

**Construcción del Viaducto Gualanday II en el marco del proyecto de concesión vial
Girardot-Ibagué-Cajamarca entre las abscisas K.32+473.00 y K 33+231.50 en el
departamento del Tolima; como experiencia significativa en la patología preventiva en
Colombia**

**Jeison Arled Osorio Marín
Carlos Andrés Segrera Cogollos**

**Universidad Santo Tomás
Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia
Especialización Patología de la Construcción
Ibagué
2020**

**Construcción del Viaducto Gualanday II en el marco del proyecto de concesión vial
Girardot-Ibagué-Cajamarca entre las abscisas K.32+473.00 y K 33+231.50 en el
departamento del Tolima; como experiencia significativa en la patología preventiva en
Colombia**

**Presentado por:
Jeison Arled Osorio Marín
Carlos Andrés Segrera Cogollos**

**Tutor:
Walter Mauricio Barreto Castillo**

**Para optar al grado de:
Especialista en Patología de la Construcción**

**Universidad Santo Tomás
Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia
Especialización Patología de la Construcción
Ibagué
2020**

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a mi esposa, la cual siempre me ha inspirado a crecer cada día, a mis padres quienes se esforzaron por encaminarme en la Ingeniería y a mis hermanos por estar siempre conmigo.

Jeison Arled Osorio

Dedico este trabajo de grado a mis amadas Paloma y Matilde quienes han impulsado mi andar en el camino de la Ingeniería, a mi Padre por ser el que aro y sembró el amor por esta profesión.

Carlos Andrés Segrera.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por darnos la suficiencia y dedicación para realizar este trabajo de grado, donde condensamos las experiencias vividas en tan magna estructura como lo es el Viaducto

Gualanday II.

A Constructora Colpatria por permitirnos desempeñarnos como ingenieros y aprender en la realización de la estructura Viaducto Gualanday II desde sus cimientos hasta su

Superestructura.

Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción	3
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1. Planteamiento del problema.....	8
1.2. Antecedentes	13
1.3. Justificación	16
1.4. Pregunta de investigación	17
1.5. Objetivo general.....	17
1.6. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	19
2.1. Marco teórico	19
2.1.1. Patología constructiva:.....	19
2.1.2. Clasificación de las patologías constructivas según su origen:.....	21
2.1.3. Patología preventiva:.....	22
2.2. Marco conceptual.....	22
2.2.1. Concreto.....	22
2.2.2. Concreto masivo.	22
2.2.3. Acero de refuerzo.....	23
2.2.4. Viaducto.....	23
2.3. Marco legal	23

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	24
3.1. Enfoque de investigación	24
3.2. Plan metodológico	24
3.3. Muestra	26
3.4. Alcance	26
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	27
4.1. Metodología de construcción y diseño.....	27
4.1.1. Infra y Meso Estructura.....	27
4.1.2. Especificaciones particulares y normas de diseño	27
4.1.3. Estudios Complementarios	28
4.1.4. Especialista	28
4.1.5. Parámetros de Solicitantes	28
4.1.6. Efectos finales y reología de los materiales	29
4.1.7. Cargas por Sismo	29
4.1.8. Medio ambiente.....	30
1.1.1. Sistema de seguridad en el proceso constructivo	30
4.2. Especificaciones de materiales.....	32
4.2.1. Resistencia de los concretos.....	32
4.2.2. Módulos de Elasticidad de los Concretos	32
4.2.3. Preservación del concreto por efecto de agresividad ambiental	32
4.2.4. Especificaciones de resistencia de los aceros de refuerzo.....	35
4.2.5. Recubrimientos en el concreto	35
4.2.6. Concretos masivos en las zarpas	36

4.2.7.	Acabado de superficies	36
4.2.8.	Fundación.....	37
4.3.	Análisis de concretos	38
4.3.1.	Análisis de concretos masivos	40
4.4.	Metodologías constructivas.....	45
4.4.1.	Metodología básica para la ejecución de pilotes pre excavados tipo kelly con camisas.....	46
4.4.2.	Procedimiento constructivo de zapatas viaducto gualanday II	50
4.4.3.	Procedimiento constructivo de pila Viaducto Gualanday II.	57
4.4.4.	Procedimiento constructivo dovelas sucesivas	61
4.5.	Protocolos control de calidad de concretos.....	65
4.5.1.	Método del corte verde.	65
4.5.2.	Protocolo para la ejecución de juntas de construcción.....	67
4.5.3.	Protocolo para reparaciones en el concreto – tratamiento de hormigueros.....	69
4.5.4.	Protocolo de desencofrado de elementos estructurales.	73
4.5.5.	Protocolo para la ejecución de sellos elastoméricos en fisuras en concreto	73
4.6.	Registro Fotográfico	80
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES		89
Referencias bibliográficas.....		90

Índice de figuras

Figura 1: Viaducto Gualanday II. Fuente: Constructora Colpatria	3
Figura 2: Planta perfil Viaducto Gualanday II. Fuente: Constructora Colpatria	4
Figura 3: Variación y contribución anual de los pagos según tipo de construcción Total nacional 2019pr (III trimestre). Fuente: DANE, 2019	8
Figura 4: Índice y variación anual de los pagos de carreteras, calles, caminos, puentes, carreteras sobreelevadas, túneles y construcción de subterráneos Total nacional – serie empalmada 2014 (I trimestre) – 2019pr (III trimestre). Fuente: DANE, 2019.	9
Figura 5: Calidad de red vial por departamentos. Fuente: INVÍAS, 2013; Urdaneta, 2017.	10
Figura 6: Inversión del INVÍAS en mantenimiento de infraestructura vial. Fuente: cálculos Anif con base en INVÍAS; Clavijo, 2019.	11
Figura 7: Causas principales de colapso de puentes en Colombia. Fuente: Muñoz, s.f.	12
Figura 8: Registro de temperaturas del Eje 3. Fuente: Elaboración propia	40
Figura 9: Registro de temperaturas del Eje 4. Fuente: Elaboración propia.	41
Figura 10: Registro de temperaturas del Eje 6. Fuente: Elaboración propia	42
Figura 11: Registro de temperaturas del Eje 2. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 12: Registro de temperaturas del Eje 8. Fuente: Elaboración propia	44
Figura 13: Resumen de la metodología básica para la ejecución de pilotes pre excavados tipo kelly con camisas. Fuente: Elaboración propia	46
Figura 14: Replanteo para solado de limpieza y ubicación de pila. Fuente: Constructora Colpatria	53
Figura 15: Distribución de puntos de vaciado. Fuente: Constructora Colpatria	54
Figura 16: Fundido en una sola etapa. Fuente: Constructora Colpatria.	54
Figura 17: Descabece de pilotes. Fuente: Constructora Colpatria	55
Figura 18: Replanteo topográfico placa concreto de limpieza. Fuente: Constructora Colpatria	55

Figura 19: Placa de realce. Fuente: Constructora Colpatría	56
Figura 20: Armado de refuerzo zapata. Fuente: Constructora Colpatría	56
Figura 21: Encofrado del elemento. Fuente: Constructora Colpatría.	57
Figura 22: Armado de acero pila. Fuente: Constructora Colpatría	60
Figura 23: Encofrado pila. Fuente: Constructora Colpatría	61
Figura 24: Revoque de concreto. Fuente: Constructora Colpatría	66
Figura 25: Preparación de superficie con chorro de agua. Fuente: Constructora Colpatría	66
Figura 26: Preparación de superficie con chorro de agua. Fuente: Constructora Colpatría	67
Figura 27: Presencia de hormigueros en estructuras de concreto. Fuente: Constructora Colpatría	69
Figura 28: Acero expuesto. Fuente: Constructora Colpatría	70
Figura 29: Áreas de deterioro y recomendación de configuración para removerlas. Fuente: Constructora Colpatría	71
Figura 30: Puente de adherencia. Fuente. Constructora Colpatría	71
Figura 31: Espesor máximo recomendado en fisuras. Fuente: Table 7.101N of BS EN 1992-2:2005, 2005. Eurocode 2-Design of Concrete Structures – Part 2: Concrete Bridges – Design and Detailing Rules. The British Standards Institution, United Kingdom	75
Figura 32: Identificación de fisura activa. Fuente: Constructora Colpatría	76
Figura 33: Profundización y ruteo de fisura con cuchilla de diamante. Fuente: Constructora Colpatría	77
Figura 34: Profundización y ruteo de fisura con cuchilla de diamante. Fuente: Constructora Colpatría	77
Figura 35: Colocación del material de sello. Fuente: Constructora Colpatría	78
Figura 36: Colocación del material de sello. Fuente: Constructora Colpatría	79
Figura 37: Pilotaje Eje 4. Fuente: Constructora Colpatría	80
Figura 38: Pilotaje Eje 4. Fuente: Constructora Colpatría	80
Figura 39: Solado cimentación Eje 4. Fuente: Constructora Colpatría	81

Figura 40: Armado de zapata Eje 4. Fuente: Constructora Colpatría	81
Figura 41: Armado de zapata Eje 4. Fuente: Constructora Colpatría	82
Figura 42: Armado de columna Eje 4. Fuente: Constructora Colpatría	82
Figura 43: Pruebas de integridad a pilotes Eje 5. Fuente: Constructora Colpatría	83
Figura 44: Descargue de concreto. Fuente: Constructora Colpatría	83
Figura 45: Pilas Viaducto Gualanday II. Fuente: Constructora Colpatría	84
Figura 46: Pila Eje 5. Fuente: Constructora Colpatría	84
Figura 47: Pila – Capitel Eje 2. Fuente: Constructora Colpatría	85
Figura 48: Instalación de aisladores sísmicos. Fuente: Constructora Colpatría	86
Figura 49: Control de calidad Grout de nivelación. Fuente: Constructora Colpatría	86
Figura 50: Instalación fíque losa superior dovela Eje 2. Fuente: Constructora Colpatría	87
Figura 51: Curado fíque losa superior dovela Eje 2. Fuente: Constructora Colpatría	88

Índice de tablas

Tabla 1: Resistencia de los diferentes concretos.....	32
Tabla 2: Resultados de los análisis y cálculos de la elasticidad de los concretos	32
Tabla 3: Recubrimientos mínimos para las barras de refuerzo	35
Tabla 4: Resultado de la evaluación estadística de los diferentes tipos de concretos	39
Tabla 5: Principales lineamientos para la construcción de pilotes.....	46
Tabla 6: Procedimiento constructivo de zapatas Viaducto Gualanday II	50
Tabla 7: Procedimiento constructivo de pila del Viaducto Gualanday II	57
Tabla 8: Procedimiento constructivo de dovelas sucesivas del Viaducto Gualanday II.....	61

Resumen

El objetivo de esta investigación es documentar experiencias y metodologías de trabajo realizado por la Constructora Colpatria, en la construcción de cimentaciones, estructura y superestructura del Viaducto Gualanday II; con el fin de generar nuevos conocimientos sobre patología preventiva en la construcción de un proyecto concebido por durabilidad.

El resultado obtenido evidencia que, al orientar los esfuerzos en obtener un proyecto durable con una relación costo – beneficio óptima, surgen una serie de interrogantes, entre ellos, como tratar las posibles lesiones de la estructura; por esto, se recolectaron experiencias y se documentaron metodologías y procedimientos para controlar la trazabilidad de los aspectos constructivos desde el punto de vista de patología preventiva.

Las conclusiones obtenidas mediante esta investigación brindan valiosa información sobre las metodologías aplicadas desde el punto de vista de patología preventiva para proyectos tipo viaducto, en busca de obtener una estructura durable y evitar futuros reprocesos o reparación de lesiones. Así mismo, se identificaron actividades para detectar las lesiones que se presentaron en obra y procedimientos de intervención para corregirlas. Finalmente se aclara que, el alcance de este estudio del arte se limita a la documentación de experiencias para el proyecto “Viaducto Gualanday II” únicamente.

Palabras Claves: Patología Preventiva. Reparación de lesiones. Durabilidad.

Abstract

The aim of this research is to document experiences and methodologies of work carried out by Constructora Colpatria in the construction of foundations, structure and superstructure of the “Viaducto Gualanday II”; in order to generate new knowledge about preventive pathology in the construction of a project designed for durability.

The result obtained shows that, in directing efforts to obtain a durable project with a cost-optimal benefit ratio, a number of questions arise, among them, how to treat the possible injuries of the structure; therefore, we collected experiences and documented methodologies and procedures to control the traceability of constructive aspects from the point of view of preventive pathology.

The conclusions obtained through this research provide valuable information on the methodologies applied from the point of view of preventive pathology for projects such as viaducts, in order to obtain a durable structure and to avoid future reprocessing or repair of injuries. Activities were also identified to detect injuries that were presented on site and intervention procedures to correct them. Finally it is clarified that, the scope of this art study is limited to the documentation of experiences for the project "Viaducto Gualanday II" only.

Keywords: Preventive Pathology. Injury repair. Durability.

Introducción

En el marco del proyecto de concesión vial Girardot-Ibagué-Cajamarca, entre las abscisas K.32+473.00 y K 33+231.50 en el departamento del Tolima, se construyó un viaducto de 760 metros de longitud que ubicado sobre el cañón Gualanday y que permitirá el mejoramiento en relación a la movilidad entre los tramos de Bogotá D.C. al municipio de Ibagué reduciendo su tiempo de viaje en al menos 15 minutos (Redacción Económica, 2019).



Figura 1: Viaducto Gualanday II. Fuente: Constructora Colpatría

La Superestructura está conformada por un sistema de voladizos sucesivos (dovelas) de ocho (8) luces, los cuales están apoyados en siete (7) pilas y dos (2) estribos, que se encuentran cimentadas sobre pilotes. En perfil de la sección presenta altura variable y de forma parabólica. La longitud del viaducto en estructura de viga cajón unicelular es de 760.0 m, compuesta por seis (6) luces centrales, dos luces de 128.0m, dos luces de 113m y dos luces de 93m; y dos luces laterales de 45.25m entre ejes. El ancho total del tablero del viaducto es de 11.70m.

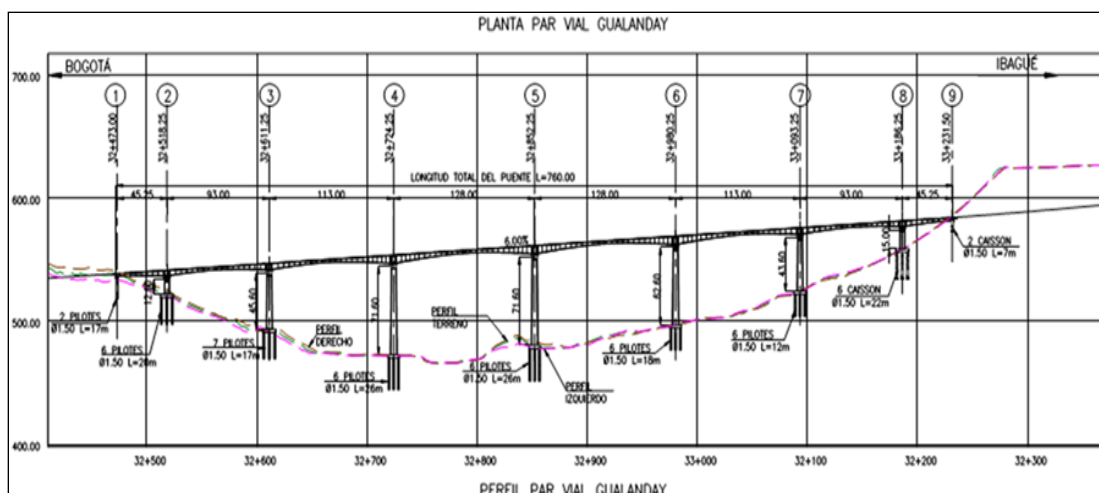


Figura 2: Planta perfil Viaducto Gualanday II. Fuente: Constructora Colpatria

Dado que, la construcción de cimentaciones, estructura y superestructura del Viaducto Gualanday II ha arrojado resultados satisfactorios desde su concepción hasta su construcción, se hace imperativo la documentación de la experiencia frente al tratamiento preventivo de patologías que suelen presentarse en obras como la mencionada. El proceso se describe en tres (3) etapas, las cuales son:

1. **Diseño:** en esta etapa los inversionistas tuvieron un gran valor para el proyecto dado que, tomaron la decisión que la edificación estructuralmente, no solamente debía satisfacer las resistencias mecánicas, sino también los requerimientos de diseño por desempeño; para así garantizar que esté en servicio por los próximos 100 años. Este enfoque a largo plazo indica el compromiso de la Constructora Colpatria en el desarrollo de este tipo de proyectos que si bien es cierto requiere una mayor inversión inicial, a largo plazo permite generar grandes ahorros de mantenimiento y no tener que repotenciar la obra en unos 50 años. Para que fuera posible, el concreto no solamente debía satisfacer los requerimientos mecánicos sino de durabilidad, por ello se establecieron relaciones agua/cementante bajas y condiciones de

permeabilidad específicas para evitar el ataque de agentes químicos a los que está expuesta la estructura. En la fase de diseño se destacó que la estructura debería eliminar o mitigar los riesgos que pudiese sufrir como lesiones constructivas que afectasen su vida útil.

- 2. Planificación:** en esta etapa se definió todos los recursos necesarios para la ejecución del proyecto como personal, maquinaria, formaletas, materiales y demás insumos necesarios para su desarrollo.

Se estableció con el personal técnico y administrativo manuales, procedimientos, instructivos y formatos para realizar una adecuada trazabilidad de las actividades incluyendo actividades de patología preventiva para evitar las posibles lesiones que se pudiesen presentar en la etapa constructiva y garantizar la durabilidad de la estructura como en el caso de la segregación, hormiguo, corte verde, juntas de fraguado y fisuras por retracción plástica; actividades enmarcadas dentro del sistema de calidad de la empresa permitiendo que cada ítem fuera trazable y evidenciable a través de actas de liberación de actividades.

Dentro de las actividades críticas de la estructura como lo son las excavaciones y producción del concreto se definió una opción que brindara rendimiento y eficiencia en la ejecución del proyecto, por lo cual se contrataron piloteadoras y se instaló una planta de concretos debido a que era muy importante garantizar disponibilidad en el suministro y calidad de los diferentes tipos concreto requeridos en obra.

Para el caso de la estructura, se eligió una formaleta trepante que permitiera eficiencia en el montaje, brindara una plataforma de apoyo adecuada para que el personal de obra ejecute las labores de obra de manera segura y rapidez de

manipulación para garantizar el avance de la actividad constructiva. Para evitar fisuras de retracción plástica se desarrollaron protocolos estrictos de control de las temperaturas de los concretos masivos y temperatura ambiente, definiendo criterios de retiro de formaleta para evitar el choque térmico; esto debido a que el retiro de la formaleta a los elementos fundidos es una práctica que generalmente se guía por los tiempos de alquiler y/o de rendimiento de obra, dónde no se contemplan los gradientes de temperatura, así mismo, se establecieron métodos de curado posterior al retiro de la formaleta para garantizar el correcto desarrollo del concreto.

Fue definido un plan de inspección y ensayos enfocado no únicamente como requisito contractual del proyecto buscando cumplir con la normativa sino, como una herramienta de control y monitoreo de los materiales, permitiendo tomar decisiones y correcciones a tiempo manteniendo las características del concreto uniforme y óptimo. Como una de las características especiales se evaluó el potencial de reactividad Alcalí – Agregado, por lo que se tomó la decisión de aportar ceniza volante para mitigar este efecto definiendo una serie de diseños de concreto pre aprobados con las variables de materiales cercanos a la fuente en caso de que se interrumpiera el suministro de los materiales predefinidos.

- 3. Construcción:** en esta etapa se materializó el planteamiento descrito en las etapas anteriores dónde fue necesario realizar acciones de mejora en varias de las actividades a medida que surgían inconvenientes como suministro de materiales, lesiones de la estructura que se presentaron diferentes a las contempladas inicialmente, comportamientos variables de los gradientes térmicos debido al clima que como se observó en el inciso 11 y el difícil acceso a la ceniza volante, ya que la

industria del cemento tiene acaparada casi en su totalidad la producción de este material. Como se describe en el numeral 13, se establecieron protocolos de calidad del concreto para prevención de lesiones y en caso de presentarse métodos para evaluar y reparaciones oportunas de las mismas.

