25	25.58	27.90	30.23	32.55	34.88	37.20	39.53	41.85	44.18	46.50	48.83	51.15	53.48	55.80	58.13	60.45	62.78	65.10	67.43	69.75
Cota viga de rigidez	0.00	-0.93	-1.84	-2.70	-3.54	-4.34	-5.11	-5.85	-6.55	-7.23	-7.87	-8.48	-9.05	-9.60	-10.11	-10.59	-11.04	-11.46	-11.85	-12.21	-12.53	-12.83	-13.09	-13.32	-13.52	-13.69	-13.83	-13.94	-14.02	-14.06	-14.08
Longitud del pendón	14.08	13.15	12.24	11.38	10.54	9.74	8.97	8.23	7.53	6.85	6.21	5.60	5.03	4.48	3.97	3.49	3.03	2.62	2.23	1.87	1.55	1.25	0.99	0.76	0.56	0.39	0.25	0.14	0.06	0.02	0.00

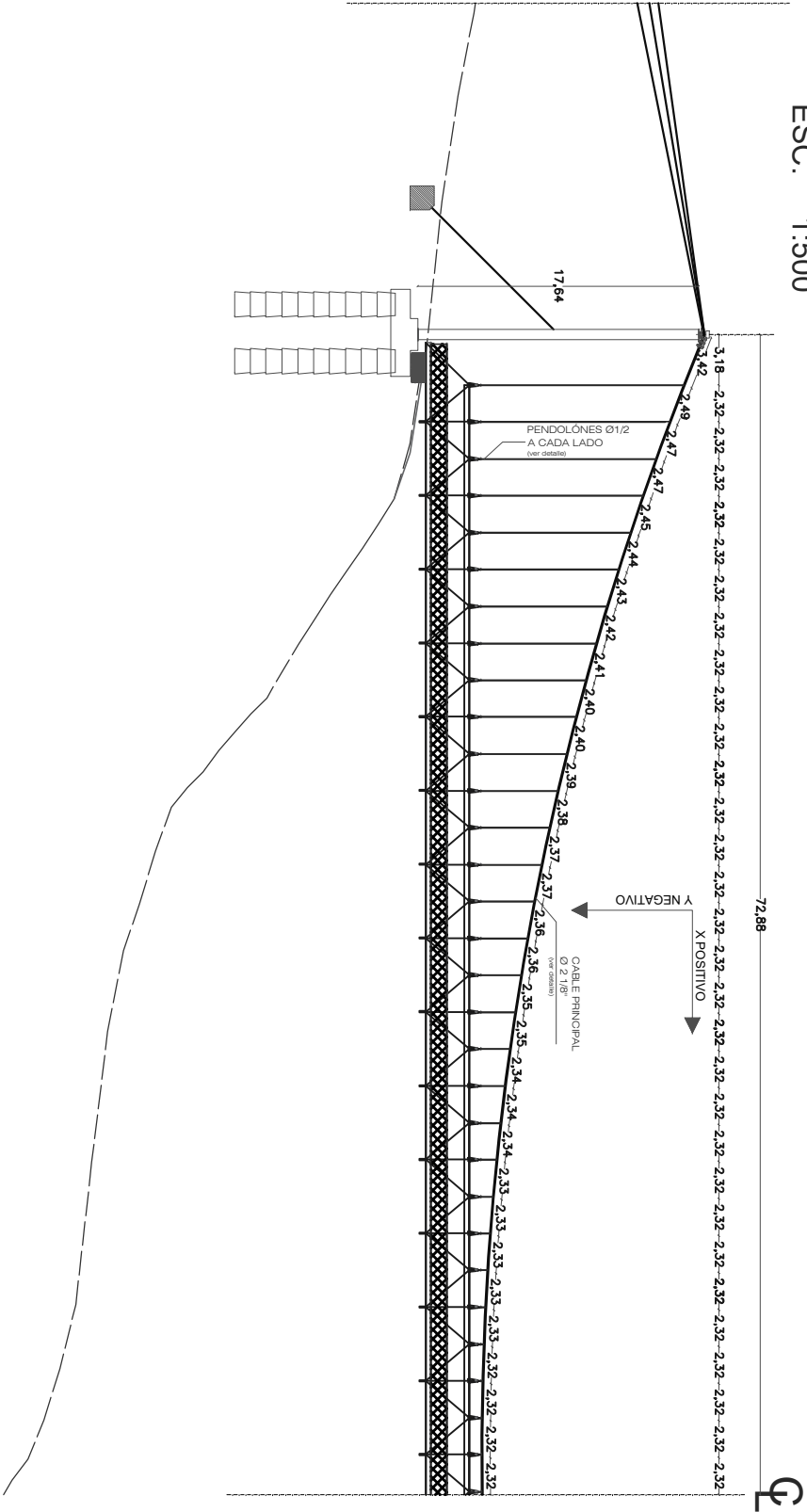
ALZADO PUENTE EJE 1 ESC. 1:500



Abscisa	0.00	2.33	4.65	6.98	9.30	11.63	13.95	16.28	18.60	20.93	23.25	25.58	27.90	30.23	32.55	34.88	37.20	39.53	41.85	44.18	46.50	48.83	51.15	53.48	55.80	58.13	60.45	62.78	65.10	67.43	69.75
Cota viga de rigidez	0.00	-0.92	-1.80	-2.65	-3.47	-4.26	-5.01	-5.74	-6.43	-7.09	-7.71	-8.31	-8.88	-9.41	-9.92	-10.39	-10.83	-11.24	-11.62	-11.97	-12.29	-12.58	-12.84	-13.06	-13.26	-13.43	-13.56	-13.67	-13.75	-13.79	-13.81
Longitud del pendolon	14.08	13.16	12.28	11.43	10.61	9.82	9.07	8.34	7.65	6.99	6.36	5.77	5.20	4.67	4.16	3.69	3.25	2.84	2.46	2.11	1.79	1.50	1.24	1.02	0.82	0.65	0.52	0.41	0.33	0.29	0.27

