ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.
Instituto
DESARROLLO URBANO

LICITACIÓN PÚBLICA

CONSULTORÍA PARA LA REVISIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS POR MEDIO DE LA EJECUCIÓN DE PILOTES DE SACRIFICIO Y PRUEBAS DE CARGA, ADICIONALMENTE LA ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LOS COMPONENTES DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE UBICADO EN LA AVENIDA CIUDAD DE CALI POR AVENIDA FERROCARRIL EN BOGOTÁ D.C.

CAPÍTULO 9

ESTRUCTURAS

BOGOTA D. C., ENERO DE 2023

TABLA DE CONTENIDO

1 OBJETIVOS DEL COMPONENTE 2
2 ANTECEDENTES 2
3 NORMAS APLICABLES 3
4 ALCANCE 3
5 PRODUCTOS 4
5.1 Memorias de cálculo 4
5.2 Planos estructurales 5
5.3 Productos mínimos a entregar 8
5.3.1 Informe de recolección, validación, análisis y complementación de información 8
5.3.2 Revisión y Diseño 8
6 EVALUACIÓN DE CARGAS 9
6.1 Acciones en puentes 9
6.1.1 Acciones permanentes 9
6.1.2 Acciones variables 9
6.1.3 Acciones accidentales 10
6.2 Combinaciones de carga 11
7 CRITERIOS DE PLANEACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PUENTES 11
7.1 Generalidades 11
7.1.1 Gálibos en puentes 12
7.2 Puentes Vehiculares 13
7.2.1 Gálibos 13
8 CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL 13
8.1 Generalidades 13
8.2 Intersecciones vehiculares a desnivel 16
8.3 Pasos peatonales a desnivel independientes o adosados a estructuras existentes 17
9 PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y DE MONTAJE 18
10 PRUEBAS DE CARGA ESTÁTICAS Y DINÁMICAS 19

CAPÍTULO 9

ESTRUCTURAS

La presente sección está dedicada a la concepción, análisis, revisión y diseño de las estructuras resultantes en el proyecto, así como la verificación y revisión de los diseños estructurales existentes, y demás actividades requeridas para la complementación o actualización o ajustes de estudios y diseños para la implementación de la solución prevista para el proyecto; la cual abarca todos aquellos temas referentes al dimensionamiento geométrico, la evaluación de solicitaciones, revisión y cálculo de esfuerzos y deformaciones, selección de materiales, reforzamiento, así como, la interacción con el suelo de fundación tanto para estructuras nuevas como para estructuras existentes. Todo lo anterior, teniendo en cuenta la información generada en la revisión de parámetros geotécnicos por medio de la ejecución de pilotes de sacrificio y pruebas de carga.

La información que se presenta a continuación corresponde a una guía general de los parámetros a tener en cuenta en la revisión y los diseños estructurales requeridos en el proyecto, incluyendo sus sistemas de fijación y demás que puedan requerir cálculos estructurales.

La revisión, actualización, ajustes, complementación y elaboración de los estudios y diseños estructurales, así como la aplicación de los lineamientos que se presentan en el presente capítulo deberán ser realizados por un profesional especialista en estructuras con experiencia, quien deberá verificar los parámetros que son aplicables al proyecto.

1 OBJETIVOS DEL COMPONENTE

Verificar el estado, revisar, definir y diseñar el tipo de intervención que se debe realizar a las estructuras existentes y definir y diseñar las estructuras nuevas que requiere el proyecto.

2 ANTECEDENTES

El contratista deberá efectuar el análisis de información primaria y secundaria, así como tener en cuenta los estudios realizados por el IDU mediante los siguientes contratos:

- ***Contrato IDU 039 de 2011.*** *"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS SIGUIENTES OBRAS: A) INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA CIUDAD DE CALI (AK 86) POR AVENIDA FERROCARRIL DE OCCIDENTE (AC 22), PROYECTO CÓDIGO DE OBRA 175 Y B) TRAMOS FALTANTES DE LA AVENIDA FERROCARRIL DE OCCIDENTE POR LA CALZADA NORTE CORRESPONDIENTE AL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA CARRERA 100 Y LA CARRERA 96I POR LA CALZADA SUR CORRESPONDIENTE AL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA CARRERA 96C Y LA CARRERA 93, QUE HACEN PARTE DEL PROYECTO CON CÓDIGO DE OBRA 190 DEL ACUERDO 180 DE 2005 DE VALORIZACIÓN EN BOGOTÁ D.C."*

- **Contrato IDU 952 de 2017.** "*ACTUALIZACIÓN, COMPLEMENTACIÓN O AJUSTES DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN A DESNIVEL DE LA AV. CIUDAD DE CALI (AK86) POR AVENIDA FERROCARRIL DE OCCIDENTE (AC 22), PROYECTO CÓDIGO DE OBRA 175 (ACUERDO NO. 645 DE 2016) EN LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN EN BOGOTÁ D.C.*

Teniendo en cuenta, que los contratos mencionados anteriormente pueden referir a otros contratos relacionados o anteriores, estos deberán ser consultados, igualmente, en el repositorio institucional del IDU.

3 NORMAS APLICABLES

El Consultor deberá dar cumplimiento a lo establecido en las normas, códigos y/o reglamentos de diseño y construcción nacionales e internacionales aplicables, dentro de los cuales cabe destacar:

- Norma Colombiana de Diseño de Puentes. LRFD. CCP-14, INVIAS - Resolución 108 del 26 de enero de 2015.
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2012. American Association of State Highway Bridges.
- LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges de la AASHTO
- Decreto 279 del 09 de septiembre de 2003 “Por la cual se reglamentan los puentes peatonales en el Distrito Capital”.
- Cartilla para el puente peatonal prototipo para Bogotá, adoptada mediante resolución de la Dirección General del IDU No. 4892 del 25 de noviembre de 2009.
- Cartilla de Estaciones Sencillas IDU
- Decreto Distrital 523 de Diciembre 16 de 2010, Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D. C.
- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Decreto 2525 del 13 de julio de 2010, por el cual se modifica el Decreto 926 de 2010 y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 92 del 17 de enero de 2011, por el cual se modifica el Decreto 926 de 2010.
- Decreto 340 del 9 de julio de 2012, por el cual se modifica parcialmente el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10.
- Decreto 945 del 5 de junio de 2017, por el cual se modifica parcialmente el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10.
- Normas NTC 4774 Accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios Urbanos y Rurales. Cruces peatonales a nivel, elevados o puentes peatonales y pasos subterráneo.
- NTC 4143 (Tercera actualización) Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y Espacios Urbanos. Rampas fijas adecuadas y básicas.
- NCHRP350. Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features. Norma Americana para barandas de puentes vehiculares.
- NCHRP537. Recommended Guidelines for Curb and Curb–Barrier Installations.
- EN 1317. Road restraint systems. Norma Europea para barandas en puentes vehiculares.
- Roadside desing guide AASTHO. Versión actualizada.
- Manual for assessing safety hardware (MASH). FHWA.
- Normas SISTEC de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado, Agua y Aseo de Bogotá
- Especificaciones técnicas de Construcción INVIAS – 2014.