Por tanto, como puede advertirse, el diseño, la planeación y la construcción de las cimentaciones, estructura y superestructura del Viaducto Gualanday II, estuvo basada en un enfoque preventivo que beneficia los conceptos y las prácticas de patología preventiva en Colombia, de ahí radica la importancia de documentar mencionadas prácticas. Por eso, en el capítulo número uno se encuentra especificaciones de cómo se maneja a nivel nacional todo lo relacionado con obras civiles, su construcción, mantenimiento y reparación frente a las necesidades de las mismas y en pro al desarrollo económico de un país en vía de desarrollo como Colombia.

A su vez, en el capítulo número dos, se encuentra todo lo relacionado al marco de referencia de la presente investigación, pasando por conceptos necesarios para entender lo realizado por la Constructora Colpatria, como diferentes postulados teóricos sobre las patologías constructivas, sus tipos y orígenes, así como actividades preventivas en la fase de diseño, planificación y construcción de las estructuras. Por su parte, en el capítulo tres se describe el diseño de investigación implementado y el plan metodológico desarrollado.

Finalmente, en el capítulo cuarto se exponen los diferentes resultados obtenidos mediante esta investigación que permitirán posteriores investigaciones sobre la patología preventiva, así como el mejoramiento de prácticas en la construcción de obras civiles como la documentada en este proyecto de investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La infraestructura en Colombia, al igual que la de otros países de América Latina y el Caribe, presenta grandes falencias, no solo por no contar con la inversión del Producto Interno Bruto (PIB) necesaria para la construcción y mejoramiento de la misma; sino también, por el deterioro, colapso y alto riesgo de desplome que presentan construcciones como los puentes y viaductos del país. (Aguerre, 2018; Leal Acosta, 2019; Urdaneta, 2017)

Por lo que respecta a la inversión, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en su boletín técnico del tercer trimestre del año 2019; el gasto para el desarrollo de obras civiles tales como carreteras, puentes, túneles, calles, caminos, entre otros, aumentó un 13,3% de inversión en comparativa con el mismo trimestre para el año 2018 (este porcentaje está representado en el Indicador de Inversión en Obras Civiles – IIOC). Este aumento se explica por el incremento en la “construcción, mantenimiento, reparación y adecuación de vías interurbanas.” (DANE, 2019)

Tipo de construcción	Variación anual (porcentajes)	Contribución a la variación total (puntos porcentuales)
Total	12,4	12,4
Carreteras, calles, caminos, puentes, carreteras sobreelevadas, túneles y construcción de subterráneos	13,3	5,4
Otras obras de ingeniería*	41,9	4,0
Construcciones para la minería, centrales generadoras eléctricas y tuberías para el transporte	7,4	2,8
Vías de agua, puertos, represas, acueductos, alcantarillado y otras obras portuarias	7,0	0,5
Vías férreas, pistas de aterrizaje y sistemas de transporte masivo	-6,0	-0,3

Figura 3: Variación y contribución anual de los pagos según tipo de construcción Total nacional 2019pr (III trimestre). Fuente: DANE, 2019

Sin embargo, pese a que (como se evidencia en la Figura 2) el IIOC para el tercer trimestre del 2019 es considerablemente superior a los terceros trimestres de años predecesores, a Colombia, según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), aún le faltan más de 45.000 km de vías adicionales para lograr un aumento en cuanto a la productividad y el crecimiento económico sostenido del país (Leal Acosta, 2019). Cabe resaltar que, para el año 2019, Colombia “(...) cuenta con algo más de 206.700 kilómetros de carreteras, y se encuentra trabajando en la culminación de distintos proyectos que aumentarían significativamente esa cifra, como es el caso de las autopistas de cuarta generación que suman 8.000 kilómetros.” (Leal Acosta, 2019)

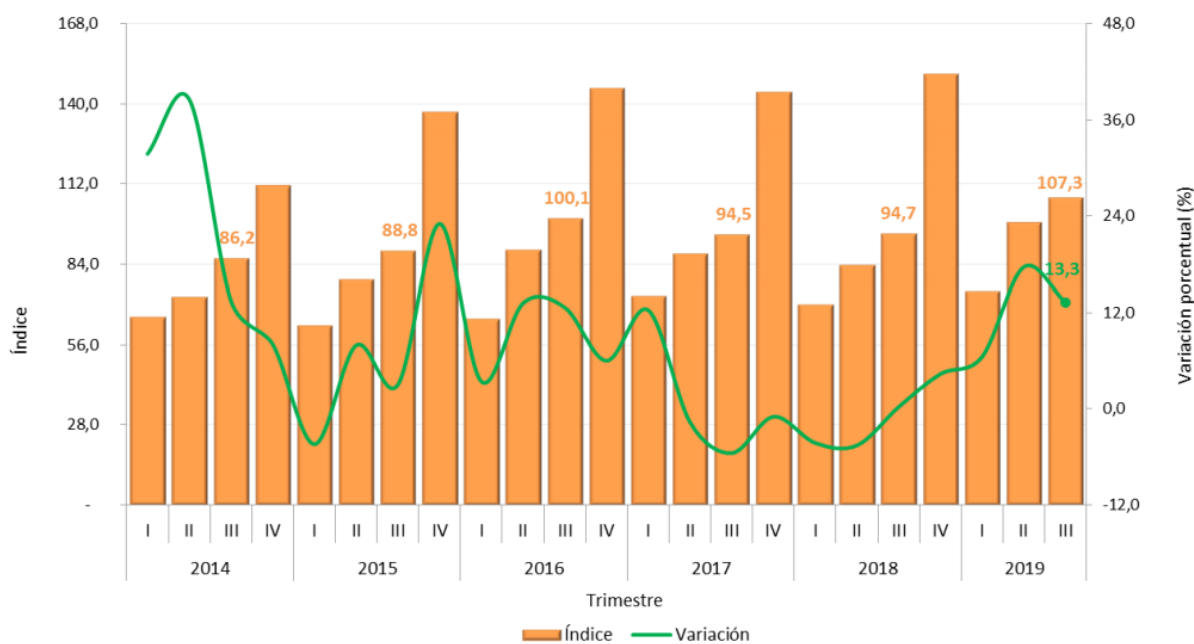


Figura 4: Índice y variación anual de los pagos de carreteras, calles, caminos, puentes, carreteras sobreelevadas, túneles y construcción de subterráneos Total nacional – serie empalmada 2014 (I trimestre) – 2019pr (III trimestre). Fuente: DANE, 2019.

Ahora bien, según el BID, el país se encuentra con una brecha de -52% frente a la calidad de las carreteras, en comparación con países que cuentan con ingresos per cápita similares a los de Colombia (Leal Acosta, 2019). Así mismo, en cuando a países con un nivel igual de desarrollo (como es el caso de Brasil y México) la cifra de densidad vial por millón de habitantes es significativamente superior a la del país: 530 kilómetros por millón de habitantes para Colombia,

1.066 kilómetros por millón de habitantes para Brasil, y 1.188 kilómetros por millón de habitantes para México (Leal Acosta, 2019).

Hay que mencionar además que, el Foro Económico Mundial en su Reporte Global de Competitividad en el año 2016, evidenció falencia de la infraestructura de Colombia al descender del puesto 86 al 126 con relación a la calidad de vías (Urdaneta, 2017). Por su parte, según el reporte del Instituto Nacional de Vías INVÍAS para el año 2013, indicó que el 72% de las vías del país están pavimentadas y que de ese total, el 25% se encuentran en condiciones catalogadas como malas o muy malas; esto significa que, “(...) uno de cada cuatro kilómetros de vía esté en malas condiciones (...)” (Urdaneta, 2017).

Con respecto a las vías del departamento del Tolima, se resalta que, “(...) tiene al menos el 79% de sus vías en buen (o muy buen) estado y ninguno tiene más del 5% en un estado malo o muy malo” (Urdaneta, 2017)

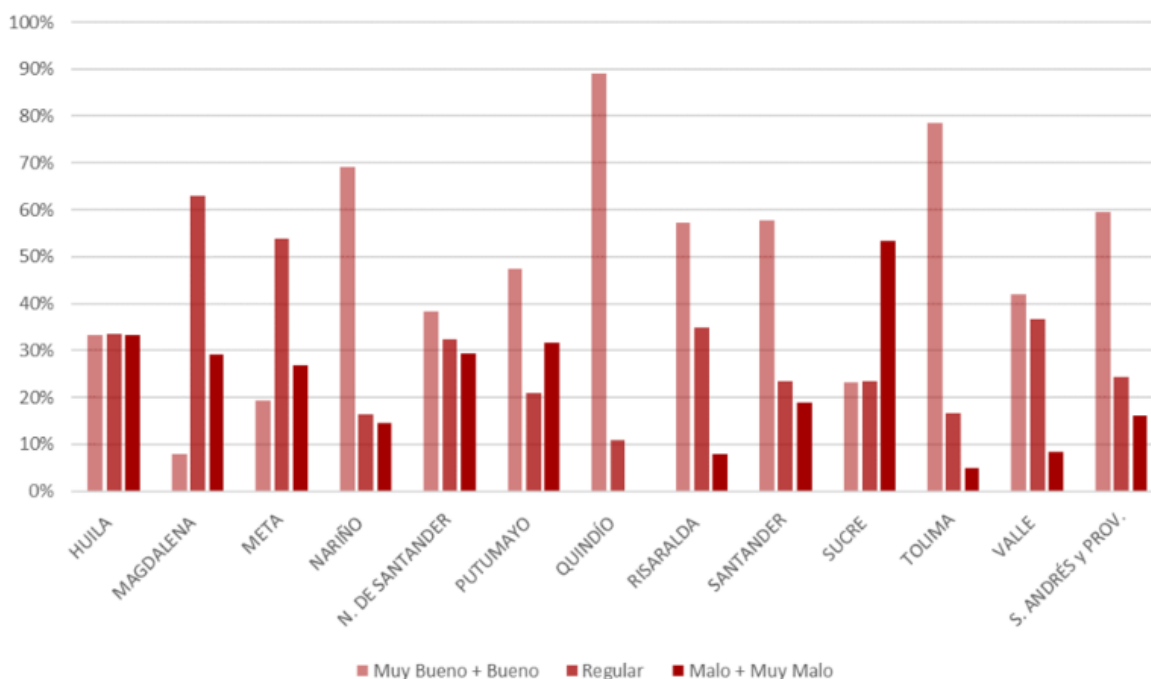


Figura 5: Calidad de red vial por departamentos. Fuente: INVÍAS, 2013; Urdaneta, 2017.

Además, se resalta que, tanto el gobierno anterior como el gobierno actual, propendió en el mejoramiento de las infraestructura al aumentar la inversión en la misma como se identificó inicialmente. En contraste con lo anterior, este aumento de la inversión se ha focalizado principalmente en la construcción de nuevas carreteras, puentes y viaductos, es decir, para la “inauguración de obras” dejando a un margen la evidente necesidad de inversión frente al mantenimiento y reparación de las obras civiles del país ya existentes (Clavijo, 2019).

Según Clavijo (2019) “(...) la inversión en infraestructura probablemente bordea un 2,5% del PIB anual, superando el 1,5% del PIB/año de la década pasada. Pero esta cifra todavía está lejos del 3,5% del PIB/año recomendado por las multilaterales (...)”.

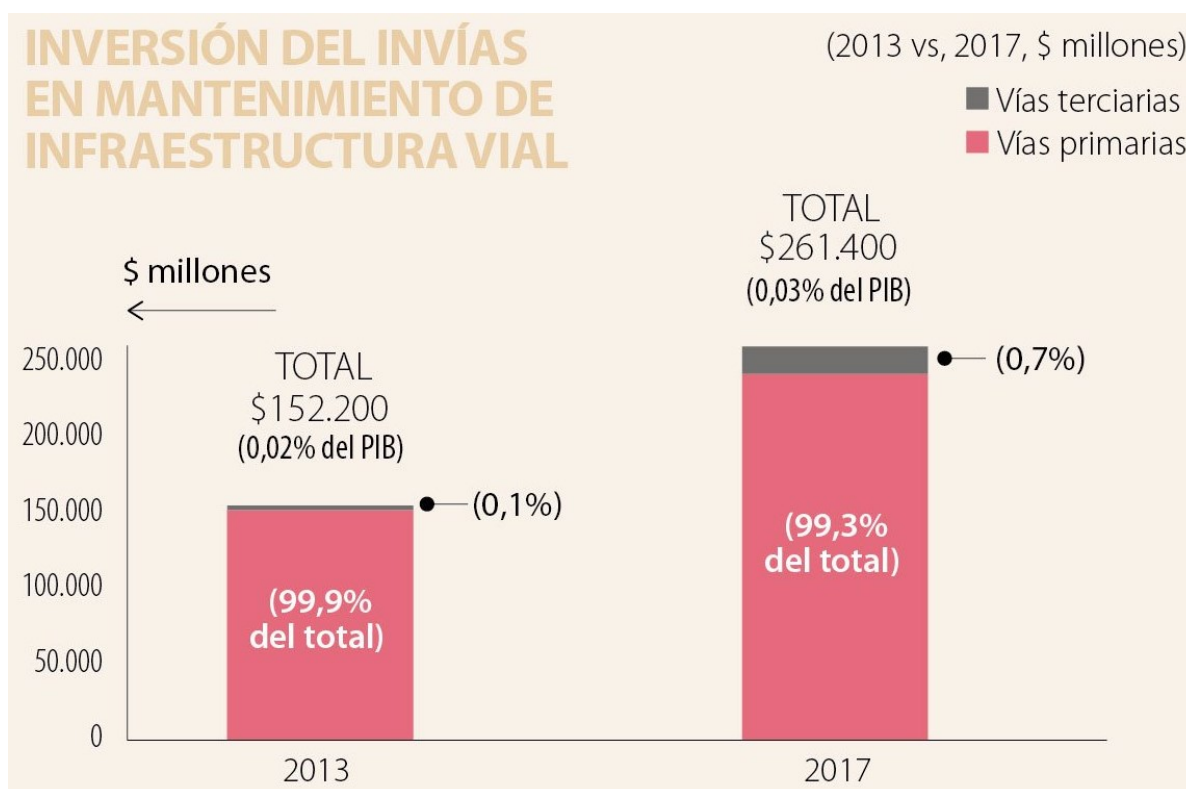


Figura 6: Inversión del INVÍAS en mantenimiento de infraestructura vial. Fuente: cálculos Anif con base en INVÍAS; Clavijo, 2019.

Así mismo, agrega que:

Los análisis de mantenimiento en Colombia usualmente se limitan a la contabilidad del Invias, entidad que tan solo responde por el 54% de las vías primarias y el 27% de las vías terciarias. En la práctica, esto último implica que estamos hablando de solo unos \$261.000 millones (0,03% del PIB) en mantenimiento de dicha red vial pública según las cifras más recientes de 2017, no muy diferente de los \$152.000 millones (0,02% del PIB) de 2013, ver gráfico adjunto. (Clavijo, 2019, ¶ 6)

En relación con los puentes y/o viaductos del país, la realidad no está muy alejada de las cifras previamente expuestas. Según el director de INVÍAS Carlos García, para el 2018, hay al menos 16 puentes en estado crítico y dos puentes en completo cierre por riesgo de colapso (Garzón, 2018). De acuerdo con el estudio realizado por Edgar Muñoz Díaz (s.f.), en el cual se analizan las causas del colapso de 63 puentes en Colombia desde el año 1986 hasta 2001; se clasificaron en siete las causas principales del colapso (Figura 5). Se determinó entonces que, 36% de los casos estudiados presentaron fallos relacionados con deficiencias estructurales mientras que el 64% por su parte, colapsaron por socavación y atentados terroristas (Muñoz Díaz, s.f.)

CAUSA PRINCIPAL	NÚMERO DE PUENTES	%
Deficiencia estructural y de diseño	6	10%
Socavación	15	24%
Sobrecarga e impacto	3	5%
Atentados terroristas	20	32%
Avalancha, creciente, etc.	15	24%
Falta de mantenimiento	1	2%
Deficiencias en la construcción e interventoría	3	5%
Total	63	

Figura 7: Causas principales de colapso de puentes en Colombia. Fuente: Muñoz, s.f.

Dentro de las especificaciones de las causas principales del colapso de los puentes, Muñoz resalta, al igual que lo hacía Clavijo (2019), que, la falta de mantenimiento e inspección

rutinaria de las obras civiles no permiten la identificación a tiempo de los problemas potenciales de las estructuras y así no hay forma de prever su futuro colapso (Muñoz Díaz, s.f.). Así mismo, se identifica falencias y errores constantes en la construcción e interventoría de los proyectos civiles (Muñoz Díaz, s.f.); lo que conlleva a casos como el colapso del viaducto de Chirajara en el año 2018 por causa de un fallo en el diseño, que dejó al menos cuatro víctimas mortales.

El error se habría presentado en una viga horizontal a donde van a dar los cables de alta tensión que ayudan a soportar el peso del mole. Al respecto, Mexpresa especifica que "existe una deficiencia en el diseño de sistema de arriostamiento entre columnas de torre en la sección de cambio de dirección". (Portafolio, 2018)

Estos fallos de diseños y errores en la interventoría junto con una mala calidad de mano de obra, representan el 75% de las apariciones de las patologías constructivas en las obras civiles (Florentín Saldaña & Granada Rojas, 2009), lo que conllevan al deterioro de la estructura y al colapso de la misma. Ahora bien, el 50% de las patologías presentadas se relacionan con la humedad por causa de un incorrecto proceso de impermeabilización de la obra (Florentín Saldaña & Granada Rojas, 2009).

1.2. Antecedentes

Dentro de las investigaciones que enmarcan las patologías constructivas y la patología preventiva; se encuentra la investigación realizada por Peñuela y Sossa (2015), la cual se centra en la identificación de las patologías mecánicas de los puentes vehiculares ubicados en la localidad de Fontibón en la ciudad de Bogotá D.C.; para estos autores, las estructuras en concreto presentan patologías mecánicas comunes como fisuras que en el caso concreto del puente de la Avenida Boyacá, requiere intervención inmediata (Peñuela Bejarano & Sossa Espitia, 2015); así

mismo identificaron que, se presentaban patologías causadas por impactos que afectaban claramente los elementos estructurales de los puentes como las vigas (Peñuela Bejarano & Sossa Espitia, 2015). También, resaltan que, pese a que la investigación se enfocó en patologías mecánicas, se identificaron patologías físicas y químicas que pueden ser objeto de estudios en subsiguientes investigaciones (Peñuela Bejarano & Sossa Espitia, 2015). Esta investigación permite evidenciar que, cómo se resaltó en el apartado anterior, muchos de los puentes en Colombia requieren mantenimiento e intervención urgente.

Por su parte, Tadeu y Lenz (2011) identificaron las patologías estructurales en los puentes de la región de Campinas en Brasil siendo estas, la corrosión del acero que ha llevado a la pérdida de partes del mismo en secciones de tensión. También presentan desintegración causada por humedad, grietas causadas por sobrecargas excesivas, juntas no unidas por causa de erosión y bajo rendimiento (Tadeu Mascia & Lenz Sartorti, 2011). Frente a otra estructura, se identificó agrietamiento por esfuerzo excesivo, así como ineficiente drenaje del puente y corrosión de la estructura (Tadeu Mascia & Lenz Sartorti, 2011). Tadeu y Lenz (2011) permiten el comparativo de las condiciones de los puentes en países en vía de desarrollo como lo son Brasil y Colombia.

Ahora bien, Lima; Ribeiro; Palhares y Melo (2019), también realizaron una investigación en Brasil, por medio de la cual, analizaron las patologías específicas en el concreto de viaductos urbanos en el norte de Brasilia. Lima et al. (2019), implementaron la metodología BDE/UnB para el análisis de las manifestaciones patológicas. En dicha metodología “se realiza una serie de inspecciones al elemento a ser analizado y luego realiza un informe fotográfico de las manifestaciones patológicas presentadas que son comparadas en un cuadro de referencia (...)” (Lima, Ribeiro, Palhares, & Melo, 2019, pág. 251). Dentro de las patologías identificadas

se resalta deterioro en la losa especialmente y se recomienda inspecciones e intervenciones en al menos a largo plazo en menos de dos años (Lima, Ribeiro, Palhares, & Melo, 2019).