ALZADO PUENTE EJE 2

ESC. 1:500





UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS

ESPECIALIZACIÓN
EN CONSTRUCCIÓN

EN CONSTRUCCIÓN

PROYECTO

REFORMA DEL PUENTE EL
MANANAL

RELACION DE MATERIALES Y EQUIPOS

CONTENIDO

COTAS PENDOLONES

FECHA

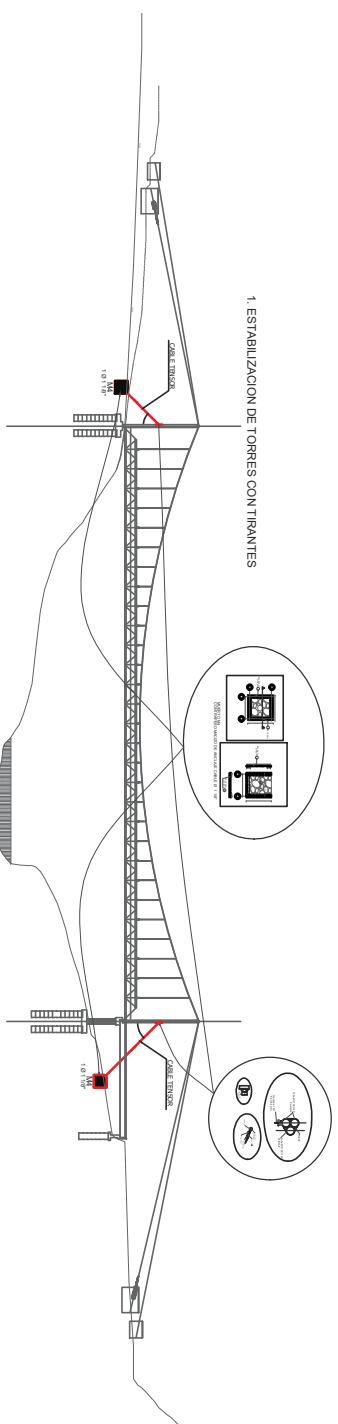
15 DE ABRIL DE 2023

FECHA

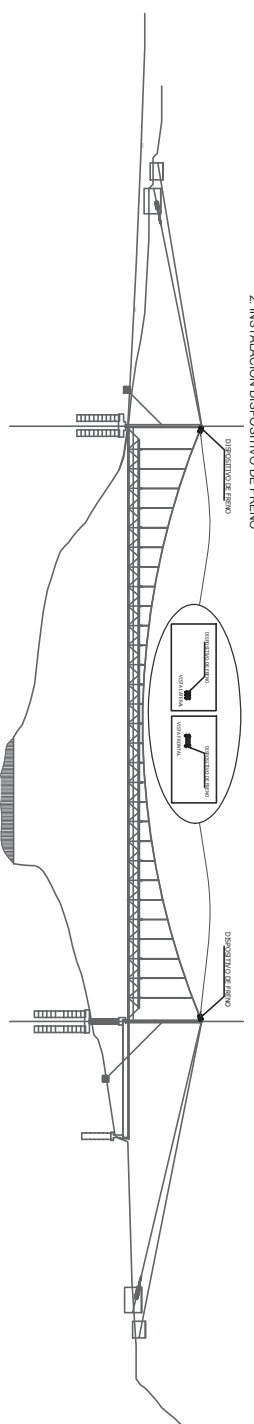
15 DE ABRIL DE 2023

FECHA

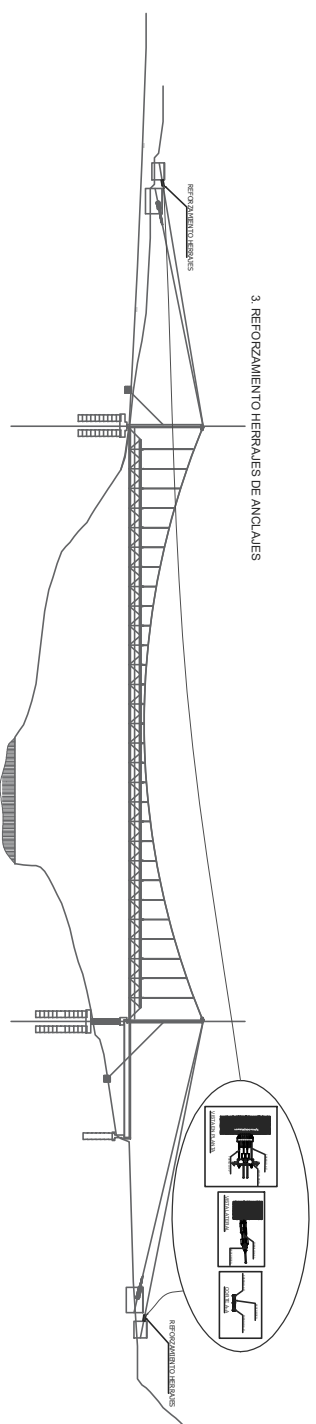
15 DE ABRIL DE 2023



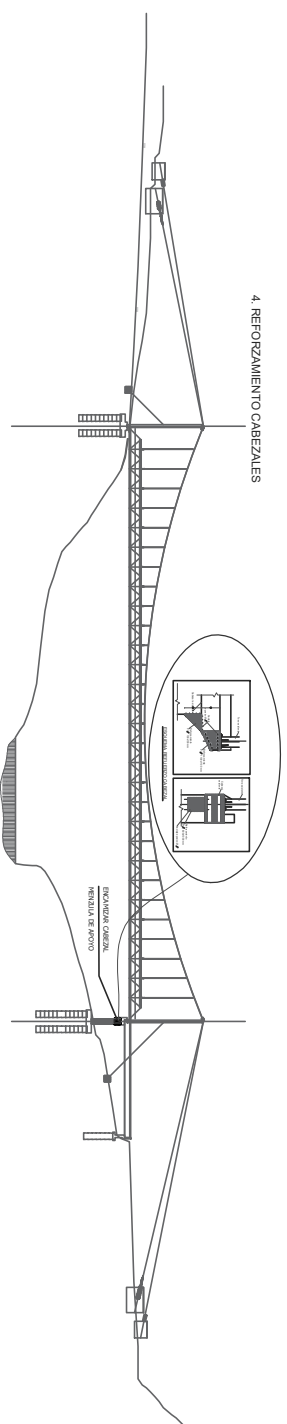
1. ESTABILIZACION DE TORRES CON TIRANTES
 - 1.1 SOLDAR HERRAJE PARA ANCLAJE DE TIRANTE A TORRE (VER PLANO #2).
 - 1.2 FINDER MACIZO DE ANCLAJE PARA TIRANTE A TORRE (VER PLANO #2).
 - 1.3 INSTALAR Y TENSIONAR CABLE TENSOR PARA ESTABILIZAR TORRE (VER PLANO #2).



2. INSTALACION DISPOSITIVO DE FRENO
- 2.1 INSTALAR DISPOSITIVO DE FRENO PARA PREVENIR INCLINACIONES ADICIONALES EN LOS TORRES (VER PLANO # 7)



3. REFORZAMIENTO HERRAJES DE ANCLAJES
- 3.1 INSTALAR DISPOSITIVO DE HERRAJE PARA REFORZAMIENTO DE ANCLAJES EN MACIZOS M2 (VER PLANO # 4).



- #### 4.1 INSTALAR MENSULA DE APOYO (VER PLANO #2)