4 ALCANCE

La búsqueda, recopilación y análisis de información secundaria, deberá contemplar aspectos principales como: antecedentes de proyectos, estudios y normatividad, y en general todos aquellos aspectos que permitan tener un adecuado conocimiento del proyecto desde el punto de vista estructural, lo cual se deberá complementar con el reconocimiento visual de las zonas que hacen parte del proyecto, con el objetivo fundamental de realizar un diagnóstico preliminar.

Para cada una de las estructuras existentes, se debe realizar el inventario, levantamiento topográfico e identificación de las patologías existentes, así como la identificación de la intervención que se debe realizar en cada una de ellas indicando si se deben conservar, recuperar, reforzar, o demoler y el procedimiento a seguir para su intervención y afectación con las obras existentes y por construir.

Para el caso de cada una de las nuevas estructuras identificadas en el proyecto se debe realizar el listado y la localización en las mismas, así como su dimensionamiento, la identificación de las características de los materiales, diseños de detalle, memorias de cálculos, despieces de los elementos y detalles de refuerzo entre otros, de igual manera se deben realizar los planos estructurales y la guía para la construcción y montaje.

Por otro lado se requiere la identificación de las cantidades de obra que permita obtener el presupuesto de las mismas y la identificación de las dedicaciones y perfiles de los profesionales requeridos en obra para este componente.

Entre las estructuras que se deben diseñar se encuentran puentes a desnivel, puentes a nivel, box culvert, deprimidos, glorietas a desnivel, estaciones, portales, estructuras eléctricas, elementos de protección de redes, estructuras hidráulicas, elementos de modificación o complementación de redes existentes, estructuras de contención necesarias para garantizar la estabilidad o para atender la diferencia de niveles, estructuras sobre canales, barandas y elementos de mobiliario incluyendo sus sistemas de fijación.

5 PRODUCTOS

5.1 Memorias de cálculo

En las memorias de cálculo se debe indicar en forma clara la descripción de las estructuras, los elementos que las componen, su geometría y materiales. Igualmente, debe contener el registro descriptivo de los cálculos realizados para el análisis y diseño de la estructura y las consideraciones empleadas, lo cual soporta y fundamenta las dimensiones y refuerzos determinados, permitiendo verificar el cumplimiento de los procedimientos exigidos por la normatividad aplicable. Comprende además, como mínimo lo siguiente:

1. Descripción del proyecto.
2. Códigos y reglamentos tomados como base para la elaboración del proyecto.
3. Especificaciones de materiales a utilizar en la estructura incluyendo cimentaciones y rellenos.
4. Incluir información acerca de los resultados del estudio de suelos, describiendo los criterios de diseño y recomendaciones propuestas por el geotecnista para el diseño de las estructuras de contención, las cimentaciones requeridas y la evaluación de estructuras existentes, incluyendo como mínimo la capacidad portante del suelo y los parámetros geotécnicos empleados en la evaluación de cargas si hay lugar a ello.
5. Especificaciones de materiales a utilizar en la estructura incluyendo cimentaciones y rellenos.
6. Esquemas de localización de las estructuras y sus diferentes elementos.
7. Descripción de los modelos de análisis.
8. Cargas de diseño y combinaciones utilizadas.
9. Criterios para el avalúo y aplicación de cargas en los modelos.
10. Métodos de análisis y diseño empleados.
11. Definición y justificación de los parámetros de resistencia empleados en la definición de la cimentación propuesta para las estructuras nuevas y existentes.
12. Análisis sísmico.
13. Verificación en condiciones de montaje, construcción y servicio.
14. Memorias de análisis y definición de procesos constructivos para todas las estructuras y memorias de diseño o protocolos de pruebas de carga para puentes.

15. Resumen de Resultados del análisis. Debe ser breve y conciso, que relacione mediante gráficas y tablas filtradas los resultados seleccionados de los listados dados por el software de análisis, para cada combinación de carga empleada.
16. Esquemas de soporte.
17. Diseño de juntas.
18. Memoria de cada uno de los elementos diseñados. Debe quedar claramente definida la selección del factor de modificación de respuesta para los elementos de soporte y el diseño debe garantizar la capacidad de disipación de energía de acuerdo con las exigencias de los sismos probables definidos en los códigos vigentes.
19. Memoria impresa de la utilización del computador, señalando las zonas de las cuales se tomaron los valores de diseño. (No se aceptan listados de computador sin esta consideración).
20. Despieces de los elementos estructurales y sus componentes.
21. Memorias de cálculo de cantidades de materiales de obra a ejecutar y listados resumen de cantidades por estructura.
22. Dentro de los productos correspondientes al diseño estructural que deben ser entregados por el Consultor están los modelos matemáticos y de computador implementados, las memorias de cálculo, así como las especificaciones técnicas, información que determinará con todo detalle las partes de la estructura necesarias para su interpretación y ejecución material en la obra.

Las memorias se deberán presentar para cada uno de los productos requeridos para cada etapa del contrato.

5.2 Planos estructurales

El Consultor deberá ser consciente que este es el principal insumo para adelantar las labores de construcción, por lo cual los planos deben permitir la verificación de los siguientes aspectos:

- ✓ Definición y localización de la Estructura incluyendo planos con plantas generales y alzadas.
- ✓ Consistencia y uniformidad entre los diferentes dibujos y planos.
- ✓ Los planos de todas las plantas, despieces, cortes y detalles de los elementos estructurales.
- ✓ Detalles de los elementos estructurales incorporados en la solución.
- ✓ Detalles constructivos especiales.
- ✓ Despieces detallados de cada uno de los elementos estructurales existentes y proyectados tales como vigas, pilas cimentaciones y rampas, con plantas y alzados, incluyendo despieces de refuerzo de elementos de concreto. Dimensionamiento completo.
- ✓ Especificación de materiales.
- ✓ Especificación de las cargas de diseño.
- ✓ Especificaciones especiales sobre la fundación de estructuras.
- ✓ Los planos deben contener el resumen del estudio de suelos (perforaciones) identificando la localización de cada perforación, características y propiedades mecánicas y cuadros de cantidades de obra.
- ✓ Planos de fabricación y montaje con sus respectivas recomendaciones.
- ✓ Detalles generales de Construcción.