Por otro lado, Cadena; Guzmán y Ortiz (2019), generaron una propuesta de intervención para las patologías que identificaron en el puente vehicular Progal de la avenida Ambalá de la ciudad de Ibagué, Colombia. La metodología implementada para el análisis de las patologías pertenece a la norma INVIAS del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), mediante ésta identificaron que se presenta múltiples patologías relacionadas con las vigas del punto ya que estas no “(...) no cumplieron con el esfuerzo por fatiga estándar por lo cual son elementos estructurales con presencia de mayor vulnerabilidad sísmica (...)” (Cadena Castro, Guzmán Suarez, & Ortiz, 2019). A su vez, se identificaron patologías en las aletas y muros aladaños. Con los resultados obtenidos del análisis de las diversas patologías, Cadena; Guzmán y Ortiz, generaron dos propuestas de intervención: la primera, hace referencia a diferentes estrategias para mitigar las patologías con mayor impacto en la estructura; la segunda, hizo énfasis en la necesidad de realizar un postensado exterior.

Se infiere que, las investigaciones previas realizadas, no se enfocan en patología preventiva o en la generación de protocolos en el marco de las patologías de construcción. No obstante, con relación al segundo punto; Díaz (2014) generó un protocolo para los estudios de patología de la construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia al determinar la necesidad de unificación de los criterios para la valoración de las patologías. Pese a la importancia de la investigación anteriormente expuesta, no se relaciona con protocolos o procedimientos relacionados con la patología preventiva en las construcciones.

Con respecto a las investigaciones sobre patología preventiva, Benítez; Moreno y Andrade (2017) identificaron métodos preventivos para prever futuras lesiones en estructuras

elaboradas con concreto reforzado. Se resalta, de igual forma, la importancia de una planificación y diseños adecuados para la obra y la relevancia de la implementación correcta de la normatividad para procedimientos como la colocación, vibrado, manejo, protección y curado.

1.3. Justificación

Documentar las experiencias del proyecto de construcción del Viaducto Gualanday II, el cual fue concebido con base en durabilidad utilizando métodos constructivos novedosos con altos estándares de calidad; permite generar nuevos conocimientos de patología preventiva, y especificar procedimientos, procesos y adaptar protocolos que previamente no han sido documentados y que aportan a la comprensión futura de diversos mecanismos para la prevención de patologías que se presentan en estructuras similares. También, esta investigación funciona como base a subsecuentes investigaciones que ampliarán los conocimientos aquí descritos evidenciando su eficacia en la prevención de patologías.

Por su parte, la construcción de obras civiles de este tipo tiene grandes implicaciones socioeconómicas y en el contexto de un país en vía de desarrollo como Colombia en el que actualmente la construcción es uno de los motores para activar la economía; este tema es altamente sensible, ya que la inversión a largo plazo (30 o 40 años) permitiría al país un ahorro significativo en costos de mantenimiento al implementar metodologías de prevención de patologías, lo que permitirá el aumento de la inversión en nuevos proyectos que generen mayor desarrollo.

Gran parte de las obras de infraestructura colombiana desarrolladas en el siglo pasado requieren actualmente mantenimiento, intervención o reemplazo, estos costos corresponden a una gran inversión tanto en el sector privado como en el público, afectando el presupuesto y

disminuyendo la generación de nuevos proyectos. Esta problemática no sólo se debe contemplar desde el punto de vista económico, debido a que los recursos naturales son finitos y no es posible estar sustituyendo obras cada 20 años.

Por esta razón, la recolección de experiencias de este tipo de proyectos, permite captar información valiosa (que en muchos casos se determinó a prueba y error) como directrices, que basadas en el concepto de constructibilidad de Martínez, González, y De Fonseca (2009), consiste en la incorporación sistemática de la experiencia de construcción en las etapas tempranas de desarrollo de un proyecto (por ejemplo, diseño y planificación), mejorando la aptitud constructiva y la eficiencia de los procesos de producción de un proyecto (CU, 1993).

1.4. Pregunta de investigación

¿Por qué la construcción de cimentaciones, estructura y superestructura del Viaducto Gualanday II es una experiencia significativa para la patología preventiva en Colombia?

1.5. Objetivo general

Documentar el proceso de construcción de cimentaciones, estructura y superestructura del Viaductos Gualanday II en el marco del proyecto de concesión vial Girardot-Ibagué-Cajamarca entre las abscisas K.32+473.00 y K 33+231.50 en el departamento del Tolima.

1.6. Objetivos específicos

- 1.6.1. Describir la metodología de construcción y diseño ejecutada para la construcción del Viaducto Gualanday II.
- 1.6.2. Especificar los materiales implementados en la construcción del Viaducto Gualanday II.

- 1.6.3. Analizar los diversos tipos de concretos empleados para la construcción del Viaducto Gualanday II.
- 1.6.4. Establecer instructivos de las actividades constructivas de los ítems del proyecto de construcción del Viaducto gualanday II.
- 1.6.5. Adaptar las especificaciones técnicas de los aditivos en conjunto con las buenas prácticas, a protocolos de control de calidad de concretos.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

2.1.1. Patología constructiva:

La absorción del término “patología” desde la rama de medicina a la rama de la ingeniería civil, nace en función de identificar a una ciencia propiamente dicha que se encarga del análisis, la prevención, el diagnóstico y la rehabilitación de las diferentes lesiones y patologías que se presentan en las estructuras u obras civiles, en cualquier momento desde su diseño, planificación, construcción y funcionamiento (Florentín Saldaña & Granada Rojas, 2009; Monjo Carrio, 1997; Broto Comerma, s.f.; Lopez Rodríguez, Rodríguez Rodríguez, Cruz Astorqui, Torreño Gomez, & Ubeda De Mingo, 2004).

Dentro del análisis para identificar qué patologías están afectando la estructura, se deben conocer entre otras cosas el proceso, origen, causas, evaluación, síntomas y estado actual (Monjo Carrio, 1997); este conjunto de variables agrupadas secuencialmente se denomina “proceso patológico” y es el primer paso del denominado “estudio patológico” que tiene como objetivo el establecimiento de estrategias de intervención y reparación de las lesiones, así como en realizar acciones para prevenir las mismas (Monjo Carrio, 1997).

Para la realización del estudio patológico, determinar un diagnóstico y posterior plan de intervención; se desarrolla en cinco fases (Lopez Rodríguez, Rodríguez Rodríguez, Cruz Astorqui, Torreño Gomez, & Ubeda De Mingo, 2004):

1. Fase de estudio: se examina las características físicas de la patología presente para lograr establecer parámetros como: detección de síntomas, delimitación del

problema, análisis de la lesión y pre diagnóstico (Lopez Rodríguez, Rodríguez Rodríguez, Cruz Astorqui, Torreño Gomez, & Ubeda De Mingo, 2004).

2. Fase de dictamen: se genera el diagnóstico con su clasificación de la importancia y la tipología de la lesión, y la repercusión de la misma sobre la estructura, es decir, su nivel de gravedad (Lopez Rodríguez, Rodríguez Rodríguez, Cruz Astorqui, Torreño Gomez, & Ubeda De Mingo, 2004). La clasificación del nivel de gravedad es la última sub fase del dictamen, y puede responder a los siguientes niveles: estado de confianza (no hay ningún tipo de riesgo para el elemento ni para la estructura); estado de precariedad (carencias que disminuyen garantías de seguridad por debajo del nivel adecuado pero no pone en peligro la estabilidad de la estructura); estado de peligro (deficiencias insuficientes para soportar acciones cotidianas); estado de ruina física (el edificio pierde toda su identidad y condiciones básicas). (Lopez Rodríguez, Rodríguez Rodríguez, Cruz Astorqui, Torreño Gomez, & Ubeda De Mingo, 2004)
3. Fase de decisión: de acuerdo con lo anterior, se determina las acciones a adoptar para la intervención, entre estas puede estar: reparación, refuerzo, sustitución y/o consolidación (Lopez Rodríguez, Rodríguez Rodríguez, Cruz Astorqui, Torreño Gomez, & Ubeda De Mingo, 2004).
4. Fase de ejecución: se efectúan las acciones determinadas previamente.
5. Fase de seguimiento: proceso mediante el cual se realiza seguimiento a la evolución de la patología posterior a su eliminación.

2.1.2. Clasificación de las patologías constructivas según su origen:

La clasificación de las patologías constructiva, según Florentín Saldaña y Granada Rojas (2009) se dividen en cinco grupos:

1. Lesiones químicas: en este grupo se encuentra las patologías como resultado a la exposición de materiales o de sustancias que son corrosivas de origen exterior o interior. La corrosión puede ser causada por: corrosión química (reacción metales con gases); corrosión electroquímica (reacción por medio de electrolítico); corrosión metálica (reacción de metales con agua); corrosión por erosión (desgaste en la sección de metales); y corrosión general (deterioro por causa del medio ambiente).
2. Lesiones físicas: en este grupo se encuentras las patologías causadas por la acción de agentes climáticos (lluvia, lluvia acida, viento, calor, etc.)
3. Lesiones mecánicas: en este grupo se encuentran las patologías causadas por tensiones no estabilizadas que originan grietas, fisuras, deformaciones, etc.
4. Lesiones orgánicas: en este grupo se encuentran las patologías causas por ataques de insectos o parásitos.
5. Lesiones por ruidos: en este grupo se encuentran las patologías relacionadas con la contaminación sonora y su efecto es la reverberación, así como efectos negativos en la salud de los seres humanos.

Por su parte, Broto (s.f.) en su enciclopedia de patologías de la edificación, clasifica las lesiones en lesiones físicas (humedad, erosión, suciedad), lesiones mecánicas (deformaciones, grietas, fisuras, desprendimiento, erosiones mecánicas), lesiones químicas (eflorescencias, oxidaciones y corrosiones, organismos, erosiones).

2.1.3. Patología preventiva:

La realización de estudios patológicos permite, no solo la intervención y rehabilitación de las lesiones, sino también, establecer medidas preventivas en subsiguientes construcciones (Monjo Carrio, 1997). Esta patología preventiva se enfoque en la eliminación de las causas indirectas que se presentan en fases previas (diseño, planificación y ejecución del proyecto) (Monjo Carrio, 1997).

La patología preventiva consiste en considerar la funcionalidad constructiva de los elementos y unidades que componen un edificio, su durabilidad e integridad. Esto implicará una serie de medidas de diseño constructivo, de selección de material, mantenimiento y uso, así como una definición previa de las distintas actuaciones posibles. (Broto Comerma, s.f.)

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Concreto.

Material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos. El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena)

2.2.2. Concreto masivo.

El concreto u hormigón masivo es definido por la norma ACI 207.1R como: “cualquier volumen de hormigón con dimensiones lo suficientemente grandes como para exigir que se

adopten medidas para hacer frente a la generación de calor de hidratación del cemento y el consecuente de cambio de volumen para reducir al mínimo grietas”

2.2.3. Acero de refuerzo.

El acero de refuerzo, también llamado ferralla, es un importante material para la industria de la construcción utilizado para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de este elemento, de conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos y especificaciones. Por su importancia en las edificaciones, debe estar comprobada y estudiada su calidad. Los productos de acero de refuerzo deben cumplir con ciertas normas que exigen sea verificada su resistencia, ductilidad, dimensiones, y límites físicos o químicos de la materia prima utilizada en su fabricación.

2.2.4. Viaducto

Un viaducto es una obra de ingeniería que salva un valle en su totalidad, característica diferenciadora de los puentes. El término *viaducto* proviene del latín *vía*, camino y *ductus*, que significa conducción. Sin embargo, aparentemente en la Roma Antigua éste término nunca fue utilizado, siendo más bien una derivación moderna considerando la analogía con la palabra acueducto. Al igual que los acueductos romanos, en un principio muchos viaductos consistieron de una serie de arcos de aproximadamente la misma longitud.

2.3. Marco legal

Los requisitos del proyecto están enmarcados en el contrato de concesión No. 007 de 2007 celebrado entre la ANI y el concesionario San Rafael, en el marco del otro si No 10 ha dicho contrato. También se consideró la norma NSR-10. – Capitulo C4. Requisitos de Durabilidad.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

La naturaleza de la presente investigación es de enfoque mixto, que permite lograr una visión mayor con relación al fenómeno que se estudia generando percepciones más integrales y completas del mismo (Sampieri, 2014). Por su parte, el diseño de investigación es no experimental de corte transversal descriptivo ya que estudia en específico el proceso de diseño, planificación y construcción, en un periodo de tiempo determinado. Así mismo, el tipo de investigación es de estudio de caso, entendiendo que “(...) involucra aspectos descriptivos y explicativos de los temas objeto de estudio, pero además utiliza información tanto cualitativa como cuantitativa.” (Bernal, 2016, pág. 150).

3.2. Plan metodológico

Fase I: Describir la metodología de construcción y diseño ejecutada para la construcción del Viaducto Gualanday II.

- 1.1. Realizar la descripción de la infra y meso estructura del proyecto.
- 1.2. Describir las especificaciones particulares y las normas de diseño el proyecto.
- 1.3. Especificar los estudios complementarios en el diseño del proyecto.
- 1.4. Indicar los parámetros de los solicitantes del proyecto.
- 1.5. Describir los efectos finales y la reología de los materiales del proyecto.
- 1.6. Especificar las cargas por sismo y el efecto en el medio ambiente del proyecto.
- 1.7. Describir el sistema de seguridad en el proceso constructivo del proyecto.

Fase II: Especificar los materiales implementados en la construcción del Viaducto**Gualanday II.**

- 2.1. Especificar la resistencia de los concretos.
- 2.2. Describir los módulos de elasticidad de los concretos.
- 2.3. Indicar la preservación del concreto por efectos de agresividad ambiental.
- 2.4. Denotar la permeabilidad de los concretos.
- 2.5. Describir las características de la mezcla y el curado.
- 2.6. Especificar las condiciones exigidas al proveedor del concreto.
- 2.7. Describir las especificaciones de resistencia de los aceros de refuerzo.
- 2.8. Indicar los recubrimientos en el concreto.
- 2.9. Describir los concretos masivos en las zarpas, así como los acabados de superficie y la fundación.

Fase III: Analizar los diversos tipos de concretos empleados para la construcción del**Viaducto Gualanday II.**

- 3.1. Analizar y describir los pilotes con y sin ceniza.
- 3.2. Indicar el análisis del concreto para zapatas.
- 3.3. Especificar el análisis de los concretos para zapatas sin y con ceniza.
- 3.4. Analizar los concretos para pilas sin y con ceniza.
- 3.5. Analizar los concretos masivos en la zapata de los ejes 3, 4, 6, 2 y 8.

Fase IV: Establecer instructivos de las actividades constructivas de los ítems del proyecto de construcción del Viaducto gualanday II.

- 4.1. Establecer la metodología básica para la ejecución de pilotes pres excavados tipo kelly con camisas.
- 4.2. Establecer el procedimiento constructivo de zapatas del Viaducto Gualanday II.

Fase V: Adaptar las especificaciones técnicas de los aditivos en conjunto con las buenas prácticas, a protocolos de control de calidad de concretos.

- 5.1. Generar método del corte verde.
- 5.2. Crear protocolo para la ejecución de juntas de construcción.
- 5.3. Crear protocolo para reparaciones en el concreto – tratamiento de hormigueros.
- 5.4. Crear protocolo de desencofrado de elementos estructurales.
- 5.5. Crear protocolo para la ejecución de sellos elastomérico en fisuras en concreto.

3.3. Muestra

El tipo de muestra es no probabilística de estudio de caso, siendo este el proyecto de concesión vial Girardot-Ibagué-Cajamarca entre las abscisas K.32+473.00 y K 33+231.50 en el departamento del Tolima.

3.4. Alcance

El alcance de esta investigación es descriptivo dado que su objetivo es documentar la construcción de cimentaciones, estructura y superestructura en el Viaductos Gualanday II, así como pronosticar que, las buenas prácticas en la construcción del mismo permiten la prevención de diversas patologías en concretos y aportar a subsiguientes investigaciones y nuevas líneas de conocimiento en la construcción en Colombia.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Metodología de construcción y diseño

4.1.1. Infra y Meso Estructura

Se ha establecido una cimentación profunda, con Pilotes reforzados, pre excavados fundidos en situ y unos Caisson, en la longitud apropiada, con diámetro de 1.50m. Estos Pilotes reciben la carga por medio de una zarpa o dado de concreto reforzado, en el cual reposa la columna con sección en forma cajón.

Así mismo, encima de las columnas se construye un capitel que tiene por objeto alojar los aisladores sísmicos y todos los implementos que proporcionan estabilidad estructural al voladizo en el proceso de construcción, como son el sistema de seguridad con barras de alta resistencia (Las cuales serán retiradas una vez se realice el cierre de la superestructura).

Cabe resaltar que, el programa de software utilizado fue MIDAS CIVIL – V 7.3.0. – (ver: www.midasuser.com) y además otros programas secundarios desarrollados por GRISA.

4.1.2. Especificaciones particulares y normas de diseño

Las especificaciones generales de Diseño se han establecido así: En primera instancia el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP) - 2014. A su complementación se asumen las Especificaciones y Normas establecidas en las Normas de ensayo de materiales para carreteras del INVIAS- 2013.

Por otra parte, determinados parámetros de diseño se toman de los siguientes Códigos:

- AASHTO - Standard Specification for Highway Bridges – 16 Edition – 1996
- AASHTO - LRFD – Bridge Design Specification – 1a Edition – 1994
- AASHTO - Guide Specification for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges.
- ASBI - American Segmental Bridge Institute – Recommended Practice for Design And Construction of Segmental Concrete Bridges – July 2003.
- PCI - Precast Prestressed Concrete – Bridge Design Manual.
- PCI - PCI design handbook. – Precast & Prestressed Concrete
- CEB-FIP - Comité Euro-Internacional du Beton – Model Code 1990
- PTI - Post Tensioning Institute manual

4.1.3. Estudios Complementarios

El estudio geotécnico fue elaborado por el ingeniero Álvaro González. Así mismo, la respuesta dinámica del subsuelo fue elaborada por Ingeniería y Georiesgos – Ing. Edgar Rodríguez Granados (“Estudio de respuesta sísmica del subsuelo para el viaducto Gualanday concesión vial Girardot – Ibagué – Cajamarca”)

4.1.4. Especialista

El diseño estructural fue realizado por el ingeniero Gregorio Rentería Antorveza

4.1.5. Parámetros de Solicitantes

Las cargas de diseño correspondientes al tren de carga del camión C40-95 en diferentes posiciones sobre el tablero, se calcularon para cada tipo de luz, las cuales son de 46.0m, 93.0m, 113.0m y 128.0m y se especifican a continuación:

- $LC_M (L = 46 \text{ m}): w (m) = 1.50 - [(46 - 28) / 200] = 1.41 \text{ ton/m}$
- $LC_V (L = 46 \text{ m}): w (v) = 1.50 - [(46 - 28) / 300] = 1.44 \text{ ton/m}$
- $LC_M (L = 93 \text{ m}): w (m) = 1.50 - [(93 - 28) / 200] = 1.18 \text{ ton/m}$
- $LC_V (L = 93 \text{ m}): w (v) = 1.50 - [(93 - 28) / 300] = 1.28 \text{ ton/m}$
- $LC_M (L = 113 \text{ m}): w (m) = 1.50 - [(113 - 28) / 200] = 1.01 \text{ ton/m}$
- $LC_V (L = 113 \text{ m}): w (v) = 1.50 - [(113 - 28) / 300] = 1.22 \text{ ton/m}$
- $LC_M (L = 128 \text{ m}): w (m) = 1.50 - [(128 - 28) / 200] = 1.00 \text{ ton/m}$
- $LC_V (L = 128 \text{ m}): w (v) = 1.50 - [(128 - 28) / 300] = 1.17 \text{ ton/m}$

4.1.6. Efectos finales y reología de los materiales

Una vez efectuado el diseño con las combinaciones de carga anteriores, se aplica la *Programación de Construcción* con los efectos reológicos en el tiempo derivados del *Creep*, *Shrinkage*, *relajación del acero* y *Cambios de Temperatura*: Con estas condiciones se estableció el análisis de los modelos estructurales.

4.1.7. Cargas por Sismo

Debido a las características propias de este puente se utilizó un procedimiento de análisis sísmico 3 (PAS-3), modo de respuesta contra el tiempo con familias de acelerogramas, de acuerdo con 3.10.4.1-1. Del CCDSP-2014. INGENIERIA Y GEORIESGOS, IGR LTDA desarrolló el Estudio de Respuesta Sísmica del Subsuelo e interacción Dinámica Suelo-Estructura para el Viaducto Gualanday, sobre la quebrada Gualanday 1 y su cañón, en el municipio de Gualanday, el cual sirvió de estudio para el viaducto Gualanday 2.