**ESPECIALIZACIÓN
DE PATOLOGÍA
EN CONSTRUCCIÓN**

PROVE IT

REFORMAMIENTO PUENTE EL
NARANJAL

AZAFRÍ - DEPARTAMENT DE DIL. CAUCAS

CONTINUE

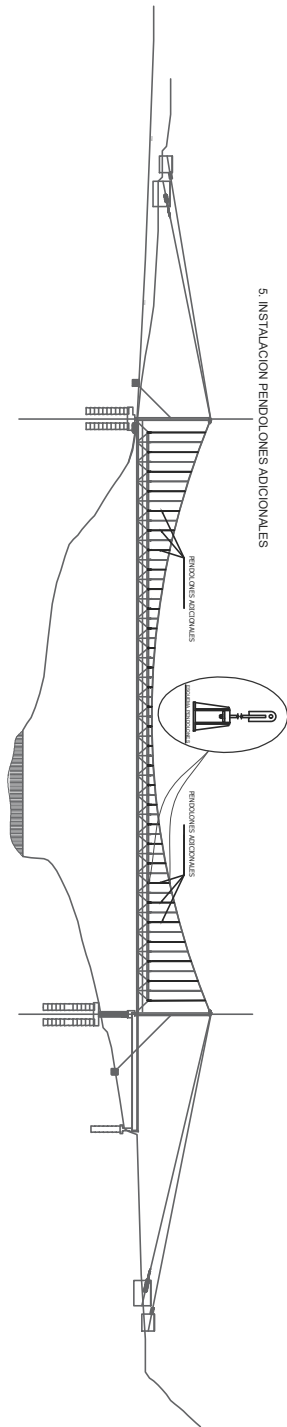
PROCESO CONSTRUCTIVO

DIGITAL

WDC

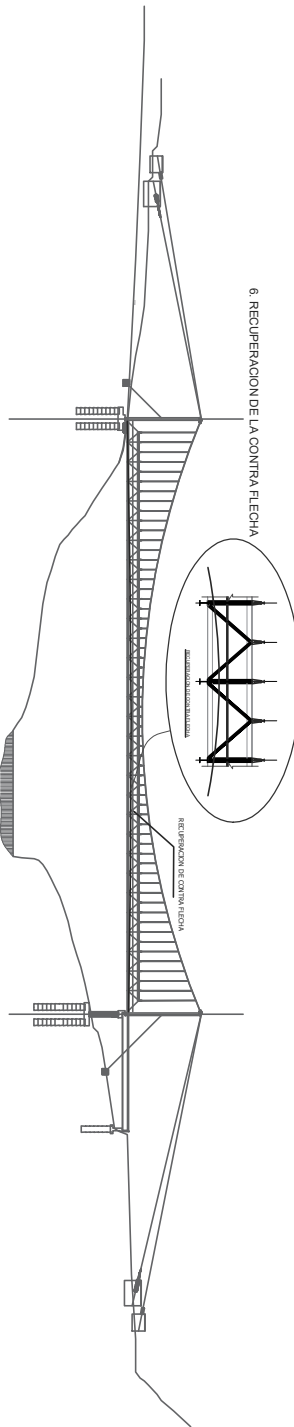
ESCALA INDICADAS	FECHA JUNIO DE 2023	PLANO No. E11/E15
---------------------	------------------------	----------------------

5. INSTALACION PENDULONES ADICIONALES



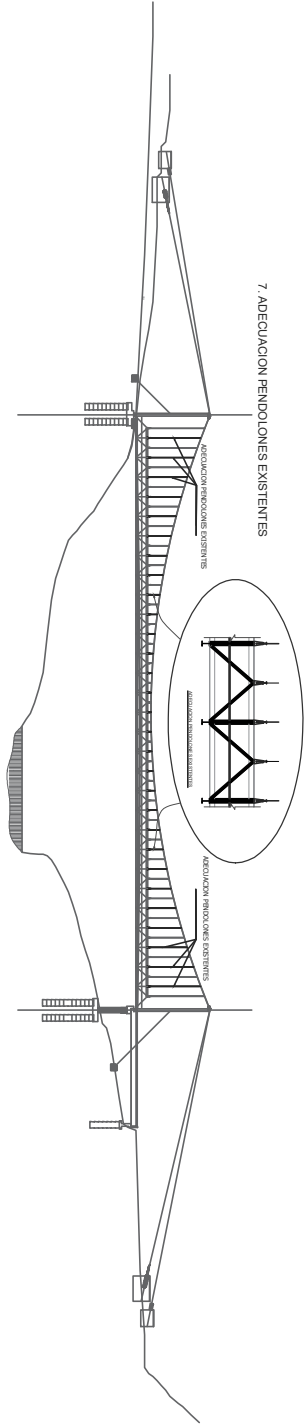
5. INSTALACION PENDULONES ADICIONALES
5.1 INSTALACION PENDULONES NUEVOS (VER PLANO 5)

6. RECUPERACION DE LA CONTRA FLECHA



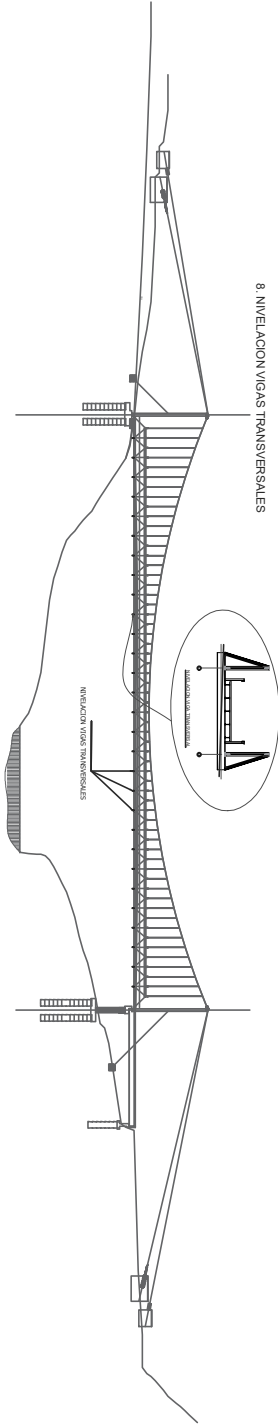
6. RECUPERACION DE CONTRA FLECHA
6.1 RECUPERACION DE CONTRA FLECHA UTILIZANDO LOS PENDULONES
NUEVOS