- ✓ Cantidades de obra.

Como mínimo se deberán estructurar los planos de la siguiente forma, sin perjuicio de que la interventoría o el IDU o el Consultor decidan incorporar complementaciones a lo indicado:

1. Índice de planos con el proyecto general.

2. Planta de la localización del proyecto georreferenciado. Indicando ejes, conectantes, tramos de estructura y puntos de ejecución de sondeos geotécnicos nuevos o existentes, diferenciando estructuras nuevas y/o existentes a reforzar, y delimitando el proyecto.

3. Plano de especificaciones generales de diseño incluyendo cargas, normativas utilizadas, relación de estudios anteriores tenidos en cuenta; y cuadro general de cantidades de obra y especificaciones de materiales a emplear, entre otros.

4. Planos de detalle de cada estructura complementaria requerida. Se deberán elaborar dibujos en planta, cortes transversales, longitudinales y demás que sean necesarios y aclaratorios, donde se presente la geometría completa de cada elemento estructural y las especificaciones de refuerzos principales y secundarios indicando diámetros de refuerzo, separaciones y longitudes. Se deberán incluir cuadros de despiece detallado de refuerzo, y cuadros de volúmenes de concretos, y especificaciones de los materiales en general y mezclas de concreto a emplear. Cada detalle estructural tales como huecos para paso de tuberías, accesos a tanques, etc., debe dibujarse con sus dimensiones y armaduras propias.

5. Planos para indicar la interdependencia y conexiones entre los elementos estructurales, incluidos los detalles tipo de las diferentes juntas utilizadas en la concepción del proyecto.

6. Planos generales de cada conectante vial o tramo de estructura en planta y alzado, indicando ejes, longitudes, alturas, gálibos horizontales y verticales, sitios de juntas de dilatación, pendientes, radios de curvatura, peraltes, etc.; incluyendo en el corte un perfil estratigráfico del suelo de fundación con indicación a las perforaciones nuevas y existentes y detallando las principales propiedades de los diferentes estratos del suelo de fundación. En el caso de estructuras existentes a reforzar, deberán enumerarse cada una de las labores a ejecutar referenciando los puntos de intervención.

7. Plano general de patología estructural de cada conectante o tramo de estructura en planta y alzado, referenciando los principales problemas de durabilidad y correctivos a ejecutar incluyendo fotografías ilustrativas de la problemática; deberán incluirse en este plano el levantamiento detallado de fisuras o grietas, las zonas de los diferentes elementos afectadas por corrosión en el refuerzo, etc.; también deberán incluirse tablas resumen de recubrimientos promedio (y rangos) de cada elemento estructural, y tablas resumen de ensayos de resistencias de concretos y el promedio adoptado en los cálculos; en general se deberán relacionar los resultados de ensayos de materiales y parámetros adoptados en el diseño. (sólo aplica para estructuras existentes)

8. Planos de levantamiento estructural de cada conectante o tramo de estructura. Sin importar si se encontraron planos del proyecto inicial, el Consultor deberá elaborar planos de levantamiento estructural incluyendo geometría de cada uno de los elementos y su acero de refuerzo con cortes y alzados, diámetros, longitudes, etc., como si fuera el proyecto inicial como a continuación se indica.

9. Plantas de Cimentaciones por conectante o tramo de estructura. Se deberá elaborar una planta de cimentaciones con dimensiones generales de cada unidad de cimentación, coordenadas de cada eje de cimentación, ubicación de pilotes si aplica, longitud entre ejes de cimentación, cotas, cortes de geometría general de cada unidad de cimentación indicando niveles de desplante del dado o zapata, de pilotes, y de superficie actual de terreno y

superficie proyectada para cada unidad de cimentación. El plano general de cimentación debe contar con el espacio para el visto bueno del geotecnista, responsable del estudio de suelos con el que se realizó el diseño de la cimentación, el cual debe contener como mínimo el nombre, la matrícula profesional y la firma.

10. Planos de detalle de unidades de subestructura por conectante o tramo de estructura. se deberán elaborar dibujos de dos vistas en alzado donde se presente la geometría completa de cada unidad de subestructura, incluyendo cortes transversales; adicionalmente, para las mismas vistas y cortes elaborados para identificar la geometría se deberán realizar dibujos adicionales en los cuales se realice el detallado del refuerzo.

11. Planos de detalle de unidades de superestructura por conectante o tramo de estructura. se deberá aplicar el mismo criterio que para los tramos de subestructura, detallando adicionalmente los sistemas de preesfuerzo, de barandas, de conexiones, juntas, etc.

12. Para edificaciones deberán presentarse todas las plantas de la estructura, mínimo dos vistas en alzado donde se presente la geometría completa de la estructura y demás cortes transversales requeridos; indicando ejes, dimensiones, elementos estructurales, cortes, nomenclatura de elementos que permita identificar su despiece y detalles que permitan la correcta interpretación del diseño planteado. Igualmente deben presentarse los despieces de todos los elementos estructurales que hacen parte de la estructura.

13. Planos de reforzamiento de estructuras por conectante o tramo de estructura. Para el caso de reforzamiento de estructuras para cada uno de los elementos a intervenir deberán elaborarse las mismas vistas de detalles tanto geométrico como de refuerzo proyectado para las secciones finales, donde se pueda identificar lo existente (incluyendo acero) de lo nuevo a implementar en el elemento, indicando espesores de recubrimientos, resistencias de concretos existentes y proyectados, valores encontrados de frentes de carbonatación por elemento.

14. Plano de revisión de interferencias en el proyecto en el cual se deben presentar las plantas de cimentación georreferenciadas de todas las estructuras con la superposición de redes hidráulicas y secas que permita verificar que no existe ninguna interferencia entre los diseños. Este plano debe contar con el visto bueno de los especialistas de redes secas e hidráulicas.