Los acelerogramas empleados en el análisis estructural se encuentran detallados en el informe anteriormente mencionado, “Estudio de respuesta sísmica del subsuelo para el viaducto Gualanday concesión vial Girardot – Ibagué – Cajamarca”. En el análisis se emplearon todos los acelerogramas obtenidos en el estudio anterior a nivel de desplante de las zarpas, de cada una de las pilas y estribos.

4.1.8. Medio ambiente

La superestructura y estructura en concreto reforzado no son corrosivas y no alteran en el medio ambiente.

1.1.1. Sistema de seguridad en el proceso constructivo

El sistema de seguridad o de fijación de los voladizos durante el proceso constructivo consta de barras de alta resistencia (tipo Dywidag) para asumir las tensiones y apoyos en acero para asumir las compresiones, las cuales serán generadas por un posible desbalance durante la construcción de la superestructura.

El hecho de que exista el sistema de seguridad, no exime a la obra de desarrollar la metodología más adecuada para efectuar el desplazamiento de los carros y la fundida de las dovelas, con la mayor simetría o simultaneidad de vaciados en los voladizos.

Una vez se haya efectuado el vaciado de las dovelas de cierre y efectuado el tensionamiento inicial y parcial de los cables de cosido, se deben retirar los elementos del sistema de seguridad. Dicho retiro se recomienda realizar muy cuidadosamente, iniciando por las barras de alta resistencia, cortar los ductos de tuberías pasantes y retirar los apoyos temporales en acero.

En los planos del capitel se encuentran los planos de geometría, detalles, recomendaciones y procedimiento del sistema de seguridad. Igualmente, dentro de los planos del proceso constructivo, que se encuentran al final de las presentes especificaciones, se hace mención a dicho sistema.

4.2. Especificaciones de materiales

4.2.1. Resistencia de los concretos

El concreto de los diferentes elementos diseñados debe corresponder a las resistencias especificadas los 28 días de edad de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1: *Resistencia de los diferentes concretos*

Tipo de concreto	f'c.	psi
Concreto de Bordillos y Defensas adosadas	3.000	210.0 kgf/cm ²
Concreto de Columnas	4.000	280.0 kgf/cm ²
Concreto de Capiteles	4.000	280.0 kgf/cm ²
Concreto de Estribos	4.000	280.0 kgf/cm ²
Concreto de Zarpas	4.000	280.0 kgf/cm ²
Concreto de Pilotes	4.000	280.0 kgf/cm ²
Concreto de Solados	2.000	140.0 kgf/cm ²
Concreto en Estructuras de Acceso	3.000	210.0 kgf/cm ²

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Módulos de Elasticidad de los Concretos

Los análisis y cálculos fueron revisados para el módulo de elasticidad de la estructura presentado a continuación:

Tabla 2: *Resultados de los análisis y cálculos de la elasticidad de los concretos*

Tipo de concreto	f'c.	psi E
Concreto de Dovelas Sucesivas	6.000	256174 kgf/cm ²
Concreto de 4000psi	4.000	209165 kgf/cm ²
Concreto de 3000psi	4.000	181142 kgf/cm ²

Nota: Resistencia a compresión del concreto en el momento de la transferencia = $0.8 \cdot f'c = 336$ kg /cm². Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Preservación del concreto por efecto de agresividad ambiental

Se sugiere que la calidad del concreto tenga las siguientes especificaciones:

4.2.3.1. Permeabilidad de los concretos

Se requieren concretos de BAJA PERMEABILIDAD A CLORUROS, para lo cual el contratista de construcción, presentará con su proveedor de concreto, las muestras y ensayos de laboratorio (ASTM C1202) que permitan establecer que el concreto tiene permeabilidad máxima de 2000 Coulombs +/- un 10%, determinada mediante el ensayo rápido de permeabilidad del cloruro (*Chloride Permeability Based on Charge Passed*).

4.2.3.2. Características de la mezcla

Sobre la dosificación de la mezcla tiene que presentar la relación agua-cemento ≤ 0.40 .
El tipo de aditivo y su dosificación, por ejemplo:

- Si usara marca SIKA, el Sikaestabilizer 100 – (Silica Coloidal)
- Si usara marca Flexa, el Flexatronadmix.
- Si usara marca Basf, el Pozzolith 430R
- El producto recomendado por el proveedor del concreto y aprobado por el contratista de construcción, producido por una empresa reconocida, con la certificación de homologación del aditivo, para la aprobación por parte de la interventoría.

4.2.3.3. Curado

Un sistema de curado de extrema y óptima calidad se hace necesario para el buen comportamiento posterior de la estructura, debido a las condiciones agresivas que puede presentar el medioambiente.

El Contratista de construcción presentará a la Interventoría su protocolo para el sistema de curado, teniendo en cuenta las condiciones adversas y agresivas. Si resuelve en primera instancia utilizar una capa uniforme de membrana curadora de carácter químico, deberá

comprobar ante la Interventoría, que la misma no sufra alteración alguna con el secado prematuro que genera la brisa.

Se use o no esta protección, para el curado de la placa superior utilizará un abrigo de Yute, el cual permanecerá totalmente saturado de agua dulce, bien con regado manual o equipos intermitentes tales como los Springlers. La aplicación de la saturación dependerá de la intensidad de la brisa y la misma será controlada por la Interventoría.

4.2.3.4. Condiciones exigidas al proveedor del concreto

Para condiciones de temperatura media de 20 °C y humedad natural del 80%:

- a) Presentar los ensayos de Laboratorio que permitan definir los coeficientes reales y/o las curvas de comportamiento de Creep, dando el tiempo requerido para ello.
- b) Presentar los ensayos de Laboratorio que permitan definir los coeficientes reales y/o las curvas de comportamiento de Shrinkage del Concreto.
- c) Demostrar por ensayos de Laboratorio, El Módulo de Elasticidad = E_c (kgf/cm²) a 28 días del concreto
- d) Presentar cada 2 meses o cada 1000 m³ despachados, los siguientes ensayos de laboratorio que se utilizaron para determinar los parámetros de los puntos a y b y para garantizar la durabilidad de los concretos de acuerdo con los ensayos exigidos por las normas establecidas en el Numeral 1.1, pero se recalcan especialmente la presentación de los siguientes ensayos:
 - Ensayos de Solidez: - ASTM C 452 – C 1012.
 - Resistencia a la abrasión: – ASTM C 418 / 799 / 944
 - Reactividad: – ASTM C 227 / 289 / 342 441 / 586.

- Resultados de los ensayos de permeabilidad obtenidos.
- Granulometrías usadas en las mezclas incorporando la siguiente información:
- Contenido y características del cemento.
- Petrografía de los agregados finos y gruesos
- Tipo y proporción de aditivo Súper-plastificante y/o plastificante
- Tipo y proporción de aditivo Incorporador de aire

4.2.4. Especificaciones de resistencia de los aceros de refuerzo

El acero de refuerzo debe cumplir las especificaciones de las normas NTC 2289 (ASTM A 7060 y será para todos los diámetros, grado 60 (no protegido): **Acero de Refuerzo: $f_y = 60.000$ psi = 4200 kgf/cm².**

4.2.5. Recubrimientos en el concreto

Las barras de refuerzo deben tener los siguientes recubrimientos mínimos:

Tabla 3: *Recubrimientos mínimos para las barras de refuerzo*

Tipo de concreto	Recubrimientos mínimos
Concretos colocados directamente sobre el suelo	75 mm
Concreto expuesto a la intemperie (barras principales)	50 mm
Estribos	38 mm
Concreto pre esforzado del tablero (barras superiores)	40 mm
Barras inferiores	38 mm
Concreto no expuesto a la intemperie (barras principales)	38 mm
Estribos	25 mm
Concretos de pilotes	50 mm

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Concretos masivos en las zarpas

El vaciado de las zarpas puede realizarse en una o varias etapas siempre y cuando se tomen las medidas necesarias desde el punto de vista de diseño de mezcla, así como de logística, para controlar la temperatura en el concreto durante el fraguado del elemento, teniendo en cuenta que se trata de concretos masivos.

Se recomienda que se tomen medidas que garanticen gradientes de temperatura de máximo 20 °C en el concreto. A su vez, utilizar en la mezcla cementos de bajo calor de hidratación, relaciones agua/cemento bajas, empleo de hielo en la mezcla e incluso proyectar la resistencia del concreto a 90 días y no a 28 días como es lo acostumbrado.

La obra debe ejecutar el diseño de mezcla para obtener la resistencia final del concreto en los tiempos establecidos, así como los procesos de vaciado y logística para asegurar la continuidad en el suministro del concreto y posterior curado. En general se deben seguir las recomendaciones dadas por el ACI 207.1R-96 para este tipo de concretos.

4.2.7. Acabado de superficies

Las caras de las superficies correspondientes a columnas – capiteles - vigas cajón - y bordillo, se acabarán en concreto a la vista. La superficie del tablero del Puente, terminará a llana o regla vibratoria, seguidamente se le proporcionará un acabado con superficie rugosa que garantice la mejor adherencia de la carpeta asfáltica.

4.2.8. Fundación

La fundación consiste en pilotes pre-excavados, del diámetro indicado. El refuerzo de los pilotes se hará a todo lo largo del mismo de cuerpo a los planos respectivos. Estos pilotes deberán quedar en la profundidad y el diámetro, definido por el Ingeniero diseñador de acuerdo a las recomendaciones del ingeniero geotecnista.

Si la separación de los pilotes es igual o menor a tres diámetros debe hacerse la ejecución en obra a tres-bolillo. Se deberá entregar una copia de los registros del pilote al Ingeniero Geotecnista en un término no mayor a 48 horas y definir la profundidad final. De acuerdo a sus instrucciones.

4.3. Análisis de concretos

Los resultados de la evaluación estadística de los diferentes tipos de concreto se presentan de manera detallada en la tabla 4. Frente a los resultados obtenidos de los pilotes con ceniza se ha demostrado que la utilización de cenizas permite niveles de resistencia altos, se mejora la manejabilidad y el tiempo de manejabilidad. También se identificaron niveles de resistencias muy altos lo que sugiere que para cumplir los requisitos de relación A/Cementante, se podría incrementar el % de ceniza.

Por otra parte, los resultados de los pilotes sin ceniza indicaron que la fabricación de concreto sin ceniza, produce resultados excesivamente altos en resistencia y son mayores costos debido al impedimento en reducir el consumo debido a la limitación de relación A/ Cementante. A su vez, se identificó que la variación de resultados solo con cemento es menor que tomando todos los resultados.

Los resultados de los concretos para zapatas demostraron que la utilización de cenizas permite niveles de resistencia altos, se mejora la manejabilidad y el tiempo de manejabilidad y se ha controlado a satisfacción la temperatura y su gradiente. Ahora bien, los concretos para zapatas sin ceniza son un error y se han presentado por no disponibilidad de la misma.

Tabla 4: Resultado de la evaluación estadística de los diferentes tipos de concretos

Categoría de análisis	Pilotes con ceniza	Pilotes sin ceniza	Concreto para zapatas	Concreto para zapatas sin ceniza	Concreto para zapatas con ceniza	Concreto para pilas sin ceniza	Concreto para pilas con ceniza
Promedio obtenido	454 kg/cm ²	552 kg/cm ²	357 kg/cm ²	415 kg/cm ²	321 kg/cm ²	434 kg/cm ²	334 kg/cm ²
Calificación	352 kg/cm ²	496 kg/cm ²	278 kg/cm ²	334 kg/cm ²	287 kg/cm ²	391 kg/cm ²	293 kg/cm ²
Desviación estándar	74,1 kg/cm ² (muy alta)	41,5 kg/cm ² (alta)	59 kg/cm ² (muy alta)	60 kg/cm ² (muy alta)	26,1 kg/cm ² (muy buena)	31,6 kg/cm ² (buena)	31,1 kg/cm ² (buena)
Calificación de la variación en desviación estándar	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre	Excelente	Excelente	Excelente
Calificación en coeficiente de variación	Pobre	Excelente	Pobre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Calificación dentro del ensayo (proceso de control de calidad)	Buena	Muy bueno	Muy buena	Muy buena	Muy buena	Muy buena	Muy buena
Cumplimiento de especificaciones de la NSR-10	Satisfactorio	Satisfactoria	Satisfactoria	Satisfactoria	Satisfactoria	Satisfactoria	Satisfactoria
Cumplimiento requerimiento de la relación A/cementante 0,45	Satisfactorio	Satisfactoria	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resistencia a 3 días respecto a 28 días	62%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resistencia a 7 días respecto a 28 días	84%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resistencia de 3 días a f'c	101%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resistencia de 7 días a f'c	133%	N/A	107%	122%	122%	128%	97%
Resistencia de 28 días a f'c	162%	N/A	128%	148%	148%	155%	119%

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Análisis de concretos masivos

4.3.1.1. Zapata eje 3

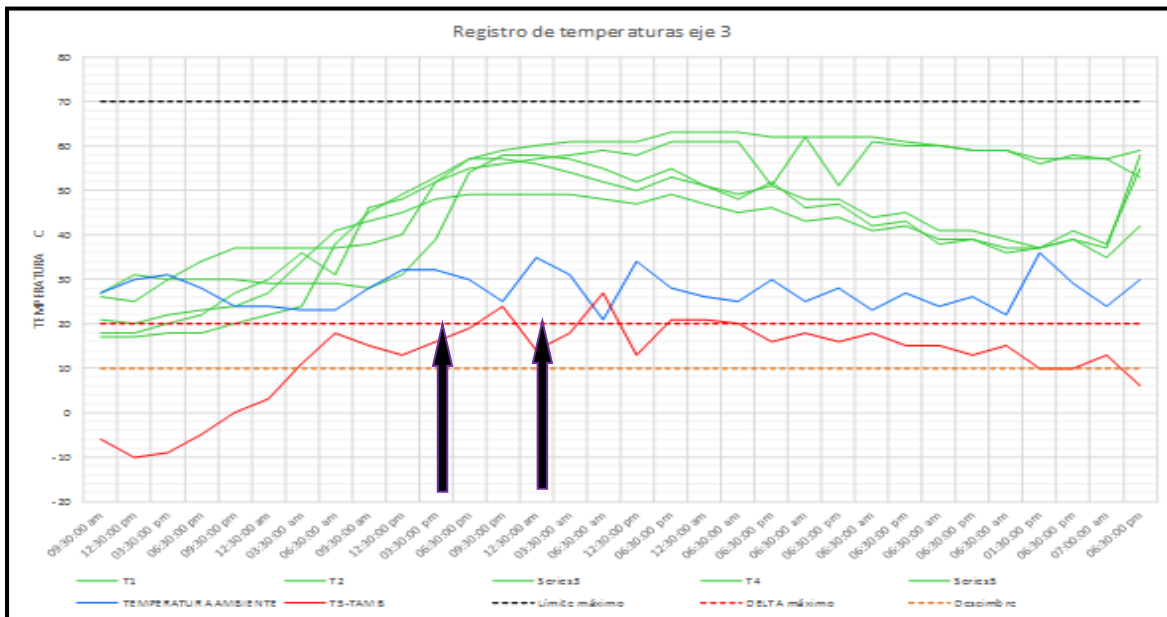


Figura 8: Registro de temperaturas del Eje 3. Fuente: Elaboración propia

En verde, los registros de las termocuplas, en azul la temperatura ambiente y en rojo el gradiente térmico entre la masa interna y la temperatura ambiente.

Se registra 2 puntos que superan la línea de control de 20 °C, ocasionados por enfriamiento de la temperatura ambiente. La masa del concreto presenta cambio gradual en su proceso de calentamiento. En este caso el efecto se disminuye por la estabilidad de la temperatura máxima que estuvo en 62°C. La gráfica muestra la masa del concreto controlada y su máximo por debajo de la recomendación de 70° C.

Monitorear el comportamiento de las temperaturas de las reacciones internas del concreto permite conocer cuando la reacción química del concreto inicia y se estabiliza, al igual que permite seleccionar el momento adecuado para retirar la formaleta, ya que de ser retirada siguiendo únicamente patrones de rendimiento de obra sin control de temperatura y llegase a

coincidir en los tiempos dónde el gradiente térmico sobrepaso los 20°C , hace que el concreto sea susceptible a sufrir fisuramiento por choque térmico entre la masa interna y temperatura ambiente.

4.3.1.2. Zapata eje 4

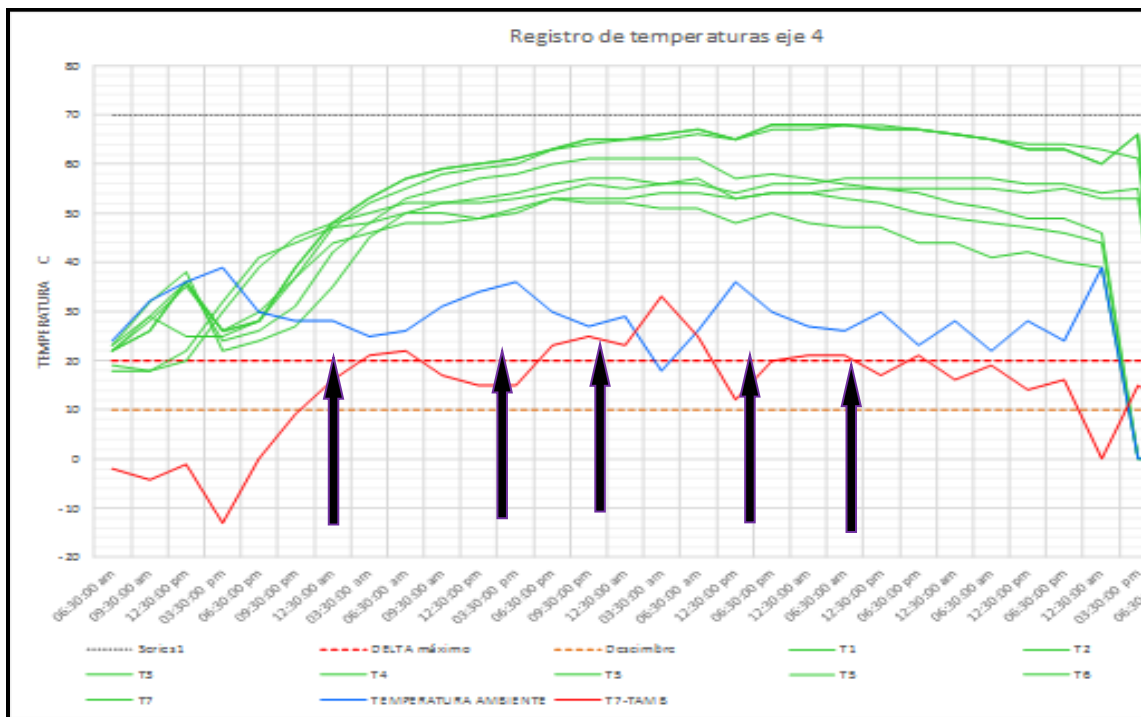


Figura 9: Registro de temperaturas del Eje 4. Fuente: Elaboración propia.

En verde los registros de las termocuplas, en azul la temperatura ambiente y en rojo el gradiente térmico entre la masa interna y la temperatura ambiente.

Se registran varios puntos que superan la línea de control de 20°C , ocasionados por enfriamiento del ambiente. La más del concreto presenta cambio gradual en su proceso de calentamiento. En este caso el efecto se disminuye por la estabilidad de la temperatura máxima que estuvo en 68°C . Se controla la temperatura máxima recomendada. La gráfica muestra la masa del concreto controlada. El retiro de la formaleta se realizó cuando el gradiente se estabilizó.