7. ADECUACION PENDULONES EXISTENTES



7. ADECUACION PENDULONES EXISTENTES
7.1 ADECUACION DE PENDULONES EXISTENTES A NUEVA POSICION DEL TABLERO
DEBIDO A LA RECUPERACION DE CONTRA FLECHA

8. NIVELACION VIGAS TRANSVERSALES



8. NIVELACION VIGAS TRANSVERSALES
8.1 NIVELACION VIGAS TRANSVERSALES UTILIZANDO PENDULONES NUEVOS
Y EXISTENTES

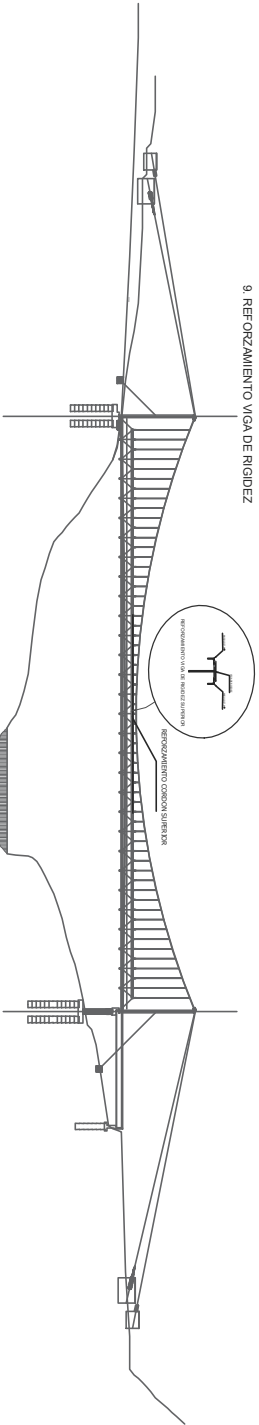


UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS

ESPECIALIZACION
EN INGENIERIA CIVIL
EN CONSTRUCCION

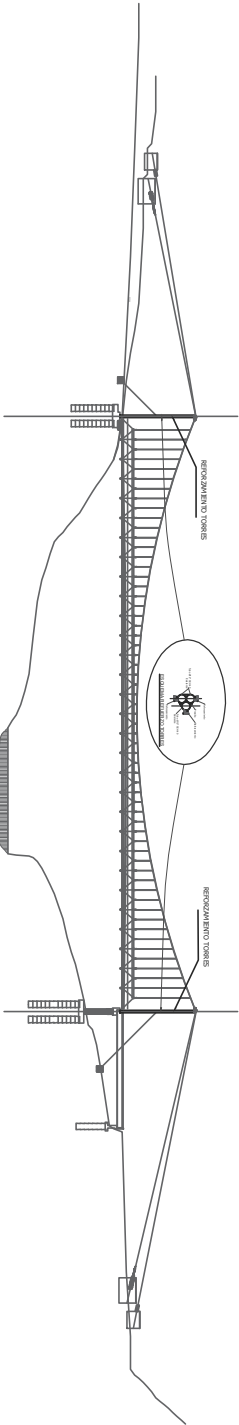
PROYECTO	
REFORTALECIMIENTO PUENTE EL MANUEL	
REVISADO Y APROBADO POR: DISEÑO	
CONTENIDO	
PROCESO CONSTRUCTIVO	
DISEÑO	
MAY	
FECHA	PLAZA
INDICADOR	INDICADOR
JUNIO DE 2023	EZEIS