15. Se deberán incluir cuadros de despiece detallado de refuerzo, cuadros de volúmenes de concretos, cuadros de cantidades de estructura metálica y demás cantidades estructurales especificadas en el proyecto, así como especificaciones de los materiales en general y mezclas de concreto a emplear, recubrimientos de estructuras metálicas.

16. Planos de detalles de construcción, como formaletas, niveles de demolición, protecciones de excavaciones, secuencias de montaje, etc.

17. Plano de elementos no estructurales. Se deberán generar detalles que incluyan cortes, alzados, especificación de los materiales y el grado de desempeño mínimo que deben tener.

18. Planos para el seguimiento a la ejecución de pruebas de carga, los cuales deberán incluir todas las tablas de control, el tipo de carga, el posicionamiento de la misma en cada una de las etapas, los equipos a emplear y lugares de instalación incluyendo las especificaciones mínimas de los equipos.

5.3 Productos mínimos a entregar

5.3.1 Informe de recolección, validación, análisis y complementación de información

- ✓ Inventario e identificación de las estructuras existentes: Listado y localización de las estructuras que se encuentran dentro de la zona de influencia del proyecto,
- ✓ Listado de la información encontrada (memorias de cálculo, planos, estudios de rehabilitación o reforzamiento etc.) de las estructuras existentes,
- ✓ Análisis de vigencia, relevancia y utilidad de la información,
- ✓ Definición del alcance de la actualización, complementación y ajustes requeridos en las estructuras diseñadas y las nuevas que deben ser diseñadas de acuerdo a los requerimientos de las otras áreas como geometría, redes hidráulicas, urbanismo, etc.
- ✓ Conclusiones relacionadas con la recopilación y el análisis de la información.

5.3.2 Revisión y Diseño

1. Revisión y Diseño de Estructuras Nuevas
   - ✓ Listado de estructuras: Listado y localización de las estructuras Nuevas, de acuerdo con la nomenclatura vial de la ciudad, los CIV´s del segmento donde se encuentren con sus respectivos códigos de identificación.
   - ✓ Dimensionamiento de estructuras: Diseño estructural de cada una de las estructuras nuevas, que incluya el dimensionamiento, características de los materiales, memorias estructurales incluyendo descripción, normas, especificaciones de materiales, cargas de diseño, resultados generales del estudio de suelos, método de diseño, definición y justificación de los parámetros de resistencia, descripción de los modelos de análisis, resultados de los análisis y diseños, despieces de los elementos estructurales, entre otros.
   - ✓ Planos de las estructuras propuestas: Planos firmados que contengan las dimensiones, detalles del refuerzo, incluyendo plantas y cortes de todos los elementos estructurales tanto de cimentación, subestructura y superestructura, planos con planta de localización, indicando ejes, conectantes, tramos de estructura y puntos de ejecución de sondeos geotécnicos, especificaciones generales, plantas y alzados de cada estructura y detalles de construcción.
   - ✓ Procesos constructivos y/o de montaje: Guía para la construcción y montaje, verificando a través de modelaciones matemáticas el estado de esfuerzos y deformaciones de los diferentes elementos estructurales, que incluya la condiciones a tener en cuenta antes, durante y después de la construcción con el fin de evitar afectaciones a obras de infraestructura, estructuras adyacentes, espacios públicos, zonas de preservación ambiental y otras. Se deben incluir planos indicando niveles de demolición, protecciones de excavaciones, secuencias de construcción y montaje, etc.

2. Estimación de Cantidades de Obra y personal
   - ✓ Listado de ítems de obra: Ítems del componente de estructuras y descripción detallada de los mismos, para reforzamiento, rehabilitación, adecuación, mantenimiento y/o construcción.
   - ✓ Cálculo de cantidades de obra: Memoria de cantidades de materiales de obra con base en los estudios y diseños realizados que incluya la cartilla de despiece de hierros por cada elemento.
   - ✓ Perfiles profesionales y dedicaciones: Identificación de los perfiles de los profesionales, técnicos y personal asistencial de acuerdo a las tablas de perfiles del IDU, indicando la

cantidad de cada uno y porcentaje de dedicación para la ejecución de la obra en las etapas de actividades preliminares y de construcción tanto para el constructor como para el interventor.

3. Documento Técnico de Soporte
   - ✓ Especificación de construcción: Identificación y definición de las especificaciones generales y anexar las particulares por cada uno de los Ítems de obra.
   - ✓ Planos georefenciados firmados y vigentes de los productos del estudio en planta y perfiles.
   - ✓ Licencia de construcción o justificación en caso de no requerirse (para proyectos de edificaciones) incluirlo también en el diseño urbano.
   - ✓ Planos de planta y perfil general de verificación donde se muestre la superposición de las redes de servicios públicos con las estructuras diseñadas.
   - ✓ Identificación de riesgos previsibles del componente que puedan afectar el desarrollo del proyecto.
   - ✓ Conclusiones y recomendaciones generales y específicas del proyecto a tener en cuenta en la siguiente etapa.

6 EVALUACIÓN DE CARGAS

6.1 Acciones en puentes

En el cálculo de los elementos estructurales de estructuras que se rijan por el CCP-14 se deben considerar por lo menos las siguientes acciones, para estructuras diferentes deberá revisarse lo estipulado en el código aplicable:

6.1.1 Acciones permanentes

- **Peso propio de la estructura (DC)**: El peso propio de los distintos elementos estructurales de concreto reforzado, presforzado y/o acero se calculará a partir de su geometría, sección transversal y especificaciones propias de los materiales.

- **Peso de cargas muertas (DW):** Debe incluir el peso de todos los componentes de la estructura, adicionales a los elementos estructurales, que estarán siempre colocados en la estructura, tales como: barandas, pisos, cielorasos, equipos fijos, pavimentos, incluyendo los recubrimientos futuros, y de los ensanchamientos proyectados, etc; efectuando los ajustes a las cargas calculadas por los modelos con base a estimaciones reales de cargas muertas de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes.

- **Carga de Suelo (EH, ES y DD)**: Incluye las cargas por presión de suelo, por sobrecarga de suelo, y por fricción negativa.

6.1.2 Acciones variables

- **Cargas vivas vehiculares de camión y uniforme en carril componentes verticales (LL):** La carga viva vehicular en las calzadas del puente o en estructuras incidentales, designada como CCP-14, debe consistir en una combinación de Camión o tándem de diseño, y Carga de carril de diseño. Cada carril de diseño bajo consideración debe estar ocupado por el camión o por el tándem de diseño, coincidente con la carga de carril, donde sea aplicable.