4.3.1.3. Zapata eje 6

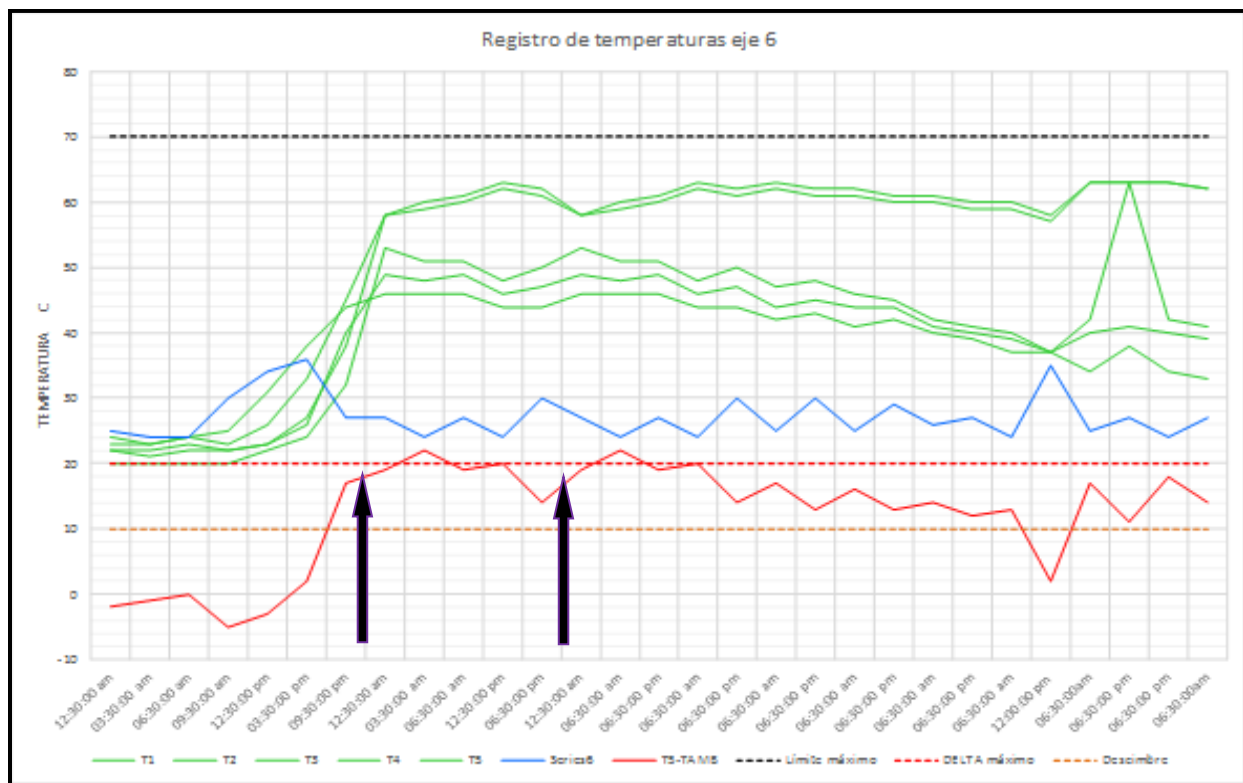


Figura 10: Registro de temperaturas del Eje 6. Fuente: Elaboración propia

En verde los registros de las termocuplas, en azul la temperatura ambiente y en rojo el gradiente térmico entre la masa interna y la temperatura ambiente.

Se registran 2 puntos que superan la línea de control de 20 °C, ocasionados por enfriamiento de la temperatura ambiente. La más del concreto presenta cambio gradual en su proceso de calentamiento. En este caso el efecto se disminuye por la estabilidad de la temperatura máxima que estuvo en 64°C.

La gráfica muestra la masa del concreto controlada, y consideramos un registro no representativo de un aumento de temperatura ambiente drástica de más de 10 ° C, (anormal).

4.3.1.4. Zapata eje 2

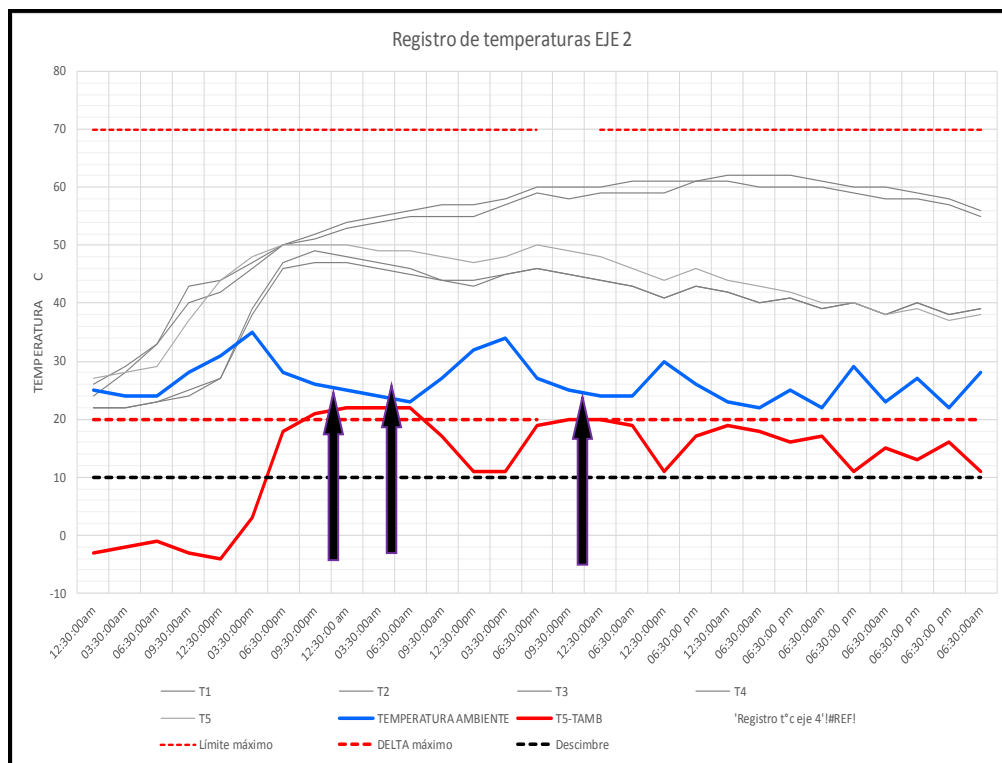


Figura 11: Registro de temperaturas del Eje 2. Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de control de temperatura del concreto masivo de la zapata del Eje 2 en gris se visualizan los registros de las termocuplas, en azul la temperatura ambiente y en rojo el gradiente térmico entre la masa interna y la temperatura ambiente. Se registra un proceso controlado y durante la primera noche se supera levemente el delta 20 °C, ocasionados por enfriamiento de la temperatura ambiente. La masa del concreto presenta cambio gradual en su proceso de calentamiento. En este caso el efecto se disminuye por la estabilidad de la temperatura máxima que estuvo en 62°C. La gráfica muestra la masa del concreto controlada y su máximo por debajo de la recomendación de 70° C.

4.3.1.5. Zapata eje 8

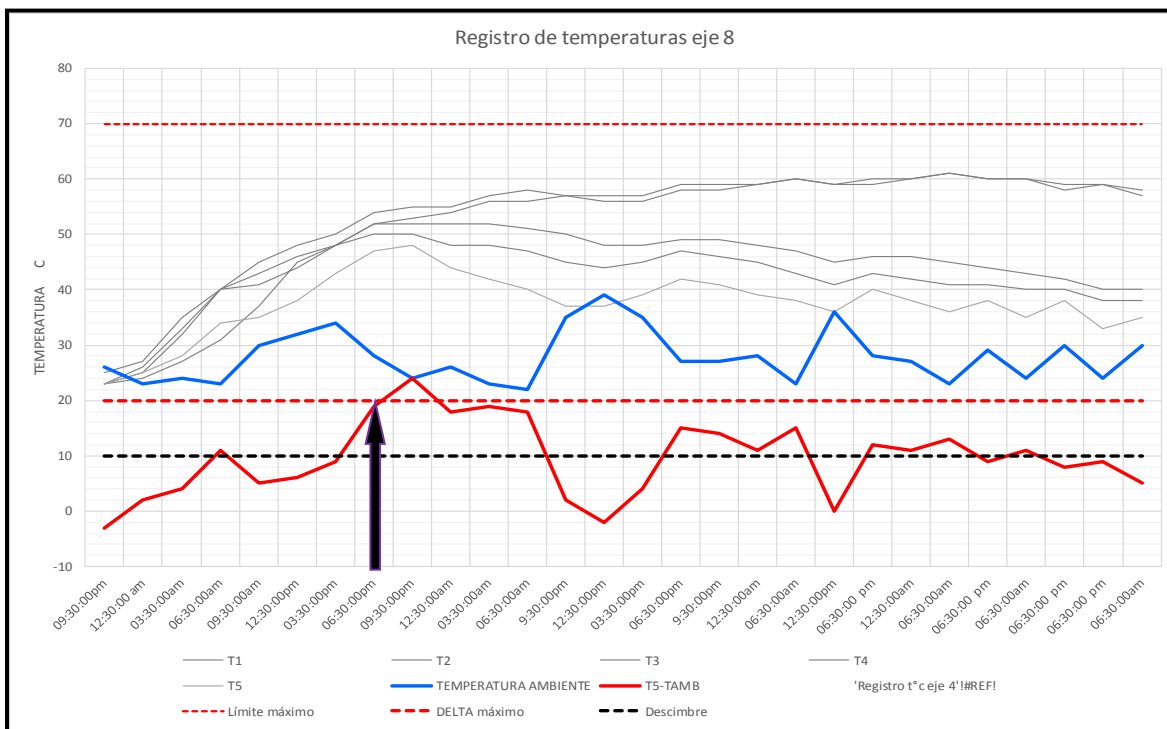


Figura 12: Registro de temperaturas del Eje 8. Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de control de temperaturas del concreto masivo de la zapata del Eje 8 en verde se visualizan los registros de las termocuplas, en azul la temperatura ambiente y en rojo el gradiente térmico entre la masa interna y la temperatura ambiente.

No se registran puntos que superan la línea de control de 20 °C, ocasionados por enfriamiento de la temperatura ambiente. La masa del concreto presenta cambio gradual en su proceso de calentamiento. En este caso el efecto se disminuye por la estabilidad de la temperatura máxima que estuvo en 67°C. La gráfica muestra la masa del concreto controlada.

4.4. Metodologías constructivas

Los proyectos de Construcción son soluciones prácticas a necesidades de los usuarios, sin embargo, por genérica que parezca la obra, cada proyecto presenta características y desafíos únicos desde el punto de vista geométrico, geotécnico, estructural, materiales, constructivos, etc.; sumado al hecho de que la especialización disciplinar dentro de la ingeniería hace que las actividades de identificación del problema, solución (obra propuesta), estudio de suelos, diseño estructural, estudio hidráulico, presupuesto y construcción (entre otras) normalmente las ejecuten diferentes profesionales y/o organizaciones; lo que da como resultado que muchas obras terminadas difieran a lo diseñado, siendo estas diferencias características que afectan la calidad, seguridad y servicio de la estructura. Por ello, de acuerdo al enfoque del TPI, se propone establecer Instructivos de las actividades constructivas de los ítems de proyecto para garantizar que lo diseñado se construya adecuadamente, dicha propuesta se establece para los siguientes ítems:

- Pre excavados tipo Kelly con Camisas
- Zapatas Viaducto
- Pila Viaducto
- Dovelas Sucesivas
- Superestructura por medio de voladizos sucesivos

Estos instructivos se describen a continuación:

4.4.1. Metodología básica para la ejecución de pilotes pre excavados tipo kelly con camisas

Este instructivo tiene el propósito de establecer los principales lineamientos de las actividades que conforman la construcción de Pilotes en tierra para la obra Puente del puente GUALANDAY II, con la finalidad de tener un producto conforme. En la figura 11 se encuentra la metodología resumida, y en la tabla 5 se encuentra las especificaciones de las diferentes fases o actividades.

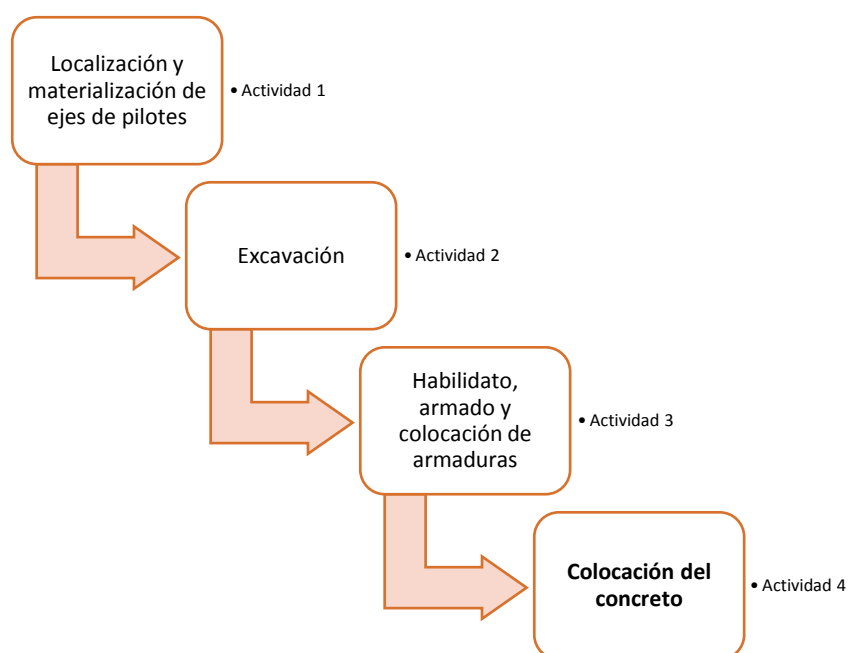


Figura 13: Resumen de la metodología básica para la ejecución de pilotes pre excavados tipo kelly con camisas.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Principales lineamientos para la construcción de pilotes

PRINCIPALES LINEAMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILOTES
1. Actividades preliminares, localización y materialización de ejes de Pilotes
<p>Generalidades: Para la ejecución de pilotes se requieren ciertas actividades previas que garantizan la buena calidad del producto final y cuyas funciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soportar el peso de los equipos de pilotaje y hormigonado. • Facilitar la ubicación y materialización de ejes de pilotes. • Facilitar excavaciones verticales de pilotes.

-
- Facilitar el control de hincado de camisa.
-

Trazo y nivelación: Con base en los planos aprobados para construcción, se realiza el trazo, localización y materialización en campo de la ubicación de los Pilotes, esta actividad a cargo del cliente el cual debe ser revisado y validado por la interventoría.

2. Excavación

Generalidades: La excavación del pilote se realiza con una piloteadora LB-36 con capacidad para realizar pilotes hasta de $D=3:00$ m y a una profundidad máxima de 36 m. Los pilotes se encamisarán hasta 14 m, o dependiendo de las condiciones del suelo.

Una vez localizado el eje del pilote y definido la posición de la piloteadora para la ejecución del elemento, se deberá colocar al menos dos puntos de referencia ortogonales al eje del pilote; la distancia de los puntos de referencia no deberá ser menor a 2 (dos) m de distancia.

Excavación: En el transcurso de la excavación, el ayudante y el operador se asegurarán siempre de la verticalidad del descenso de la barra Kelly, verificando la posición mediante inspección visual con niveles de mano y mediante sistemas electrónicos. La profundidad de la perforación se verificará con plomada y nivel. El operador de piloteadora anotará en conjunto con el residente las variaciones del terreno atravesado y el ayudante tendrá que recoger las muestras representativas del terreno cada que se presente un cambio del mismo, solamente para la primera perforación.

El material producto de la excavación del pilote será retirado por el cliente en el transcurso de la excavación de cada elemento.

Controles: Se debe llevar registro durante toda la excavación de la estratigrafía encontrada, así mismo al finalizar la excavación se deben registrar los datos del pilote ejecutado en el FORMATO DE LIBERACIÓN D EPILOTE EN OBRA.

3. Habilitado, armado y colocación de armaduras

Generalidades: Los armados son habilitados en la obra según las especificaciones de los planos de proyecto, a este respecto, hay un plano por cada tipo de armado del Pilote. También en el diseño del armado, se tienen en cuenta los elementos necesarios, para rigidizar, izar y suspender a los armados de las camisas. Cada armado será verificado y recibido por un técnico especializado. Los armados serán colocados en tramos, si es que la longitud total del armado es tal, que es necesario dividir el armado en varios tramos, los cuales serán ensamblados al momento de la colocación. La armadura de acero será realizada por el cliente.

Controles: Antes de iniciar el habilitado verificar que se esté utilizando lo elementos de izaje, dependiendo del número de varilla, lo anterior es de suma importancia para las asas y elemento de izaje, puesto que, si se utiliza eslingas de diámetro menor al indicado en planos, se corre un riesgo de rotura de las mismas lo cual puede tener consecuencias graves de seguridad.

Controles y verificación de conformidad:

- El control se llevará en el formato de la parrilla de acuerdo al Plan de Control de la Obra.
-

-
- Verificar con fluxómetro longitud, ancho y espesor el cual será medido en los estribos donde estén los ganchos
 - Soldar los traslapes de carga.
 - En caso de que el elemento no lleve armado ni concreto hasta el nivel de plataforma, se usaran asas de posicionamiento para asegurar la correcta colocación del armado (nivel de proyecto).
 - Soldadura, será de acuerdo a planos de taller aprobados para construcción, su verificación será visual.
-

Proceso de izaje: Para iniciar el izaje de la jaula dentro del Pilote, deberá estar recibida por interventoría. Se utilizará la piloteadora, así como un yugo o paloneo acorde a los puntos de izaje de la jaula, poleas y líneas de estrobos para el izaje y manipulación de la jaula. Los cuales deberán tener una capacidad de carga mayor al peso de la jaula.

Las secciones de las jaulas se dejarán bloqueadas y suspendidas por medio de tubos de acero colocados en las asas de bloqueo, o similar y se mantendrá en esa posición para la unión con la siguiente sección de la jaula si se requiere, de lo contrario se bloqueara la jaula con los tubos de acero a la cota superior de la camisa teniendo en cuenta que las asas de posicionamiento debe garantizar que la jaula quede en la cota que indique los diseños en los planos aprobados.

4. Colocación del concreto

Generalidades: Una vez terminado la instalación del armado se procede a introducir las tuberías tremie hasta el fondo la excavación que servirá para vaciar el concreto. El tipo de concreto a utilizar se aprobará antes de iniciar el proyecto y debe cumplir las especificaciones del proyecto y la permanencia de acuerdo al volumen de cada elemento a colar, esta debe ser de 3 horas para pilotes de D=1500 y de 5 Hrs. Para pilotes de D=2000. El concreto será suministrado por el cliente a una cadencia mínima al pie de los tubos tremie de 35 a 40 m³/hora.

Colocación: La armadura no podrá dejarse dentro del pilote sin colocar el concreto enseguida, si por alguna razón la parrilla está colocada y no se puede fundir, el acero debe ser retirado del elemento. La colocación del concreto tiene que ser en un evento. Se dejarán siempre, como mínimo, 3.0 m. de tubo tremie ahogados en el concreto fresco.

Se confirmará el inicio de la carga de concreto una vez que la armadura esté en su posición Para iniciar en el hormigonado deberán de estar el número de ollas suficientes para garantizar aproximadamente 4m de profundidad del pilote.

Se debe contar con una plataforma de hormigonado que permita que el personal encargado de la actividad, pueda desplazarse con seguridad y sin riesgo de accidente por el área aferente al pilote hormigonado.

Controles: Al momento de recibir el concreto es necesario de verificar la remisión de cada mixer para corroborar que se reciba con las características con las que se solicitó (resistencia, permanencia, asentamiento). Una vez que cumplan con lo anterior se realiza la prueba de asentamiento (18 a 22cm) anotando el resultado en la remisión.

Para el inicio del colado se deberá colocar un tapón en la boca de la tubería tremie para garantizar la llegada homogénea del concreto al fondo y evitar segregación del concreto dentro de la tubería si este fuera vaciado directamente. Toda la operación de colado de pilote se controla y se lleva un registro de la actividad.