9. REFORZAMIENTO VIGA DE RIGIDEZ



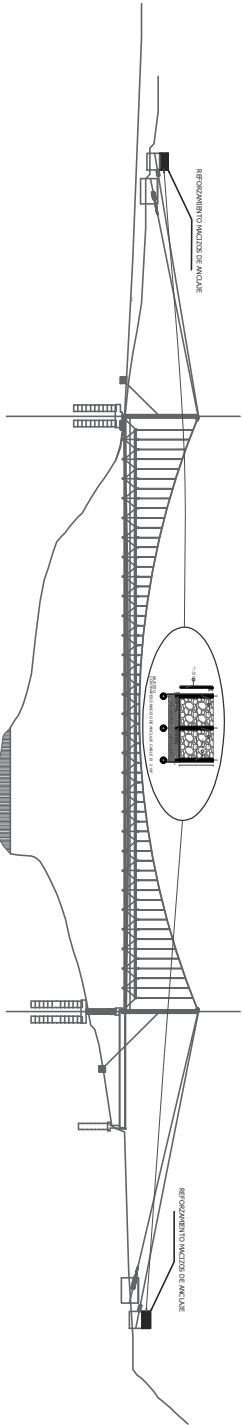
- 9. REFORZAMIENTO VIGA DE RIGIDEZ
- 9.1 REFORZAMIENTO CORDON SUPERIOR (VER PLANO # 7).
- 9.2 CAMBIO DE ELEMENTOS DETERIORADOS
- 9.3 CAMBIO DE TORILLERIA

10. REFORZAMIENTO TORRES



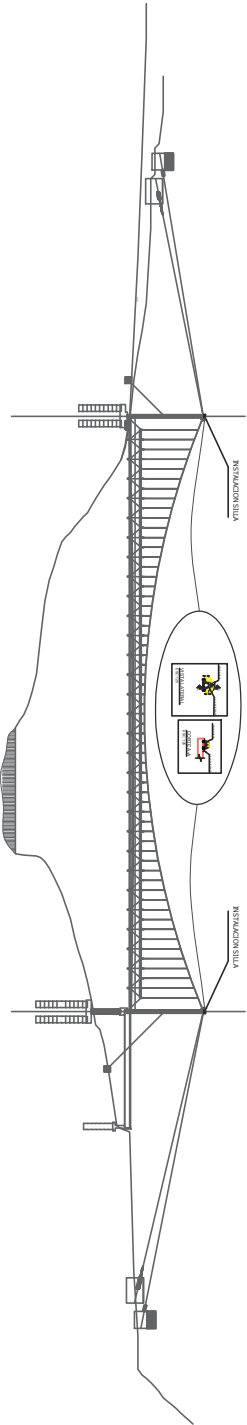
- 10. REFORZAMIENTO TORRES
- 10.1 REFORZAMIENTO TORRES CON CAJON ARMADO (VER PLANO # 2).

11. REFORZAMIENTO MAZOS DE ANCLAJE



- 11. REFORZAMIENTO MAZO DE ANCLAJE
- 11.1 REFORZAMIENTO DE MAZO DE ANCLAJE AZ CON RECURRIMIENTO EN CONCRETO (VER PLANO # 4).

12. INSTALACION SILLA PARA SOPORTE CABLES ADICIONALES



- 12. INSTALACION SILLA PARA SOPORTE DE CABLES ADICIONALES
- 12.1 INSTALACION SILLA PARA CABLES ADICIONALES (VER PLANO # 8).