- **La fuerza de carga viva extrema debe determinarse considerando cada combinación** posible del número de carriles cargados multiplicados por un factor correspondiente de presencia múltiple para tener en cuenta la probabilidad de ocupación simultánea de los carriles por la carga viva HL93 completa. En puentes vehiculares las cargas peatonales pueden tomarse como un carril cargado, para efectos de determinar el número de carriles cuando la condición de carga incluye las cargas.

  El camión de diseño (LL), consistente en tres ejes de 40kN, 160kN y 160kN de carga y separación de 4300mm entre el primero y segundo y variable entre 4300mm y 9000mm entre el segundo y el tercero. La separación de ruedas en transversal es de 1800 mm y éstas se ubican no más cerca de 600mm del límite del carril en general o 300mm de su límite en el caso de estar ubicadas en un voladizo. Esta carga se afecta del coeficiente de amplificación dinámico (IM).

  En el caso de que el puente forme parte del trazado de troncales TransMilenio existentes o futuras se deberán efectuar evaluaciones adicionales con la utilización de las cargas impuestas de los Buses TransMilenio actuando simultáneamente en varios carriles, sin aplicar el criterio de reducción por simultaneidad de cargas por número de carriles, redefiniendo los parámetros de impacto generados por el bus de acuerdo con los resultados obtenidos en el contrato IDU 019 de 2005 cuyo objeto fue "*La realización de pruebas de cargas dinámicas con el bus TransMilenio para los puentes de la calle 80 por NQS, 68 y Boyacá*".

- **Carga viva de peatones en puente peatonal:** Debe aplicarse las cargas vivas para puentes peatonales encontradas en la LFRD Guide Specifications for the Pedestrian Bridge de la AASHTO. La carga viva será de 450 kg/m² como mínimo.

- Fuerza de frenado (BR).

- Fuerza centrífuga (CE).

- Flujo plástico del concreto (CR).

- Retracción del concreto (SH).

- Gradiente térmico (TG).

- Temperatura uniforme (TU).

- Efectos de preesfuerzo interno o externo. Dentro de la evaluación de cargas se deberá contemplar y se deberán simular las condiciones del sistema de preesfuerzo previsto de vigas nuevas, así mismo en el caso de estructuras existentes que requieran aumentar su capacidad deberá simularse de ser aplicable el preesfuerzo externo que sea definido; y para el caso de puentes peatonales que sean configurados con base en el diseño típico de la Cartilla se deberá definir y simular como condición de carga el pretensionamiento de las barras diagonales.

6.1.3 Acciones accidentales

- **Sismo (EQ):** El Procedimiento General debe usar el coeficiente de Aceleración Pico del Terreno (PGA) y los coeficientes de período corto (SS) y período largo (S1) para calcular el espectro. Debe determinarse los valores de PGA, SS y S1. Los efectos locales deben incluirse dentro de la descripción del sismo de diseño según el tipo de perfil de suelo.

  Se deberán utilizar los espectros de diseño que recomiende el especialista en geotecnia de acuerdo con las exigencias descritas en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y/o el Decreto Distrital 523 de 2010. A criterio del especialista en geotecnia para aquellas estructuras cercanas a espectros calculados mediante estudios de amenaza sísmica local ya aceptados, que

presenten las mismas condiciones del subsuelo y características similares de respuesta sísmica local, deberá analizarse la posibilidad de homologar los mismos y utilizarlos en los estudios y diseños estructurales; finalmente, para aquellas estructuras donde no exista información de estudios previos o no se tenga previsto estudios de amenaza sísmica local se deberán utilizar los espectros definidos en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes o por el estudio de microzonificación sísmica tal como lo exige el Decreto Distrital mencionado.

6.2 Combinaciones de carga

- Para estructuras de puentes peatonales y vehiculares, y estructuras de conducción de aguas y de estabilización y/o contención asociadas a las vías vehiculares, se deberán tener en cuenta las combinaciones de carga descritas en el LRFD CCP-14; se debe tener en cuenta un porcentaje de carga viva como carga muerta para las combinaciones de carga que involucran los análisis sísmicos, a fin de tener en cuenta las probables congestiones de tráfico peatonal y vehicular y cubrir la eventualidad de existencia de cargas vivas cuando ocurra el evento sísmico, para tal propósito el consultor deberá definir el porcentaje de carga viva a utilizar de acuerdo con la composición del tráfico y el nivel de congestión esperado.

- Para estructuras hidráulicas deberán tenerse en cuenta los tipos de carga y combinaciones definidos en la norma técnica SISTEC de la EAAB ESP.

No obstante lo anterior, el especialista deberá advertir cualquier incongruencia entre las diferentes normativas de referencia y adoptar las combinaciones de diseño aplicables al proyecto específico.

7 CRITERIOS DE PLANEACIÓN E IMPLANTACIÓN DE PUENTES

7.1 Generalidades

Para el diseño de las estructuras se deberán haber surtido los estudios de tráfico correspondientes sobre el tramo en estudio definiendo los puntos probables de cruce peatonal, vehicular y el tipo de solución a implementar, producto del análisis de la accidentalidad, velocidades de flujo, volúmenes de tráfico vehicular y peatonal, encuestas origen-destino, verificación de la infraestructura existente, la normatividad vigente y el cumplimiento de los requerimientos mínimos de flujos para construcción de puentes; y el procesamiento de las mismas a través de software especializado en planeamiento.

Estos estudios de tráfico, adicionalmente a definir la ubicación óptima del cruce sobre la vía vehicular o cuerpo de agua, deberán definir cuál de los andenes laterales a cada una de las vías secundarias perpendiculares a la vía principal canaliza el mayor flujo peatonal y los dispositivos de cruce peatonal sobre la vía secundaria para dar mejor accesibilidad al puente incluyendo los mejoramientos geométricos a que haya lugar.

Una vez surtido el inventario total de redes de servicios públicos y se tengan los puntos de ubicación de construcción de los puentes proyectados, se procederá a efectuar las diferentes alternativas de implantación donde se tengan en cuenta los siguientes aspectos: la interferencia y necesidad de traslado de redes de servicios públicos existentes, los futuros proyectos de infraestructura vial en la zona, la necesidad de adquirir predios incluyendo la optimización de los predios afectados, la ubicación de apoyos y cimentaciones, los materiales, tratamiento geométrico y planteamiento arquitectónico del puente vehicular, peatonal o paso peatonal adosado y sus áreas circundantes como plazoletas o accesos en zonas bajas de intersecciones viales y continuidad de corredores viales y peatonales.