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Procedimiento constructivo de zapatas viaducto gualanday II

A continuación, se presenta el procedimiento constructivo de zapatas del Viaducto Gualanday II:

Tabla 6: *Procedimiento constructivo de zapatas Viaducto Gualanday II*

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE ZAPATAS VIADUCTO GUALANDAY II		Código:
		Versión:
Objetivo: Describir la metodología que se llevará a cabo para la construcción de zapatas de un puente.		
Alcance: Aplica para la actividad de construcción de zapatas. Se utilizará el método de constructivo para cimentaciones superficiales con equipos aptos para el tipo de trabajos y herramientas necesarias para alcanzar las especificaciones de diseño del elemento.		
1. Especificaciones de responsabilidades		
Director de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir la ejecución y velar por el estricto cumplimiento de este procedimiento. 	
Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado de los productos empleados (aceros, agregados, cemento) 	
Ingeniero residente	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir la ejecución del proyecto cumpliendo los planos y especificaciones en los términos contractuales. • Chequeo de cotas, diámetros y separación de aceros y recubrimientos de acuerdo con lo especificado en planos. • Diligenciar los respectivos formatos de liberación de aceros y vaciados de concreto. • Recepción y aceptación de los materiales y equipos. • Puesta en marcha y cumplimiento del procedimiento 	
Seguridad industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Velar por el estricto cumplimiento de los procedimientos de seguridad industrial con forme a las normativas exigidas por el cliente. • Evaluar e identificar los posibles peligros y riesgos antes de comenzar actividades en el frente de trabajo, como la hidratación periódica del personal encargado del armado del refuerzo del elemento, precauciones con el izaje de cargas durante el trasiego de materiales, cuidados durante el uso de equipos de soldadura y oxicorte, colocación de plásticos como precaución en labores adyacentes a taludes inestables por los posibles desprendimientos de material. • Realizar charla de 5 minutos previos al inicio de labores. • Inspeccionar las actividades desarrolladas y cada vez que se detecten actos y condiciones inseguras que signifiquen un peligro a la integridad física a los trabajadores y otras personas tomara las medidas necesarias para mitigar el impacto. • Estará facultado para inspeccionar el estado de los equipos e instalaciones que corresponda. 	
Gestión ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar y evaluar periódicamente los ambientes de trabajo para que las actividades se realicen bajo condiciones adecuadas. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y evaluar los impactos antes de iniciar actividades en los frentes de trabajo. • Implementar acciones correctivas. • Asistir a las charlas y velar por el estricto cumplimiento de las normas ambientales. • Impartir capacitaciones mediante charlas al personal sobre aspectos ambientales.
Supervisor y capataces	<ul style="list-style-type: none"> • Estarán facultados para inspeccionar, dirigir y verificar todos los aspectos de seguridad, ambiental y técnica de obra.

2. Proceso constructivo

Obras preliminares - adecuación de plataforma de trabajo: Como actividad preliminar a la construcción de la zapata, teniendo cuidado en no afectar el refuerzo, se deben descabezar los pilotes ubicados en la zona donde se va a construir el elemento acompañado de la excavación a nivel inferior. Este descabece debe quedar como mínimo 10 cm por encima de la rasante del solado ya que esto permitirá que el acero que cruza la zona de pilotes quede elevado respetando los recubrimientos en las demás zonas. El descabece de Pilotes se debe realizar con martillos neumáticos de 60 y 90 libras y el acero de refuerzo debe limpiarse con el fin de retirar partículas que no permite la adherencia del hormigón. Posteriormente se consultan los planos generales del proyecto, donde la comisión topográfica procede a realizar el replanteo de la zona, mediante la referencia de ejes, niveles, longitudes y vértices de la zapata.

Una vez hecho esto, se procede a la adecuación de una plataforma de trabajo mediante la fundida de un concreto de limpieza de resistencia 140 Kg/cm² nivelada de acuerdo con los datos topográficos. Se procede con el vaciado de un realce o “enano” como recubrimiento en la zona de pila de 7.5 cm de espesor en concreto de 280 Kg/cm² el cual ya haría parte del concreto del dado. (Ver figura 12)

Topografía: Se materializarán los criterios para iniciar con la construcción de la zapata.

- Localización de ejes de zapata.
- Referenciar niveles de zapata.
- Referenciar longitudes y vértices de la zapata.
- Referenciar niveles, longitudes y vértices para fundida del realce que proporcionara el espesor de concreto entre la placa de solado y la parrilla de refuerzo inferior de la zapata.

Armado del refuerzo del elemento: Finalizada la adecuación de la placa de realce, se debe cimbrar la zona de armado de hierro, para posteriormente iniciar el armado acero de refuerzo según los planos estructurales entregados por el diseñador, teniendo en cuenta que los planos estén actualizados en su última versión. No se deben pasar por alto las especificaciones generales y detalles que se apliquen al armado del emparrillado superior e inferior, refuerzo lateral perimetral e interno vertical del dado de la zapata, y demás especificaciones requeridas por el calculista. Asimismo, se debe tener cuidado en la correcta disposición del acero de refuerzo para el arranque de los vástagos, respetando las longitudes y diámetros en su colocación.

Liberación del armado del refuerzo del elemento: Para la liberación del vaciado debe estar totalmente aprobado el acero instalado a satisfacción de interventoría aplicando el formato de “Autorización de Vaciado”

Encofrado del elemento: El proceso de encofrado del elemento, se determinan los tipos de formaleta a utilizar de acuerdo con las dimensiones y forma del dado, asimismo se deben tener a disposición los demás elementos necesarios para el encofrado del elemento, fonclas, alineadores o nervios, tensores, alambre negro y Separol N.

Fundida del elemento: Concluido el armado del refuerzo de la zapata, como paso previo a la fundida del elemento, mediante topografía se prosigue a ubicar los vértices de la zapata controlando el alineamiento y la verticalidad de la formaleta, conservando los recubrimientos requeridos y cumpliendo con las especificaciones generales y particulares del proyecto con relación a esta actividad.

Para la fundida del elemento se deben revisar las especificaciones generales y particulares del diseño para determinar las posibles exigencias que no se puedan cumplir inmediatamente para dar un tratamiento

<p>especial y poderlas cumplir el día de la fundida. Como, por ejemplo, que la fundida se debe realizar en una etapa, además que la resistencia del concreto debe ser 280kg/cm².</p> <p>Junto a esto se deben tener al día y en correcto funcionamiento todos los equipos necesarios para dar cumplimiento a la fundida, como vibradores, equipos para suministro de energía, bombas de concreto, tubería, equipos de iluminación y herramienta menor. Para homogeneizar la disposición del concreto, la fundida se realizará mediante la distribución de 2 puntos de vaciado de concreto, donde en 2 de estos puntos, se armarán canales provisionales elevados de vaciado en tubería Novafort de 10", y el otro punto de vaciado con el uso de bomba estacionaria. Para esto la tubería debe estar purgada y en buenas condiciones de limpieza, y se debe tener cuidado en el diámetro de la misma, ya que de acuerdo con el tamaño del agregado se pueden presentar bloqueos y generar atrasos e inconvenientes, asimismo durante la ejecución de la actividad, se debe respetar la caída del concreto a una altura no mayor a 1.0 m para evitar segregación de material. (Ver figura 13)</p> <p>Para el control de temperatura al tratarse de un concreto masivo se instalarán Termocupla tipo K en seis puntos diferentes en toda el área de la zapata y a diferentes profundidades con este sistema efectuaremos el análisis del comportamiento y control del gradiente de temperatura que posiblemente nos llegue a 48° C.</p> <p>Finalizada la fundida se debe realizar correctamente actividades como el corte y allanamiento del concreto, además de la aplicación de agentes de curado como el Antisol y Fique. Igualmente, a la cara superior de la zapata vista en planta, se le hará un bombeo con una pendiente mínima para evitar el empozamiento de aguas lluvia en esta zona. (Ver figura 14)</p>
<p>Desencofrado del elemento: Posterior a la fundida, habiendo fraguado el concreto, se procede a desencofrar el elemento, esta actividad se debe realizar con cuidado para afectar de la menor manera posible la superficie del dado, así mismo si se presentan defectos como hormigueros, ser resanados para dar una buena estética del elemento. Además, para el curado durante las primeras 72 horas se colocarán fique a lo largo y ancho del elemento el cual estará totalmente húmedo teniendo en cuenta que la formaleta sobrepasará altura del elemento obteniendo una especie de empozamiento de agua aproximada de 2.0 cm.</p>
<p>3. Especificación del equipo para el armado de refuerzo, encofrado, fundida y desencofrado de la zapata</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Bomba Estacionaria. (1) • Vibrador. (8) • Planta Eléctrica. (1) • Lámparas Reflectoras. (1) • Tubería y accesorios relacionados. • Formaleta y accesorios relacionados.
<p>4. Especificaciones de las herramientas</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Llana Metálica. • Herramienta menor.
<p>5. Especificaciones de la mano de obra</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Residente de Obra. • Inspector de seguridad industrial y ambiental. • Comisión de topografía. • Operadores de maquinaria y ayudantes. • Maestro encargado. • Cuadrilla de armado de refuerzo. • Cuadrilla de encofrado y fundida de zapata.
<p>6. Especificaciones de los materiales</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Cemento. • Arena.

- Aditivos.
- Agua.
- Agregado grueso.
- Agregado fino.
- Separol N.
- Antisol.
- Alambre Negro.
- Tubería Novafort 10”.

7. Especificaciones ambientales

- Llegado el caso de que se presenten fugas en el apuntalamiento del encofrado, durante y después del vaciado, los volúmenes de concreto desperdiciados se deben disponer en una zona de acopio para su posterior carga y transporte a los sitios de botadero.
- Después de armado el refuerzo de la zapata, el acero y alambre negro de desperdicio se debe disponer en sitios de acopio fuera de la zona de trabajo para su reutilización.

Fuente: Elaboración propia

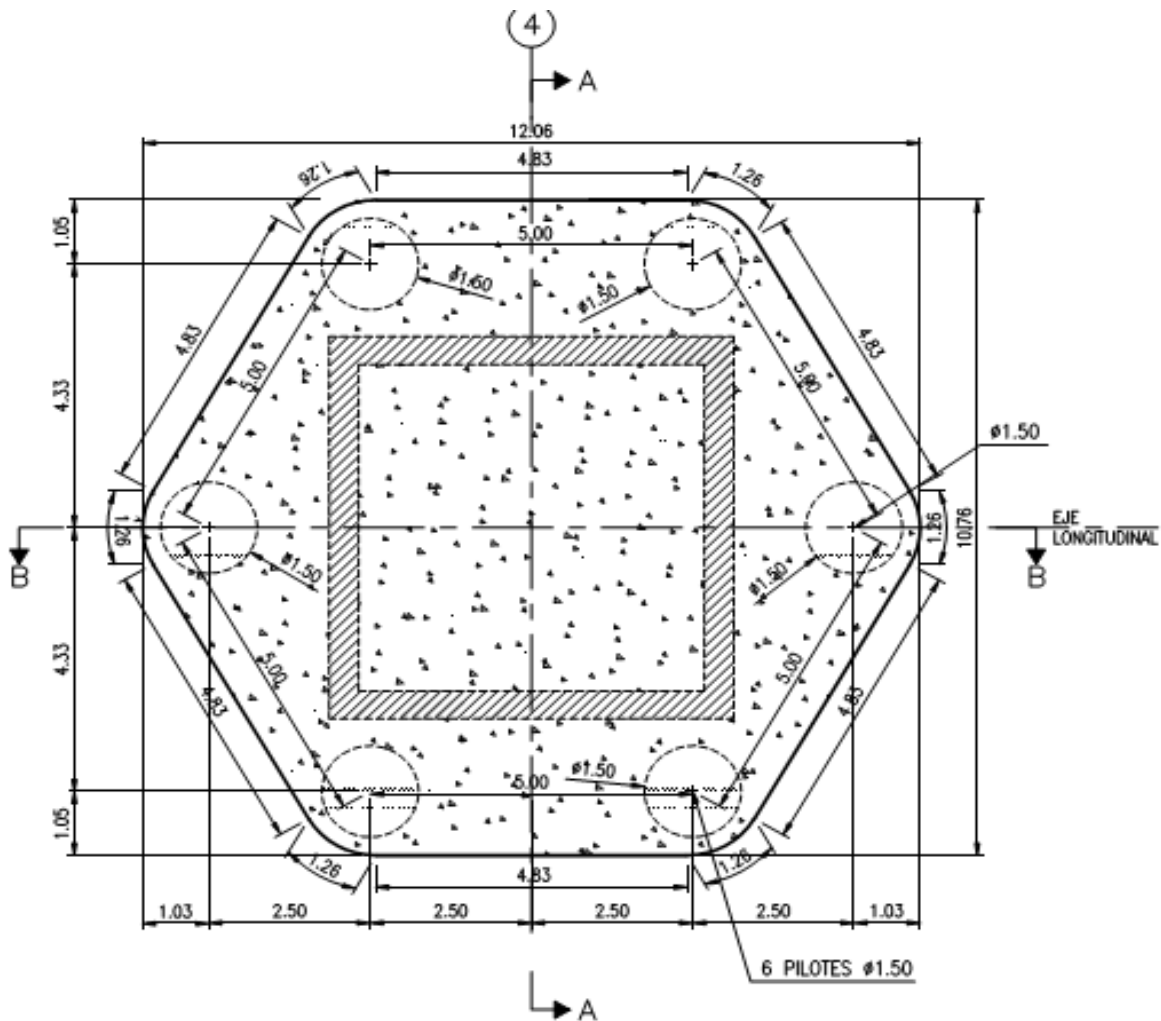


Figura 14: Replanteo para solado de limpieza y ubicación de pila. Fuente: Constructora Colpatria

4.4.2.1. *Fotos fases proceso constructivo*



Figura 17: Descabece de pilotes. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 18: Replanteo topográfico placa concreto de limpieza. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 19: Placa de realce. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 20: Armado de refuerzo zapata. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 21: Encofrado del elemento. Fuente: Constructora Colpatria.

4.4.3. Procedimiento constructivo de pila Viaducto Gualanday II.

A continuación, se presenta el procedimiento constructivo de pila del Viaducto Gualanday II:

Tabla 7: Procedimiento constructivo de pila del Viaducto Gualanday II

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE PILA VIADUCTO GUALANDAY II		Código:
		Versión:
Objetivo: Describir la metodología que se llevará a cabo para la construcción de pilas de un puente.		
Alcance: Aplica para la actividad de construcción de pilas. Se utilizará el método de constructivo de fundidas con formaleta trepante utilizando los equipos aptos para el tipo de trabajos y herramientas necesarias para alcanzar las especificaciones de diseño del elemento.		
1. Especificaciones de responsabilidades		
Director de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir la ejecución y velar por el estricto cumplimiento de este procedimiento. 	
Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado de los productos empleados (aceros, agregados, cemento) 	
Ingeniero residente	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir la ejecución del proyecto cumpliendo los planos y especificaciones en los términos contractuales. • Chequeo de cotas, diámetros y separación de aceros y recubrimientos de acuerdo con lo especificado en planos. • Diligenciar los respectivos formatos de liberación de aceros y vaciados de concreto. • Recepción y aceptación de los materiales y equipos. • Puesta en marcha y cumplimiento del procedimiento 	
Seguridad industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Velar por el estricto cumplimiento de los procedimientos de seguridad industrial con forme a las normativas exigidas por el cliente. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar e identificar los posibles peligros y riesgos antes de comenzar actividades en el frente de trabajo, como la hidratación periódica del personal encargado del armado del refuerzo del elemento, precauciones con el izaje de cargas durante el trasiego de materiales, cuidados durante el uso de equipos de soldadura y oxicorte, colocación de plásticos como precaución en labores adyacentes a taludes inestables por los posibles desprendimientos de material. • Realizar charla de 5 minutos previos al inicio de labores. • Inspeccionar las actividades desarrolladas y cada vez que se detecten actos y condiciones inseguras que signifiquen un peligro a la integridad física a los trabajadores y otras personas tomara las medidas necesarias para mitigar el impacto. • Estará facultado para inspeccionar el estado de los equipos e instalaciones que corresponda.
Gestión ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar y evaluar periódicamente los ambientes de trabajo para que las actividades se realicen bajo condiciones adecuadas. • Identificar y evaluar los impactos antes de iniciar actividades en los frentes de trabajo. • Implementar acciones correctivas. • Asistir a las charlas y velar por el estricto cumplimiento de las normas ambientales. • Impartir capacitaciones mediante charlas al personal sobre aspectos ambientales.
Supervisor y capataces	<ul style="list-style-type: none"> • Estarán facultados para inspeccionar, dirigir y verificar todos los aspectos de seguridad, ambiental y técnica de obra.
2. Proceso constructivo	
Obras preliminares - adecuación de plataforma de trabajo: Como actividad preliminar a la construcción de la pila, se revisará la zona donde arranca la pila para comprobar que la zona se encuentre rugosa para que haya una buena junta entre la zapata y la pila y se realizara un cimbrado para revisar que el acero de arranque de las pilas conserve su posición después de la fundida de las zapatas.	
Topografía: Se materializarán los criterios para iniciar con la construcción de la pila. <ul style="list-style-type: none"> • Localización de ejes de la pila. • Referenciar niveles de la pila. • Referenciar longitudes y vértices de la pila. 	
Armado del refuerzo del elemento: Se materializarán los criterios para iniciar con la construcción de la pila. <ul style="list-style-type: none"> • Localización de ejes de la pila. • Referenciar niveles de la pila. • Referenciar longitudes y vértices de la pila 	
Encofrado del elemento y liberación topográfica: En el proceso de encofrado del elemento se utilizará una formaleta trepante de acuerdo con las dimensiones y forma de la pila, la cual cuenta con todos los elementos necesarios para el encofrado del elemento, fonclas, alineadores o nervios y tensores. La Formaleta trepa se armará para tramos de fundida de pila de altura 3.5.	
Etapas de fundida de pilas: La comisión de topografía realizara entrega de niveles y coordenadas de los vértices de la formaleta previa a la fundida del elemento, controlando el alineamiento y la verticalidad de la formaleta, conservando los recubrimientos requeridos y cumpliendo con las especificaciones generales y particulares del proyecto con relación a esta actividad	
Fundida del elemento: Para la fundida del elemento se deben revisar las especificaciones generales y particulares del diseño como resistencia del concreto, tamaño del agregado, asentamiento; para determinar las posibles exigencias que no se puedan cumplir inmediatamente para dar un tratamiento especial y poderlas cumplir el día de la fundida.	

<p>Junto a esto se deben tener al día y en correcto funcionamiento todos los equipos necesarios para dar cumplimiento a la fundida, como vibradores, equipos para suministro de energía, bombas de concreto, tubería, equipos de iluminación y herramienta menor.</p> <p>Para homogeneizar la disposición del concreto se tendrán las opciones de fundida por bomba estacionaria, vaciado con torre grúa o la combinación de ambos sistemas para agilizar y optimizar la fundida.</p> <p>Para el uso de la bomba estacionaria está la tubería que debe estar purgada y en buenas condiciones de limpieza, y se debe tener cuidado en el diámetro de esta, ya que de acuerdo con el tamaño del agregado se pueden presentar bloqueos y generar atrasos e inconvenientes. Asimismo, durante la ejecución de la actividad se debe respetar la caída del concreto a una altura no mayor a 1.0 m para evitar segregación.</p>
<p>Curado del concreto: Para el curado de las pilas, debido a que su superficie está cubierta por formaleta, se realizara humectación con agua a las caras de la formaleta, y a la parte superior de la pila. Una vez se suelte la formaleta 24 horas después de fundido, se continuará la humectación directa de las caras de la pila las primeras 72 horas después del vaciado.</p>
<p>Desencofrado del elemento: Posterior a la fundida, habiendo fraguado el concreto, se procede a soltar la formaleta a las 24 horas después del vaciado, esta actividad se debe realizar con cuidado para afectar de la menor manera posible la superficie de las pilas. Por otro lado, si se presentan defectos como hormigueros, serán resanados para dar una buena estética al elemento.</p> <p>Una vez terminado de amarrar el acero de la siguiente sección se procederá a izar la formaleta y a posicionarla para el siguiente vaciado. De esta forma se llevarán todos los ciclos de la pila: amarre de acero, encofrado, vaciado, curado, amarre acero de la próxima sección e izaje de formaleta al nivel superior hasta que se complete las 6 etapas de vaciado de las pilas.</p>
<p>3. Especificación del equipo para el armado de refuerzo, encofrado, fundida y desencofrado de la pila</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Formaleta Tropa • Bomba Estacionaria. (1) – Suministrado por el Consorcio. • Torre grúa (1) • Vibrador. (4) • Lámparas Reflectoras. • Tubería y accesorios relacionados. • Formaleta y accesorios relacionados.
<p>4. Especificaciones de las herramientas</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Llana Metálica. • Herramienta menor.
<p>5. Especificaciones de la mano de obra</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Residente de Obra. • Inspector de seguridad industrial y ambiental. • Comisión de topografía. • Operadores de maquinaria y ayudantes. • Maestro encargado. • Cuadrilla de armado de refuerzo. • Cuadrilla de encofrado y fundida.
<p>6. Especificaciones de los materiales</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Cemento. • Arena. • Aditivos. • Agua. • Agregado grueso. • Agregado fino.