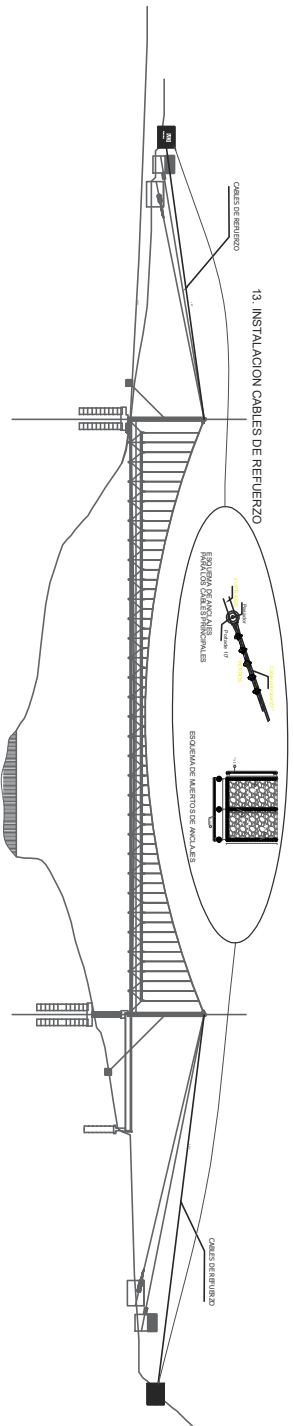
UNIVERSIDAD

SANTO TOMÁS

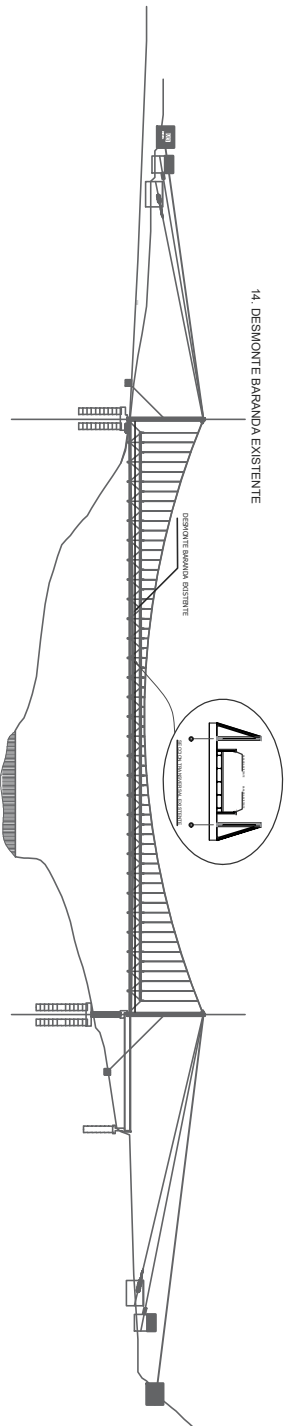
ESPECIALIZACION

EN CONSTRUCCION

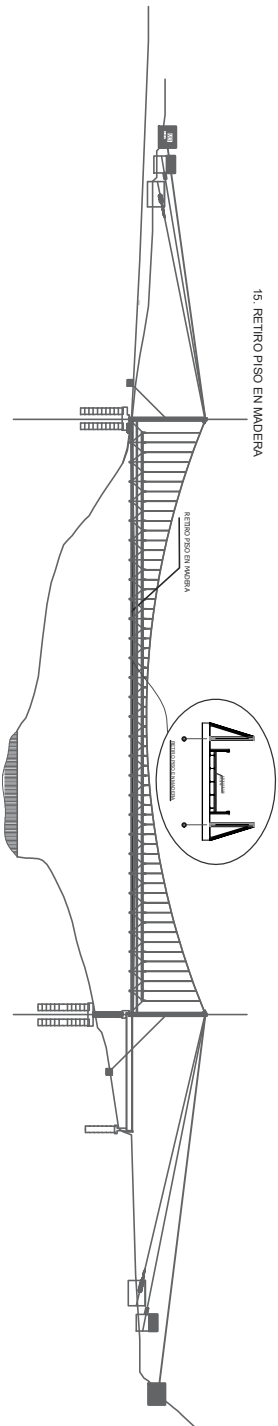
PROYECTO		
REFORZAMIENTO PUENTE EL MANUEL		
REGLAJE Y REPARACION DE CABLES		
CONTIENE		
—		
PROCESO CONSTRUCTIVO		
DISEÑO		
VOT		
ESCALA	FECHA	PLANO No.
INDICADAS	JUNIO DE 2023	E13/E19



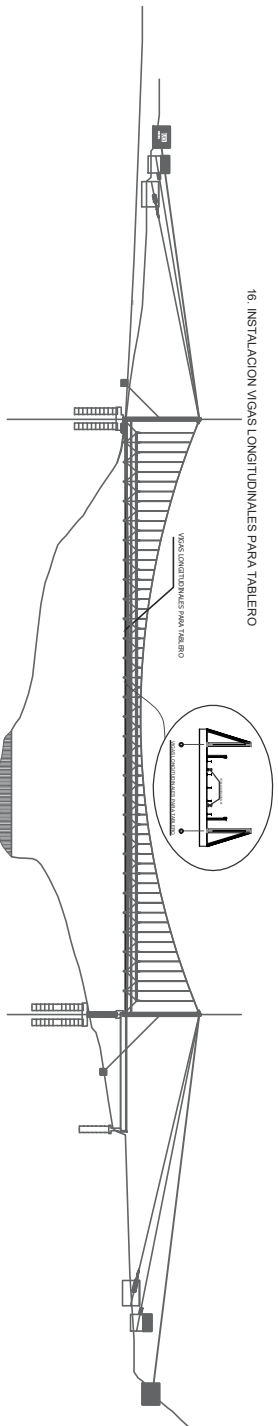
13. INSTALACION CABLES DE REFUERZO
13.1 INSTALACION CABLES DE REFUERZO PARA EL PUENTE
2X1 (20'2") (VER PLANO # 2)



14. DESMONTES BARRANDA EXISTENTE
14.1 DESMONTES BARRANDA EXISTENTE



15. RETIRO PISO EN MADERA
15.1 RETIRO PISO EN MADERA



16. INSTALACION VIGAS LONGITUDINALES PARA TABLERO
16.1 INSTALACION VIGAS LONGITUDINALES PARA REFUERZO
SOPORTE PISO METALICO (VER PLANO # 3)