Las diferentes alternativas de implantación deberán tener en cuenta que sobre las redes de acueducto y alcantarillado no podrán ubicarse los apoyos de los puentes, tampoco se permite la localización de

tuberías dentro de los apoyos de los puentes, incluso las tuberías que se encuentren “relativamente” cerca de los apoyos deben estar separadas como mínimo a una distancia cuya longitud sea la mayor medida entre tres (3) metros, la estipulada en la norma técnica NS-139 de la EAB-ESP y la altura del relleno más el equivalente a una y media veces el diámetro externo de la tubería, entendiéndose como altura del relleno la diferencia entre el nivel del lomo de la tubería y la rasante de la vía o andén existente o proyectado; razón por la cual producto de la fase de factibilidad no sólo será definir tentativamente la ubicación de apoyos y cimentaciones, sino definir franjas de holgura para la ubicación de los mismo a fin de que en la etapa de estudios y diseños se pueda aprovechar esta holgura si fuera necesario.

Deberán tenerse en cuenta los parámetros del manual de la AASHTO para vías urbanas de alta velocidad; y deberá garantizarse en cada punto del alineamiento de la intersección la facilidad de evacuación de aguas lluvias evitando formación de películas de agua que puedan disminuir el coeficiente de fricción.

De otro lado, cuando la vía presente líneas entre 0,6 kv y 230 kv las alternativas de implantación y ubicación del tramo principal deberán no sólo buscar la optimización de adquisición predial, modificación de redes subterráneas, afectación de especies arbóreas, sino también de mantener las distancias de seguridad a las redes eléctricas bajo la mínima intervención posible bien sea mediante el acercamiento a las torres o postes de la red donde la línea presenta su punto más alto; si se requiere alguna modificación deberá cuantificarse y valorarse para la evaluación de las alternativas.

Para el predimensionamiento de la superestructura de pasos vehiculares y/o peatonales sobre pasos deprimidos se deberá contemplar que la parte inferior de la misma sea una superficie continua sin aberturas y que garantice la uniformidad de la construcción.

En la ubicación de unidades de apoyo (subestructura y cimentación) el Consultor deberá garantizar la mínima unidad de apoyos posibles dejando previsiones para futuras ampliaciones de las calzadas vehiculares en cada sentido, y en el caso de aquellas vías donde existan separadores centrales y laterales deberá buscarse implementar apoyos únicamente en el separador central. Así mismo, en la configuración de las diferentes intersecciones deberá preverse la posibilidad de futuras ampliaciones de las calzadas vehiculares de cada una de las estructuras conectantes, que en caso de puentes rectos se deberá buscar la unificación de calzadas en una sola estructura y prever futuras ampliaciones hacia los costados externos de las unidades estructurales.

En el análisis de alternativas de implantación de nuevas estructuras se deberá elaborar un registro fotográfico y/o fílmico de las zonas de intervención verificando predios a utilizar, zonas de acceso a predios que serían afectadas por el proyecto, estado de las viviendas aledañas, aislamientos y estado de la infraestructura existente en el área de influencia.

El Consultor deberá realizar los ajustes que requiera la SDP a los prediseños elaborados a cada uno de los puentes e intersecciones viales y sus áreas de influencia, hasta su aprobación o viabilidad o concepto favorable. Una vez éstos sean aprobados el Consultor podrá iniciar la etapa de ejecución de los estudios y diseños definitivos del proyecto.

En el caso de intersecciones existentes a complementar se deberá efectuar un análisis de capacidad de las calzadas vehiculares verificando la necesidad de ampliación de los mismos, y diagnosticar las deficiencias que en términos de conectividad ciclopeatonal y vehicular existe planteando las acciones correctivas a implementar en las diferentes alternativas.

7.1.1 Gálibos en puentes

Para gálibos de puentes deberá tenerse en cuenta lo indicado en el CCP-14 en el numeral 2.3.3.

En colindancia con construcciones se sugiere utilizar gálibos horizontales a fachadas que garanticen como mínimo aislamientos de cinco (5) metros para puentes peatonales y de diez (10) metros para

puentes vehiculares; sin embargo, el Consultor deberá tener en cuenta que este aspecto deberá evaluarse con la SDP y que el aislamiento a utilizar corresponderá al aprobado en el componente de urbanismo y espacio público.

Si el puente proyectado cruza total o parcialmente sobre la línea férrea los aislamientos, gálibos horizontales y verticales, deberán solicitarse a la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) o quien haga sus veces para tenerlas en cuenta en el planteamiento de alternativas.

7.2 Puentes Vehiculares

El primer insumo en la proyección de nuevos puentes vehiculares en la ciudad es el estudio técnico que la SDM, como autoridad del tema en la Ciudad, deberá aprobar en términos de tránsito y de seguridad vial, en el que se analicen detalladamente volúmenes vehiculares, trayectorias de conflictos existentes, análisis de accidentalidad y demás, los diferentes análisis de alternativas de movilidad, así como la propuesta de implantación del puente y su localización.

Igualmente, es necesario que se realicen los estudios de geometría y urbanismo armonizados con el Plan de Ordenamiento Territorial vigente de la ciudad, los instrumentos que lo desarrollen y el plan distrital de desarrollo urbano. Por lo cual, para el diseño estructural de puentes en la ciudad es necesario tramitar la viabilidad o no objeción de la implantación de estas por parte de la Secretaría Distrital de Planeación SDP.

El Consultor deberá efectuar un predimensionamiento para puentes vehiculares nuevos de superestructura en concreto preesforzado o en acero estructural, efectuando una evaluación económica de construcción y desde el punto de vista de durabilidad y mantenimiento, seleccionando el material más apropiado para lograr la solución técnico-económicamente óptima.

7.2.1 Gálibos

El gálibo mínimo para las calzadas vehiculares incluyendo retornos en las zonas bajas será mínimo de 5,00 m y se deberá prever una altura adicional de veinte (20) centímetros para futuros reparcheos o pavimentaciones de las calzadas vehiculares. Debe revisarse la posibilidad de la reducción del gálibo debido al asentamiento de la estructura, si el asentamiento esperado excede 2.50cm debe añadirse al gálibo especificado.