- Separol N.
- Antisol.
- Alambre Negro.

7. Especificaciones ambientales

- Llegado el caso de que se presenten fugas en el apuntalamiento del encofrado, durante y después del vaciado, los volúmenes de concreto desperdiciados se deben disponer en una zona de acopio para su posterior carga y transporte a los sitios de botadero.
- Después de armado el refuerzo de la zapata, el acero y alambre negro de desperdicio se debe disponer en sitios de acopio fuera de la zona de trabajo para su reutilización.

Fuente: Elaboración propia

4.4.3.1. Fotos fases proceso constructivo



Figura 22: Armado de acero pila. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 23: Encofrado pila. Fuente: Constructora Colpatría

4.4.4. Procedimiento constructivo dovelas sucesivas

A continuación, se presenta el procedimiento constructivo de dovelas sucesivas del Viaducto Gualanday II:

Tabla 8: *Procedimiento constructivo de dovelas sucesivas del Viaducto Gualanday II*

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE DOVELAS SUCESIVAS VIADUCTO GUALANDAY II		Código:
		Versión:
Objetivo: Describir la metodología que se llevará a cabo para la construcción de dovelas sucesivas de un puente.		
Alcance: Aplica para la actividad de construcción de dovelas. Utilizando los equipos aptos para el tipo de trabajos y herramientas necesarias para alcanzar las especificaciones de diseño del elemento.		
1. Especificaciones de responsabilidades		
Director de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir la ejecución y velar por el estricto cumplimiento de este procedimiento. 	
Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado de los productos empleados (aceros, agregados, cemento) 	
Ingeniero residente	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir la ejecución del proyecto cumpliendo los planos y especificaciones en los términos contractuales. • Chequeo de cotas, diámetros y separación de aceros y recubrimientos de acuerdo con lo especificado en planos. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Diligenciar los respectivos formatos de liberación de aceros y vaciados de concreto. • Recepción y aceptación de los materiales y equipos. • Puesta en marcha y cumplimiento del procedimiento
Seguridad industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Velar por el estricto cumplimiento de los procedimientos de seguridad industrial con forme a las normativas exigidas por el cliente. • Evaluar e identificar los posibles peligros y riesgos antes de comenzar actividades en el frente de trabajo, como la hidratación periódica del personal encargado del armado del refuerzo del elemento, precauciones con el izaje de cargas durante el trasiego de materiales, cuidados durante el uso de equipos de soldadura y oxicorte, colocación de plásticos como precaución en labores adyacentes a taludes inestables por los posibles desprendimientos de material. • Realizar charla de 5 minutos previos al inicio de labores. • Inspeccionar las actividades desarrolladas y cada vez que se detecten actos y condiciones inseguras que signifiquen un peligro a la integridad física a los trabajadores y otras personas tomara las medidas necesarias para mitigar el impacto. • Estará facultado para inspeccionar el estado de los equipos e instalaciones que corresponda.
Gestión ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar y evaluar periódicamente los ambientes de trabajo para que las actividades se realicen bajo condiciones adecuadas. • Identificar y evaluar los impactos antes de iniciar actividades en los frentes de trabajo. • Implementar acciones correctivas. • Asistir a las charlas y velar por el estricto cumplimiento de las normas ambientales. • Impartir capacitaciones mediante charlas al personal sobre aspectos ambientales.
Supervisor y capataces	<ul style="list-style-type: none"> • Estarán facultados para inspeccionar, dirigir y verificar todos los aspectos de seguridad, ambiental y técnica de obra.
2. Proceso constructivo construcción zona sobre cimbra	
<p>Fundido losa de fondo: La fundida debe comenzar de a fuera hacia adentro para que la deflexión del pie del amigo ocurra con las primeras cargas de concreto, así cuando la fundida llegue a la zona de la pila, la deflexión ya estará hecha y no habrá fisuras en la zona de pila en voladizo. Es importante llevar un registro topográfico para así controlar las deflexiones y poder prevenir algún accidente.</p>	
<p>Fundida muros y diafragmas: La fundida se debe hacer despacio debido a la gran cabeza que existe, se deben aplicar las capas de espesores similares y vibrar bien, se repite el procedimiento cuantas veces sea necesario hasta llenar los muros, teniendo en cuenta que no se debe endurecer el concreto de la capa anterior pues se pueden presentar juntas frías perjudiciales para la estructura. Es importante llevar un registro topográfico durante la fundida para así controlar las deflexiones y poder prevenir algún accidente</p>	
<p>Colocación aceros, tableros, ductos y cables: Según los planos estructurales debe amarrarse todo el acero destinado a la losa superior o tablero de la zona sobre cimbra y todos los ductos que servirán de coraza para los Tensionamiento de todas las dovelas del puente. Es importante cuidar los distanciamientos, cantidades y recubrimientos especificados, como también los alineamientos y curvaturas de los ductos para no incurrir en pérdidas por fricción durante el Tensionamiento. El acero debe estar alineado y con las separaciones exigidas en los planos, además, los ductos deben estar bien alineados, todas las uniones deben estar cubiertas con cinta de empacar para evitar filtraciones de lechada al interior del ducto en las uniones durante la fundida. Debe preverse la colocación del refuerzo necesario para el andén y la barrera de contención en concreto.</p>	
<p>Chequeo de topografía: Partiendo de la base de la correcta calibración de los equipos topográficos, el topógrafo se encarga de dar los niveles y puntos exactos de los vértices para tener un correcto</p>	

<p>alineamiento y nivelación de la fundida que se va a realizar. La formaleta debe estar bien asegurada a los nervios y éstos a los gatos que sirven de pies de amigos. Es importante verificar las pendientes longitudinales y transversales relacionados en el diseño de la estructura y en el componente de diseño vial.</p>
<p>Fundida de tablero: La fundida debe ser lenta para dejar que el concreto ayude a soportar su propia carga específicamente los aleros, debe utilizarse un concreto con gravilla fina y un vibrador de cabeza delgada debido a la gran densidad de ductos que hay en esa zona. Una vez terminada la fundida la superficie debe quedar rugosa intencionalmente, para esto es recomendable pasar una escoba sobre el concreto fresco. Cuando el concreto pase por una tonalidad brillante a mate debe aplicarse un sellante como antisol o similar para evitar la evaporación del agua residual y las fisuras producidas por la retracción de fraguado. Es importante llevar un registro topográfico durante la fundida para así controlar las deflexiones y poder prevenir algún accidente. Deben preverse y dejar embebidos en el concreto todos los elementos de montaje para el carro de avance.</p>
<p>Construcción de superestructura por medio de voladizos sucesivos: Se realiza el análisis de todos los lineamientos del diseño, para iniciar el proceso constructivo de cada dovela. Se hace necesario tener claridad de la construcción que se va a desarrollar, con el propósito de controlar los apoyos, pasadores y tornillos, soporte principal del carro de avance, los cuales reciben la carga viva y muerta, para la fundida de las dovelas del puente. Es importante antes y durante la fundida, hacer revisión de todas las plantillas y barras diwidag que sostienen la formaleta para evitar barrigas y abombamientos que le den mal aspecto a la estructura.</p>
<p>Colocación de acero y ductos: Una vez nivelados todos los elementos del carro de avance, debe ser iniciada la colocación del acero de refuerzo, ductos y anclajes para Tensionamiento, iniciando en la losa de fondo, luego los muros y por último el tablero con todos los ductos. Esto da como resultado la dovela lista para el vaciado del concreto., para ello se debe verificar el estado de los pasadores y las soldaduras de los elementos sometidos a grandes esfuerzos. El acero debe estar completo, correctamente alineado y con los recubrimientos y espaciamentos exigidos en los planos.</p>
<p>Chequeo de topografía: Partiendo de la base de la correcta calibración de los equipos de topografía, el topógrafo se encarga de dar los niveles y puntos exactos de los vértices, para tener un correcto alineamiento y nivelación de la fundida que se va a realizar. Debe quedar la formaleta correctamente posicionada, para la fundida de la dovela. La formaleta debe quedar bien asegurada con los tornillos diwidag o Formclamps suficientes, para evitar el abombamiento.</p>
<p>Fundida de dovela: La fundida debe ser lenta, para dejar que el concreto ayude a soportar su propia carga, especialmente en los muros. Debe utilizarse un concreto con bajo asentamiento para la losa inferior y los muros. Para el tablero debe usarse un concreto con mayor asentamiento, debido a la gran densidad de ductos que hay en esta zona, y con el fin de poder dar un mejor acabado durante la tallada. Una vez terminada la fundida, la superficie debe quedar rugosa intencionalmente, para esto es recomendable pasar una escoba sobre el concreto fresco. Cuando el concreto pase de una tonalidad brillante a mate, debe aplicarse un sellante como antisol o similar, para evitar la evaporación del agua residual, y las fisuras producidas por la retracción de fraguado. Este proceso deja el concreto con un agradable aspecto y con las pendientes de los bombeos requeridos. Es importante dejar un registro fotográfico durante la fundida, para así controlar las deflexiones, y poder prevenir algún accidente.</p>
<p>3. Especificación del equipo para el armado de refuerzo, encofrado, fundida y desencofrado de la dovela</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Formaleta • Torre grúa (1) • Vibrador. (3) • Lámparas Reflectoras. • Tubería y accesorios relacionados. • Formaleta y accesorios relacionados.

<ul style="list-style-type: none"> • Formaleta y accesorios relacionados.
4. Especificaciones de la mano de obra
<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Residente de Obra. • Inspector de seguridad industrial y ambiental. • Comisión de topografía. • Operadores de maquinaria y ayudantes. • Maestro encargado. • Cuadrilla de armado de refuerzo. • Cuadrilla de encofrado y fundida.
5. Especificaciones de los materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Cemento. • Arena. • Aditivos. • Agua. • Agregado grueso. • Agregado fino. • Separol N. • Antisol. • Alambre Negro.
7. Especificaciones ambientales
<ul style="list-style-type: none"> • Llegado el caso de que se presenten fugas en el apuntalamiento del encofrado, durante y después del vaciado, los volúmenes de concreto desperdiciados se deben disponer en una zona de acopio para su posterior cargue y transporte a los sitios de botadero. • Después de armado el refuerzo de la zapata, el acero y alambre negro de desperdicio se debe disponer en sitios de acopio fuera de la zona de trabajo para su reutilización.

Fuente: Elaboración propia

4.5. Protocolos control de calidad de concretos

En aras de ejecutar las obras con eficiencia, se generan los presentes protocolos para coadyuvar al Control de Calidad del Concreto, con el que se pretende reafirmar nuestro interés de garantizar la estabilidad de las obras y los procedimientos que se deben seguir en caso de algún imprevisto que la pueda poner en riesgo.

4.5.1. Método del corte verde.

Consiste en la preparación de una superficie rugosa que permita la adherencia de dos concretos de diferentes edades; para el método del Corte Verde se realiza el siguiente procedimiento:

- Revoque de concreto, sobre la formaleta de la estructura de concreto a fundir.
- Después de 2 a 4 horas que el concreto haya sido vaciado y dependiendo de su consistencia y tiempos de fraguado, con un chorro de agua fría a presión (Preferiblemente con Hidrolavadora) se humedece o lava la superficie con el fin de limpiar superficialmente el agregado y de esta manera generar una superficie rugosa, sin que se lleguen a afectar las partículas de agregado grueso. Si no es posible realizar este procedimiento con agua, se procede a generar el corte verde con un cepillo que permita generar una superficie de adherencia adecuada para continuar más adelante con la colocación del concreto.



Figura 24: Revoque de concreto. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 25: Preparación de superficie con chorro de agua. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 26: Preparación de superficie con chorro de agua. Fuente: Constructora Colpatria

4.5.2. Protocolo para la ejecución de juntas de construcción

Se llaman juntas de construcción aquellas que se deben dejar a causa de seguir el proceso de vaciado del concreto en un tiempo diferente al vaciado inicial y por lo cual, se requiere de un tratamiento en las superficies de concreto para garantizar la adherencia, dar continuidad estructural y que requieran definirse para evitar contracciones y deformaciones y de este modo reducir los incrementos de esfuerzos en el concreto. Existen juntas programadas por construcción.

Para generar una junta y tratarla de la manera correcta, se debe tener claro que la superficie debe estar libre de polvo y partículas, adicionalmente esta debe estar rústica y en cualquiera de los casos debe tener una llave de conexión entre superficies.

La junta de construcción debe localizarse de tal manera que cumplan los siguientes requisitos: (1) Deben tener el menor efecto posible sobre la resistencia de la estructura. (2) Deben separar la estructura en segmentos que faciliten la construcción.

Ahora bien, para realizar un adecuado proceso de construcción de las juntas, relacionamos el siguiente procedimiento:

- a) Las juntas en vigas horizontales serán, si no se especifica lo contrario en los planos, a 90° (perpendicular al eje longitudinal de la viga) y al tercio de la luz, y la junta en columnas verticales serán totalmente horizontales y en el centro de la luz. Las juntas serán impermeables, los bordes serán líneas rectas.
- b) En las juntas verticales, los bordes se formarán mediante elementos que permitan generar una adherencia de bordes cuadrangulares, asegurados a las superficies de las formaletas, entre el concreto existente y el concreto nuevo.
- c) El refuerzo se prolongará hasta después de las juntas (pelos de refuerzo). No se permitirá que inmediatamente a continuación de estas juntas se hagan traslapes del refuerzo.
- d) Con el fin de garantizar continuidad al concreto, se debe preparar la superficie de adherencia, en primera instancia utilizando el método del CORTE VERDE, descrito en el PROTOCOLO No. 1. Si este procedimiento no es posible, se picará la superficie hasta exponer el agregado grueso y que tenga un aspecto rugoso, y se aplicará una imprimación con un adherente epóxico o acrílico de concreto tipo: SIKADUR 32 PREMIER, para crear los puentes de adherencia, o EPOTOC L, o EPOTOC 1-1, o similar.

- e) Se retirará de las juntas de construcción cualquier exceso de agua y se limpiará el acero de lechadas de cemento o costras de mortero antes de reiniciar el vaciado.
- f) Una vez aplicado el adherente epóxico sobre la superficie del concreto ya existente, se procede a continuar fundiendo la estructura con el concreto especificado.

4.5.3. Protocolo para reparaciones en el concreto – tratamiento de hormigueros.

El concepto de hormigueros se refiere a espacios dentro de los elementos de concreto endurecido, que permite la exposición del agregado, presentando vacíos irregulares, que han quedado libres de mortero presente en la mezcla.

Las causas son diversas, pero la más frecuente es la deficiencia durante la colocación del concreto en el proceso de consolidación y vibrado. De igual manera, si adicionalmente la mezcla de concreto no tiene una adecuada manejabilidad, consistencia y homogeneidad, se puede incrementar la tendencia a presentarse hormigueros.

Para proceder a cualquier reparación es necesario, realizar un diagnóstico previo del elemento y valorar las características del hormiguero, como, profundidad, volumen, y evaluar si hay acero de refuerzo expuesto y que no tiene protección.



Figura 27: Presencia de hormigueros en estructuras de concreto. Fuente: Constructora Colpatria

Ahora bien, para realizar un adecuado tratamiento a estas irregularidades en el vaciado, se establece el siguiente procedimiento:

- a) **Limpieza:** El primer paso es remover toda la masa de concreto que esté suelta o débil. Para esto se puede realizar en forma manual o si es necesario se debe hacer cortes y eventualmente se puede requerir aire o agua a presión. Ante la presencia de acero expuesto, es necesario indagar si se ha presentado corrosión. En caso de corrosión se debe limpiar el acero mediante productos comerciales certificados. El proceso de limpieza debe dejar una superficie libre de elementos sueltos, libre de materiales en la superficie como aceites, combustibles, grasas, curadores, desmoldantes, arena, polvo etc. La superficie debe dejarse con textura o aspecto rugoso.



Figura 28: Acero expuesto. Fuente: Constructora Colpatría

- b) **Corte:** Para elementos horizontales, se recomienda la remoción del concreto mediante el método del cajón, que consisten en hacer un corte en forma de cajón que remueva el concreto y permita que quede un área libre de concreto, con bordes preferiblemente con líneas ortogonales. La superficie debe quedar rugosa y libre de materiales sueltos.

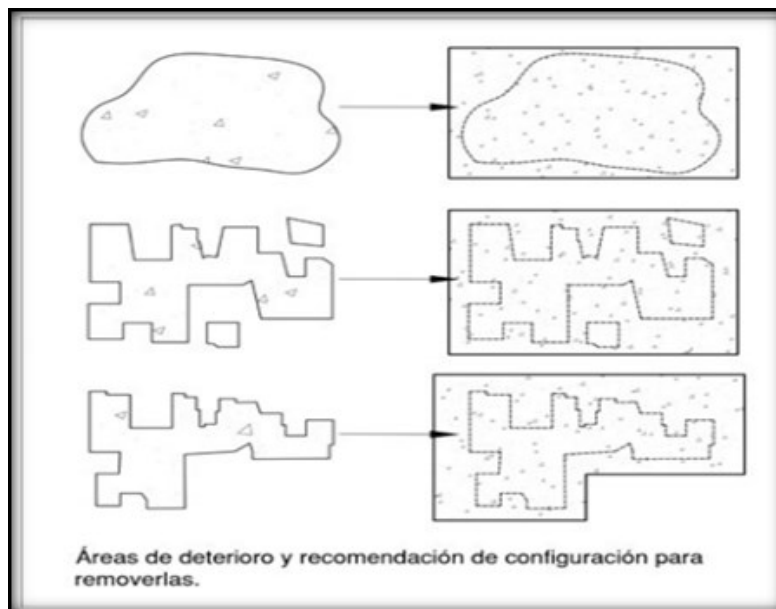


Figura 29: Áreas de deterioro y recomendación de configuración para removerlas. Fuente: Constructora Colpatría

Para elementos verticales, el corte también debe ser en figura de cajón, con trazos ortogonales, pero la cara superior del cajón debe tener una pendiente 1V:3H, de tal manera que la cara expuesta superior sea más alta que la cara interna superior. Este detalle evita que el producto nuevo a aplicar deje espacios internos con aire en la parte superior del cajón.

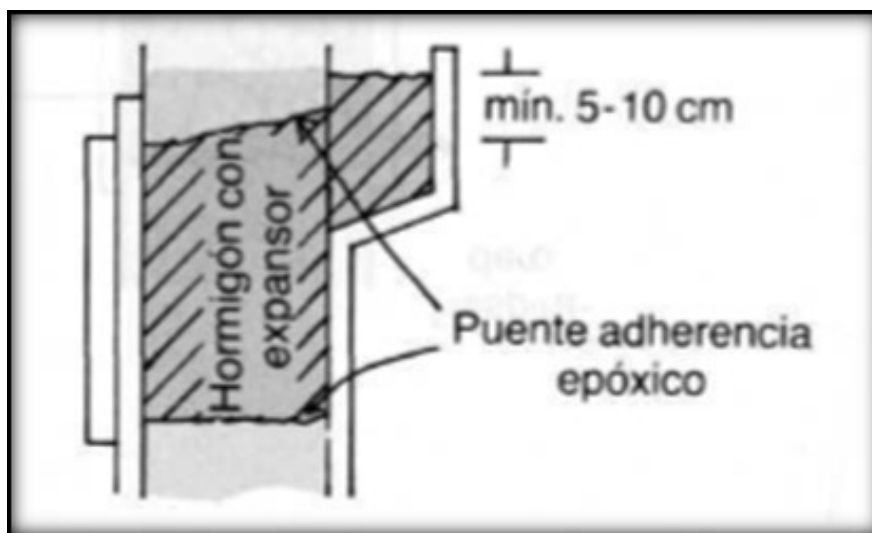


Figura 30: Puente de adherencia. Fuente. Constructora Colpatría

c) **Aplicación de producto de reparación:** La reparación del hormiguero tiene como objetivo asegurar que este sea llenado con material de características cementantes,

resistente con características de contracción compensadas, capaz de crear la capa protectora para el acero y que se adhiera al concreto endurecido existente y que no permita que haya debilidad de tipo estructural en la zona. Para esto es necesario utilizar productos comerciales, garantizados, conocidos como morteros de reparación; las marcas y tipos son diversos, pero debe cumplirse en forma estricta el modo de empleo que se incluyen en la ficha técnica respectiva.