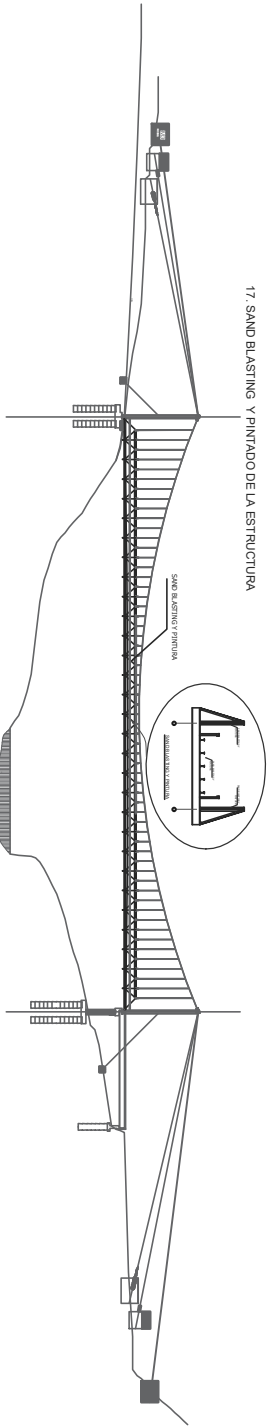


UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS

ESPECIALIZACIÓN
EN CONSTRUCCIÓN

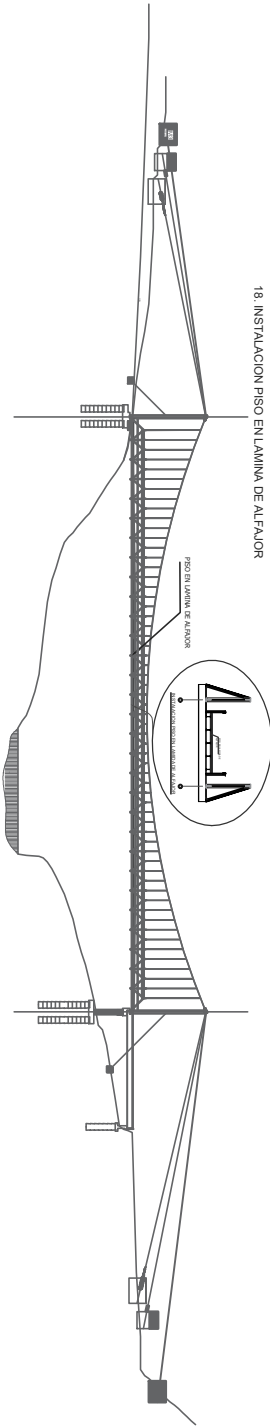
PROYECTO		
REFORTALECIMIENTO PUENTE EL MANUEL		
RELAJACION DE VIGAS METALICAS		
CONTINUA		
PROCESO CONSTRUCTIVO		
FECHA	FECHA	FECHA
INDICADAS	INDICADAS	INDICADAS
JUNIO DE 2023	JUNIO DE 2023	JUNIO DE 2023
E/4/15	E/4/15	E/4/15

17. SAND BLASTING Y PINTADO DE LA ESTRUCTURA



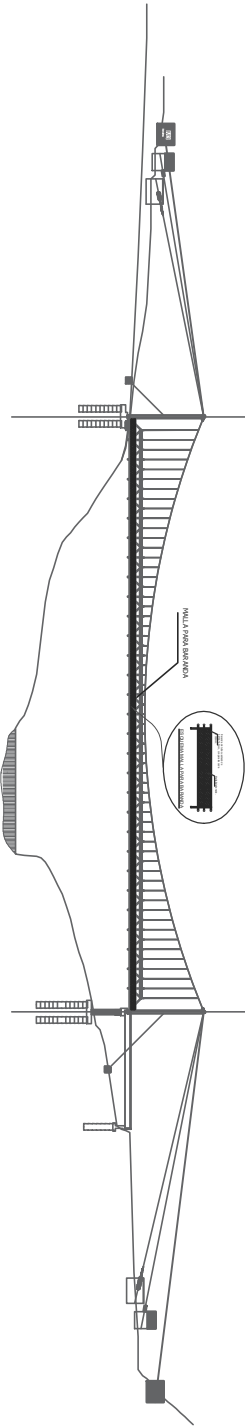
17. SAND BLASTING Y PINTADO DE LA ESTRUCTURA
17.1 SAND BLASTING Y PINTADO DE LA ESTRUCTURA

18. INSTALACION PISO EN LAMINA DE ALFALOR



18. INSTALACION PISO EN LAMINA DE ALFALOR
18.1 INSTALACION PISO EN LAMINA DE ALFALOR (VER PLANO # 2)

19. INSTALACION MALLA PARA BARANDA



19. INSTALACION MALLA PARA BARANDA
19.1 INSTALACION MALLA PARA BARANDA (VER PLANO # 1)



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACION
EN CONSTRUCCION

PROYECTO

REFORMA Y PINTADO DEL
MANTENIMIENTO

RECONSTRUCCION DEL MANTENIMIENTO DEL MANTENIMIENTO

CONTENIDO

PROYECTO CONSTRUCTIVO

DETALLE

NO

ESCALA
INDICADAS
FECHA
JUNIO DE 2023
PAGINA
15 DE 15