El gálibo horizontal deberá ser como mínimo de 1,60 m a las calzadas adyacentes, entendiéndose como la distancia mínima desde el borde del sardinel al borde externo de cualquier elemento estructural a excepción de los terraplenes de acceso cuyo gálibo horizontal mínimo será de 0,60 metros. En zonas verdes y separadores se deberá mantener como mínimo el aislamiento de 1,60 m a las estructuras del puente; solo en apoyos en separadores donde las condiciones técnicas impidan cumplir con el gálibo horizontal como puede presentarse al cruzar sobre líneas férreas o en separadores con redes matrices, podrá darse la excepción de este parámetro, pero garantizando el aislamiento a la estructura a través de barreras de protección en concreto.

8 CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

8.1 Generalidades

El Consultor deberá ser consciente que se deben efectuar tres (3) diferentes tipos de análisis; a saber: el primero para el diseño de la estructura, el segundo para verificar el diseño bajo las condiciones propuestas de construcción y montaje, y el tercero para definir los parámetros de control bajo las diferentes hipótesis de las pruebas de carga.

En el primer caso deberá considerarse totalmente la interacción entre las diferentes estructuras proyectadas, incluyendo en el caso de pasos vehiculares las diferentes conectantes componentes y sus cimentaciones; e incluir los efectos de interacción suelo estructura, y en el caso de puentes peatonales tramos principales, rampas, escaleras y cimentación.

También deberán efectuarse modelaciones matemáticas adicionales, que permita calcular las cargas a nivel de cimentación (incluyendo la definición de los accesos en concreto), estableciendo guías para el análisis y diseño de unidades de cimentación, correspondientes a planos que definan convenciones de fuerzas y momentos, numeraciones de unidades de cimentaciones y las magnitudes y direcciones de las fuerzas y momentos de diseño.

En el caso de puentes con infraestructura en concreto, el Consultor deberá adelantar el análisis y diseño en forma tal que la estructura sea provista de articulaciones (rótulas) que puedan desarrollar la plastificación ante las cargas espectrales determinadas dentro de los lineamientos establecidos en el presente documento, con el fin de disipar la energía sísmica protegiendo los elementos de más difícil mantenimiento en caso de un evento sísmico, concentrando el daño en zonas de fácil acceso y minimizando costos de reparación y mantenimiento; las articulaciones o rótulas deberán concentrarse en los elementos de columna principalmente y en el espaldar de los estribos, o donde el diseñador lo estime conveniente. Se deberá tener en cuenta un chequeo en aquellos casos en que los niveles de relleno y las zonas duras ejerzan algún tipo de restricción al libre comportamiento de pilas y columnas evitando efectos de columnas cortas u otras condiciones.

Se deberá tomar como consideración de diseño que la estructura no puede colapsar para las cargas de diseño incluido el sismo con las características espectrales definidas. Se deberá establecer como criterio de análisis el hecho de que la superestructura y en especial los pilotes no deberán ser exigidos por encima del rango elástico, sin que esto implique sobredimensionamiento ya que, al proporcionar las articulaciones, los valores de momento y cortante sísmico no deberán superar los valores plásticos de las rótulas, los cuales no pueden ser superiores a los elásticos de los mencionados elementos. Los fusibles sísmicos podrán implementarse tanto para movimientos esperados en sentido transversal del puente como en sentido longitudinal involucrando dentro del trabajo de disipación la capacidad de absorción de energía de los rellenos de los terraplenes de los accesos, este aspecto debe quedar claramente definido en las memorias de cálculo y el Consultor deberá explicar claramente la formulación del modelo de análisis para contemplar las juntas de dilatación de los extremos del puente.

En el diseño de puentes nuevos la clasificación operacional, definida en el numeral 3.10.5 del CCP-14, para puentes sobre vías de la malla vial arterial principal y complementaria deberá definirse como puentes críticos; para el resto de puentes su clasificación será de puentes esenciales.

Cuando la solución geométrica exija diseñar estructuras nuevas que presentan empalmes o juntas de construcción con estructuras existentes, o las estructuras nuevas se proyecten adyacentes a estructuras existentes, debe revisarse en detalle tanto la compatibilidad de deformaciones y que el tipo de junta a emplear sea apta para absolverlas, como que el distanciamiento entre estructuras sea tal que no exista golpeteo entre la estructura proyectada y la estructura existente en la eventualidad de que el movimiento por efectos inerciales de ambas estructuras sea convergente.

El Consultor deberá realizar el diseño del sistema de piso a utilizar en las estaciones y los puentes peatonales, teniendo en cuenta las recomendaciones del estudio “Análisis, diagnóstico y propuesta de solución del sistema de pisos de puentes peatonales y estaciones del sistema Transmilenio” realizado por la Universidad de los Andes en el 2007, bajo el contrato IDU-122-2005, efectuando una evaluación económica de construcción y desde el punto de vista de durabilidad y mantenimiento, seleccionando el material más apropiado para lograr la solución técnico-económicamente óptima.

Se deberá diseñar un sistema de piso para estaciones y puentes peatonales que no presente ruido y garantice una superficie antideslizante, para lo cual deberá tener en cuenta el resultado del estudio,

análisis y diagnóstico y propuesta de solución del sistema de pisos de puentes peatonales y estaciones del sistema TransMilenio adelantado por el IDU.

El Consultor deberá poner especial cuidado en el diseño y definición de cargas actuantes de elementos críticos en la estructura como: secciones de apoyo en vigas, vigas en voladizo, ménsulas, etc., ya que en muchos casos en la concepción del modelo estructural se realizan suposiciones de conexiones o transferencias de carga que en la realidad generan que este tipo de elementos, de los cuales depende en gran medida la estabilidad estructural, queden subdiseñados.

Se deberá poner especial atención al sistema y longitud de apoyo de los elementos de superestructura utilizando como mínimos los valores definidos de acuerdo a las formulaciones del Código Colombiano de Diseño de Puentes, pero seleccionando dicha longitud según los movimientos longitudinales y transversales (revisar posibilidad de divergencia de movimiento de unidades de apoyo) derivados del análisis estructural.

Así mismo, deberán efectuarse las modelaciones geotécnicas necesarias para garantizar el adecuado comportamiento tanto de terraplenes de acceso como de las tuberías cercanas a cimentaciones verificando que los esfuerzos inducidos por estas no superen los admisibles de las redes de servicios públicos, en especial de la EAAB.