Dependiendo de las condiciones del hormiguero, su dimensión, facilidad o dificultad para la aplicación del producto se pueden utilizar morteros de reparación fluida, semifluida o de consistencia seca y con carga o no de gravilla. Las compañías que suministran estos productos tienen las diferentes opciones en sus productos comerciales. Los productos que están utilizando en el proyecto con resultados satisfactorios, son:

- SIKA TOP 122-121, como mortero de reparación
- SIKA GROUT -212, para rellenos que requieren volumen
- GRAUTOC, para rellenos sin contracciones.
- SIKADUR 32 PRIMER, para crear los puentes de adherencia
- ANVIL TOP 300, para puentes de adherencia

d) Protección y curado: Una vez aplicado el mortero de reparación, es indispensable, suministrar las condiciones de hidratación, mediante un proceso de curado adecuado. Se recomienda la aplicación de curadores de membrana comerciales que disminuyan la pérdida de humedad del mortero de reparación aplicado.

4.5.4. Protocolo de desencofrado de elementos estructurales.

El desencofrado consiste en el desmontaje de la formaleta de un elemento estructural, una vez el concreto adquiere la resistencia necesaria para efectuar esta actividad.

Para realizar un adecuado desencofrado, se establece el siguiente procedimiento:

- a) Utilización de desmoldante tipo industrial, que evite la adherencia de concretos y morteros a formaletas metálicas o de madera. El producto se seleccionará de acuerdo con la necesidad: Separol N o similar.
- b) La preparación de la superficie se realiza de acuerdo con la ficha técnica del producto, sin embargo, se recomienda que las formaletas estén limpias y secas y enfriadas.
- c) Para la aplicación del desmoldante, se debe de igual manera atender las recomendaciones dadas por el fabricante, sin embargo, para todos los casos, se recomienda que la aplicación sea homogénea y en toda el área de la formaleta, para garantizar la efectividad del producto.

4.5.5. Protocolo para la ejecución de sellos elastoméricos en fisuras en concreto

El sellado de fisuras de concreto tiene como objeto proteger el refuerzo de posible corrosión, principal causa del deterioro de las estructuras de concreto reforzado que reduce significativamente su vida útil. Congruente con las recomendaciones de la Norma Sismo resistente Colombiana NSR 10 en su capítulo C.4, Requisitos de durabilidad y acogiéndose a lo establecido en la Norma NTC 5551 Durabilidad de Estructuras de Concreto.

Para ello, la recomendación es que se utilice un producto elástico, que no solo pueda sellar sino también que pueda absorber movimientos que se presenten en el futuro en el concreto. El fin primordial de la recomendación es evitar el ingreso de sustancias dañinas que puedan

afectar el refuerzo por corrosión a largo plazo reduciendo el flujo de penetración. No se está buscando una inyección con criterio de pega estructural.

Si existiera dificultad en el acceso en las partes exteriores del elemento estructural, en el caso que algunas fisuras atravesen la estructura, se hace difícil considerar que se pueda realizar un sellado de inyección por presión que rellene la fisura en toda su longitud.

El Numeral C.4 de la NSR 10 el nivel de afectación por durabilidad que podría aplicarse para las obras en concreto del proyecto es de un C1, así mismo, el documento ACI 224, basado en una condición de exposición de aire húmedo o suelo saturado y desde el punto de vista de durabilidad, se concluye que podría requerirse algún tipo de tratamiento en anchos de fisuras superiores a 0.3 mm.

Refuerza lo anterior, la publicación “Marine Concrete Structures”, escrita por Mark G. Alexander, sobre diseño, durabilidad y comportamiento y referida en el primer punto tiene en su numeral 3.6.1.2 algunas anotaciones sobre el control de agrietamiento en estructuras de concreto. Aquí se indica que el fisuramiento en estructuras de concreto es normal y que la norma CIRIA C660 (2007) lo expresa claramente en el control de fisuras. “El evitar totalmente el fisuramiento es contrario al concepto de diseño del concreto reforzado que asume que el concreto no tiene capacidad de resistencia a la tensión y utiliza el refuerzo de acero para el control de esfuerzos de tensión y controlar el ancho de las fisuras y si el concreto no se fisura entonces el refuerzo no ha sido utilizado con eficiencia.”

La misma Norma expresa asimismo que el fisuramiento en el concreto reforzado no es un defecto y que la base de diseño del concreto reforzado es diseñar un refuerzo que controle el ancho de la fisura y que los problemas se presentan cuando las fisuras son de la suficiente

magnitud que puedan hacer que la estructura no pueda ponerse en servicio. La CIRIA C660 define la relación entre el ancho de la fisura e indica que la significancia del fisuramiento se debe considerar en tres categorías:

1. Fisuras que conllevan problemas de durabilidad y por ello reducción en la capacidad de la estructura.
2. Fisuras que conllevan pérdida de servicio de la estructura (Ejemplo pérdida de agua o radiación, etc.).
3. Fisuras estéticamente inaceptables.

La misma Norma tiene una Tabla, que se presenta a continuación en la cual destaca el espesor máximo recomendado en fisuras que se presentan en exposición marina (Condición más crítica que las que se puedan presentar en el proyecto) y basado en Normatividad inglesa:

Table 3.8 Recommended maximum flexural crack width for marine exposure, w_{max} (mm)

Exposure class	Reinforced members and prestressed members without bonded tendons Quasi-permanent load combination	Prestressed members with bonded tendons Frequent load combination
XS1, XS2, XS3	0.3	Decompression

Figura 31: Espesor máximo recomendado en fisuras. Fuente: Table 7.101N of BS EN 1992-2:2005, 2005. Eurocode 2-Design of Concrete Structures – Part 2: Concrete Bridges – Design and Detailing Rules. The British Standards Institution, United Kingdom

Es clara la necesidad de hacer un tratamiento en aquellas fisuras que tienen un espesor por encima de 0.3 mm con un producto de comportamiento elástico o elastomérico que garantice la durabilidad, que adhiera bien al concreto y que tenga una elongación adecuada en el caso que las fisuras sean activas y que trabaje bien en fisuras pasivas.

Ahora bien, para realizar un adecuado sellado de fisuras, se establece el siguiente procedimiento:

- a) Selección de la fisura a trabajar en función de su espesor (Mayor de 0.3 mm).



Figura 32: Identificación de fisura activa. Fuente: Constructora Colpatria

- b) Abrir la fisura hasta una profundidad del orden de 5 mm utilizando una pulidora a la cual se le pegan dos cuchillas de diamante para lograr un espesor de apertura entre 5 y 6 mm. Pueden utilizarse pulidoras para discos de 7 o 9 pulgadas de diámetro. Se abre la fisura siguiendo su forma (Ruteando) tratando de no superar la profundidad, como guía se puede seguir el ancho del reborde diamantado de la cuchilla.



Figura 33: Profundización y ruteo de fisura con cuchilla de diamante. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 34: Profundización y ruteo de fisura con cuchilla de diamante. Fuente: Constructora Colpatría

- c) El producto que se plantea usar es el producto Sikaflex 11 FC o similar en color gris. Se deben seguir las recomendaciones de la ficha técnica del producto dada por el fabricante, ideal que sea un material mono componente, fácil de colocar y rellenar, confiable de características elásticas y durables, que no requiera de equipo muy sofisticado. El sellamiento propuesto disminuye apreciablemente los riesgos de penetración de elementos nocivos que puedan afectar la durabilidad de la estructura por corrosión de armadura de refuerzo.



Figura 35: Colocación del material de sello. Fuente: Constructora Colpatria

- d) Antes de aplicar el sellador es importante que a la regata abierta se le pase un soplador para eliminar cualquier mota de polvo que pueda afectar la adherencia del producto. Es preferible que se aplique sobre superficie seca.



Figura 36: Colocación del material de sello. Fuente: Constructora Colpatria

- e) Una vez finalizada la colocación del material de sello se oprime ligeramente con un dedo enguantado mojado en agua jabonosa para garantizar la uniformidad de colocación y de manera inmediata se retira con una espátula los excesos que quedan a los lados.

4.6. Registro Fotográfico



Figura 37: Pilotaje Eje 4. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 38: Pilotaje Eje 4. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 39: Solado cimentación Eje 4. Fuente: Constructora Colpatria



Figura 40: Armado de zapata Eje 4. Fuente: Constructora Colpatria



Figura 41: Armado de zapata Eje 4. Fuente: Constructora Colpatria



Figura 42: Armado de columna Eje 4. Fuente: Constructora Colpatria



Figura 43: Pruebas de integridad a pilotes Eje 5. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 44: Descarga de concreto. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 45: Pilas Viaducto Gualanday II. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 46: Pila Eje 5. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 47: Pila – Capitel Eje 2. Fuente: Constructora Colpatria



Figura 48: Instalación de aisladores sísmicos. Fuente: Constructora Colpatría



Figura 49: Control de calidad Grout de nivelación. Fuente: Constructora Colpatría

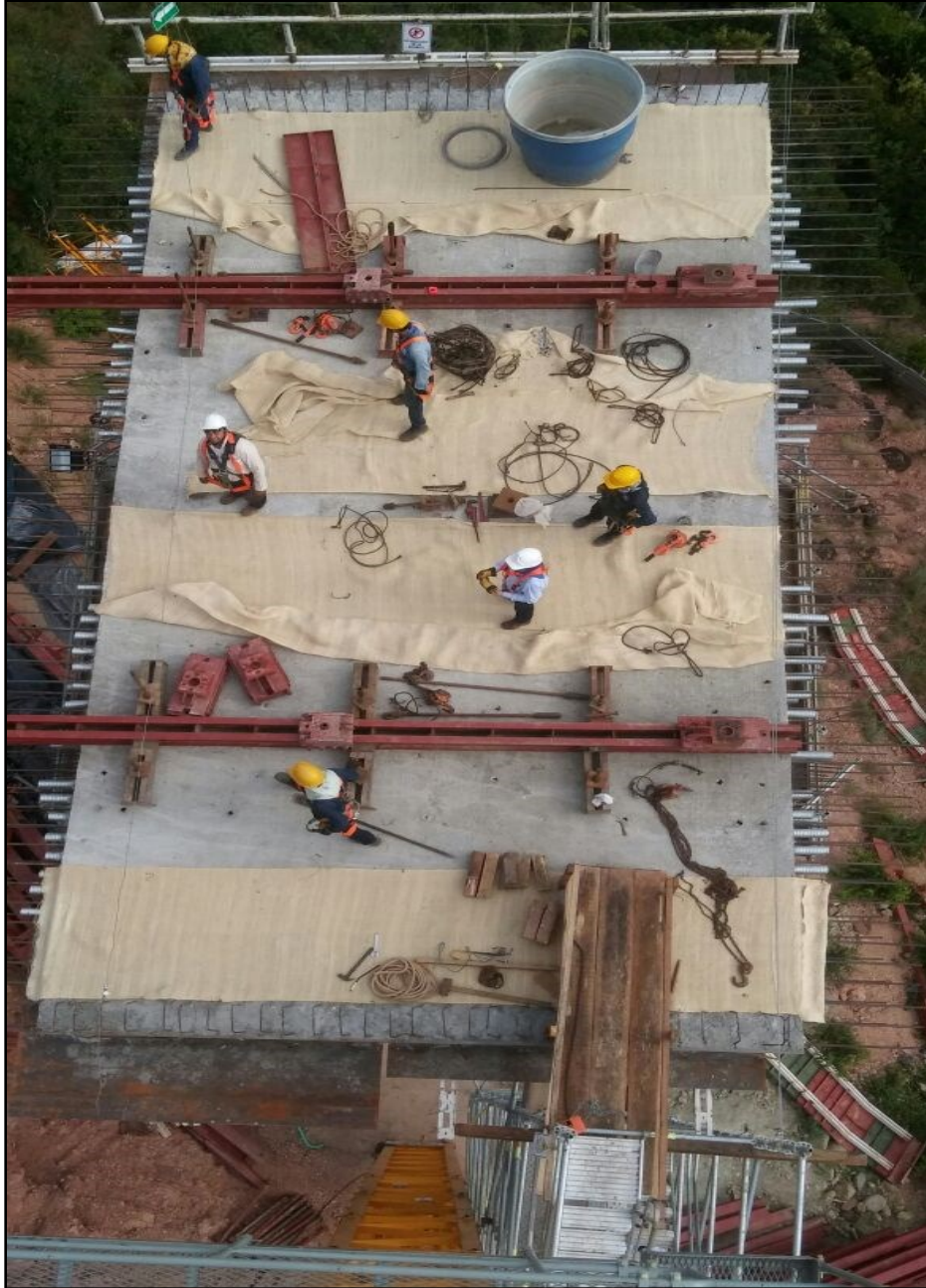


Figura 50: Instalación fique losa superior dovela Eje 2. Fuente: Constructora Colpatria



Figura 51: Curado fique losa superior dovela Eje 2. Fuente: Constructora Colpatría

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

La implementación de medidas preventivas en las fases de diseño, planificación y ejecución en la construcción de cimentaciones, estructura y superestructura de proyectos como el Viaducto Gualanday II; es un garante de durabilidad de la obra. Documentar este tipo de prácticas permiten evidenciar y generar conocimiento para la realización de buenas prácticas en la prevención de patologías.

Es importante que en la ingeniería Colombiana se adopte una cultura de prevención y conservación los proyectos, adoptando buenas prácticas de diseño y construcción para mitigar los riesgos de lesiones y asegurar la durabilidad de las estructuras. Proyectos de última generación como el Viaducto Gualanday II que fue sido concebido en términos de durabilidad, obteniendo rendimientos de servicio a lo largo de la vida útil superiores en relación a otros proyectos del mismo tipo, esto quiere decir que mientras estructuras convencionales del mismo tipo tienen una vida útil de 50 años, el viaducto Gualanday II puede estar en servicio por 100 años, lo cuál evidencia superioridad en el desempeño si no también menor consumo de recursos económicos y materiales de construcción, impactando positivamente al medio ambiente.

Así mismo, es relevante la generación de procedimientos estandarizados que respondan de manera satisfactoria a la normatividad y que tenga un enfoque de riesgo para que así se desarrollen las diferentes etapas del proyecto con base en prevención, durabilidad y resistencia, y con ello mitigar gastos en rehabilitación y reparación de las obras civiles en periodos de tiempo más cortos de lo planificado.

Referencias bibliográficas

- AASHTO. (1996). Standard Specification for Highway Bridges. *16*.
- Aguerre, J. A. (22 de Mayo de 2018). Infraestructura: puente y vía para el desarrollo. *El País*.
Obtenido de
https://elpais.com/elpais/2018/05/18/planeta_futuro/1526649693_551565.html
- Asociación de Fabricantes de Cemento Portland. (Octubre de 2014). La industria del cemento y la Sostenibilidad. *69*(1).
- Benitez Pinzón, D. J., Moreno, L. A., & Andrade, W. J. (2017). Patología preventiva en cimentaciones de edificios de gran altura 1-2016 (Tesis de especialización). Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomás. Obtenido de
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10554/benitezdiana2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación* (Cuarta ed.). Bogotá, D.C., Colombia: PEARSON.
- Broto Comerma, C. (s.f.). *Enciclopedia Broto de Patologías de la Edificación*. Obtenido de
https://higieneysseguridadlaboralcv.s.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf
- Cadena Castro, J. C., Guzmán Suarez, J. S., & Ortiz, A. F. (Julio de 2019). Análisis y propuesta de intervención de la patología de la construcción del puente vehicular Progal vía ambalá del municipio de Ibagué (Tesis de especialización). Ibagué, Tolima, Colombia: Universidad Santo Tomás.
- CII. (1993). Constructability Implementation Guide. Prepared by Construction Industry Institute Constructability Implementation, Task Force, Special Publication 34-1.
- Clavijo, S. (23 de Enero de 2019). Los costos ocultos de la falta de mantenimiento vial. *La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/los-costos-ocultos-de-la-falta-de-mantenimiento-vial-2819475>
- DANE. (2019). *Indicador de Inversión en Obras Civiles (IIOC) Tercer trimestre de 2019*. Boletín Técnico , Bogota D.C. . Obtenido de
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/obras/bol_obr_civi_IIItrim19.pdf
- Díaz Barreiro, P. (2014). Protocolo para los estudios de patología de la construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia (Tesis de maestría) . Bogotá D.C. : Pontificia Universidad Javeriana.
- Especificaciones Generales de construcción de Carreteras 2013 y Normas de ensayo de materiales 2013 INVIAS 2013, Ministerio de Transporte, Instituto nacional de vías. Colombia(s.f.).

- Florentín Saldaña, M. M., & Granada Rojas, R. D. (2009). *Patologías constructivas en los edificios. Prevenciones y soluciones* (1 ed.). (R. M. C., Ed.) Asunción, Paraguay: Universidad Nacional de Asunción. Obtenido de <http://www.cevuna.una.py/inovacion/articulos/05.pdf>
- Garzón, D. (07 de Febrero de 2018). Hay 16 puentes en estado crítico: Invías. *Noticias canal 1*. Obtenido de <https://noticias.canal1.com.co/noticias/16-puentes-estado-critico-invias/>
- Hernández, O., & Mendoza, C. (2006). Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. *Ingeniería, Investigación y tecnología*, 7(1). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432006000100005
- IDRD. (2010). NSR-10 Norma Sismo Resistente .
- Instituto Nacional de Vías INVÍAS . (2014). Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCDSP).
- Leal Acosta, A. C. (16 de Abril de 2019). Colombia requiere 45.000 km de vías adicionales, dice el BID. *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/colombia-requiere-45-000-km-de-vias-adicionales-dice-el-bid-528658>
- Lima, H. J., Ribeiro, R. S., Palhares, R. A., & Melo, G. S. (2019). Analisis de manifestaciones patológicas del concreto en viaductos urbanos. *ALCONPAT*, 9(2), 247-259. doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.308>
- Lopez Rodríguez, F., Rodríguez Rodríguez, V., Cruz Astorqui, J. S., Torreño Gomez, I., & Ubeda De Mingo, P. (2004). Tomo 1: El lenguaje de las grietas patología y recalces de las cimentaciones. En *Manual de la patología de la edificación*. Madrid, España: Departamento de tecnología de la Edificación (E.U.A.T.M). Obtenido de https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruz-old/Docencia/cursos/ManualPatologiaEdificacion_Tomo-1.pdf
- Martínez, P., González, V., & De Fonseca, E. (Abril de 2009). Integración conceptual Green-Lean en el diseño, planificación y construcción de proyectos. *Revista ingeniería de construcción*, 24(1). Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732009000100001&script=sci_arttext
- Monjo Carrio, J. (1997). *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos* (Segunda Edición ed.). Madrid, España: Editorial Munilla-Leria.
- Muñoz Díaz, E. E. (s.f.). Estudio de las causas del colapso de algunos puentes en Colombia. Obtenido de https://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentros-suelosyestructuras/documentos/tercer_ent/estudio_causas_colapso_algunos_puentes.pdf
- Neville, A. (s.f.). Maintenance and durability of Concrete Structures. *Concrete International*.

- Peñuela Bejarano, E., & Sossa Espitia, J. J. (2015). Patologías mecánicas presentes en los puentes vehiculares de la localidad de Fontibón (Tesis de grado). Bogotá D.C. , Colombia: Universidad Católica de Colombia .
- Portafolio. (31 de Enero de 2018). Un error de diseño habría sido la causa del desplome del puente de Chirajara. *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/causas-de-la-caida-del-puente-de-chirajara-513797>
- PTI - Post Tensioning Institute manual. (s.f.).
- Redacción Económica. (04 de Diciembre de 2019). Viaducto de Gualanday II entrará en funcionamiento en enero de 2020. *El Espectador*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/economia/viaducto-de-gualanday-ii-entrara-en-funcionamiento-en-enero-de-2020-articulo-894329>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación* . Mexico D. F.: McGraw - Hill Interamericana .
- Tadeu Mascia , N., & Lenz Sartorti, A. (Abril de 2011). Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales. *Revista Ingeniería de Construcción*, 26(1). Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v26n1/art01.pdf>
- Urdaneta, N. (02 de Junio de 2017). La infraestructura vial de Colombia: un reporte de la Cuarta Generación de Concesiones y la Ruta del Sol. *Supuestos*. Obtenido de <http://revistasupuestos.com/ciudad-y-vida-urbana/2017/6/2/la-infraestructura-vial-de-colombia-un-reporte-de-la-cuarta-generacin-de-concesiones-y-la-ruta-del-sol>