Se deberán tomar las medidas necesarias para que el diseño estructural de la alternativa escogida brinde un adecuado comportamiento bajo los puntos de vista principales: Rigidez, Resistencia, Economía y Funcionalidad. Con respecto a la rigidez, el puente peatonal no deberá presentar grandes deformaciones bajo un nivel de cargas de servicio, a su vez, deberá evitarse al máximo los efectos de vibración excesiva por parte de cargas dinámicas y en general cualquier otro efecto que vaya en contra de un adecuado nivel de servicio para los usuarios; por otro lado, la resistencia deberá ser garantizada bajo el régimen de cargas últimas de diseño en las cuales se garantizará que la estructura no colapse al momento de verse sometida a dicho régimen de cargas.

El Consultor deberá definir la vida útil de los puentes nuevos a diseñar (mínimo de 75 años) en términos de durabilidad y patología de materiales, estudiando las medidas preventivas para evitar el deterioro por agentes agresivos del ambiente donde se proyecta, para lo cual deberá con base en los agentes existentes efectuar una modelación del efecto de estos en el tiempo con relación al avance de frentes de carbonatación en superficies de concreto y de reducciones de espesores de elementos metálicos por la acción de fenómenos de corrosión; diseñando las medidas a implementar desde la construcción como por ejemplo: mayores espesores de recubrimiento del acero de refuerzo, características de las mezclas de concreto, sistemas y espesores de recubrimientos de elementos metálicos, recubrimientos de protección de superficies de concreto, etc.; y elaborando una guía de mantenimiento correctivo, preventivo y rutinario que permita garantizar la durabilidad de las estructuras durante la vida útil definida.

Para las superficies en concreto deberá definirse en las especificaciones de construcción que las formaletas sean metálicas y garanticen un acabado uniforme, limpio y libre sin quiebres, porosidades, rugosidades, etc.

Tanto en puentes peatonales como vehiculares, el espacio público aledaño y zonas bajas deberán contar con iluminación artificial aprobada por la UAESP, en forma tal, que en horario nocturno ningún sitio de las superficies permanezca en penumbra garantizando la seguridad a los usuarios (Ver Manual de Alumbrado Público). Se aclara que a los puentes y/o deprimidos no se podrán adosar ningún tipo de ductería, salvo los requeridos por su propia iluminación.

Al referirse a que no se permite adosar ductos o tuberías en los puentes y pasos deprimidos, esto aplica para cualquier tipo de red de servicios públicos, y comprende el hecho de no generar pasos especiales o celdas, que estén de alguna manera integrados a los elementos de las estructuras. En caso de que en desarrollo del proyecto se requiera disponer el paso de una red de servicio, este deberá diseñarse de forma independiente a las estructuras de los puentes o pasos deprimidos.

Tanto para puentes vehiculares como peatonales deberá diseñarse la señalización propia en zonas bajas, tramos de inducciones, superficies de uso, etc., de tal manera que sea sencilla y de la mayor legibilidad para todos los usuarios ubicándose en sitios estratégicos que no interrumpan el flujo peatonal y vehicular e informen eficientemente a todo tipo de usuarios (ver disposiciones NTC y SDM). En ningún caso se permitirá la colocación de propaganda ni anuncios sobre el puente y sus zonas de acceso.

8.2 Intersecciones vehiculares a desnivel

Dentro del desarrollo geométrico se deberá poner especial cuidado en la selección de la velocidad de diseño de cada una de las conectantes de la intersección a desnivel incluyendo sus retornos, orejas, modificaciones previo ingreso y egreso de la intersección, etc., en forma tal, que dicho parámetro sea seleccionado garantizando una uniformidad al cruzar la intersección en la velocidad de operación del recorrido del tramo vial anterior y posterior a la intersección conforme a las mediciones de velocidad de operación realizadas en campo en la etapa de factibilidad, generando seguridad y comodidad.

Teniendo en cuenta que la modificación de trazados geométricos en las intersecciones viales ya construidas exigen reconstrucciones parciales o totales de las conectantes, para la selección de velocidades de diseño, alineamientos horizontales, variaciones de curvatura, radios de curvatura, geometrías de bifurcaciones, peraltes, transición de peraltes, longitudes de transición para peraltes inversos, rasantes, longitudes de entrecruzamiento, etc., deberán tenerse en cuenta los parámetros del manual de la AASHTO para vías urbanas de alta velocidad; y deberán diseñarse garantizando en cada punto del alineamiento de la intersección la facilidad de evacuación de aguas lluvias evitando formación de películas de agua que puedan disminuir el coeficiente de fricción.

Adicionalmente, el Consultor podrá contemplar la utilización de las losas de transferencia en el trabajo de controlar los movimientos longitudinales del puente (a manera de anclajes o tensores embebidos) aprovechando la fricción de las losas sobre los terraplenes, con el fin de disipar la energía parcialmente y reducir el efecto directo sobre los espaldares de los estribos en el evento en que los cálculos estimen el cierre de la totalidad de la junta de dilatación de los extremos.

Se debe tener en cuenta que para puentes nuevos de concreto de intersecciones vehiculares sobre vías de la malla vial arterial se preferirán superestructuras continuas con vigas preesforzadas y para puentes curvos la utilización de vigas cajón.

En el análisis de la superestructura de puentes vehiculares debe utilizarse un modelo tipo parrilla (no se aceptará el uso del factor de rueda).

Para el análisis y diseño de la placa o tablero no se aceptará por ningún motivo el uso de plaquetas prefabricadas (sólo se aceptarán losas macizas con continuidad en el refuerzo de distribución); involucrando como efecto adicional el cálculo y aplicación de los momentos producidos por diferencia en la deformación de los elementos que funcionan de soporte a la placa (para este análisis, se debe considerar la posición crítica del camión de diseño en el sentido transversal), para lo cual se deben considerar las vigas longitudinales como resortes, cuya rigidez depende del sitio donde se realice el análisis y de las condiciones de apoyo de las vigas.

Para el dimensionamiento de las zonas bajas el Consultor deberá tener en cuenta que los terraplenes de acceso deberán constituirse por sí mismos en las zonas encerradas, es decir, que el límite de las zonas encerradas estará definido por los estribos de la estructura y no podrán superar alturas de 2,50 m libres en las zonas bajas.

Para los terraplenes de acceso se recomiendan pendientes de ascenso y descenso inferiores o iguales al 6%, en caso de obtener pendientes con mayores porcentajes estas deberán ser validadas

en el componente de diseño geométrico del proyecto. Los terraplenes deberán estimarse con rellenos compactados en tierra reforzada (como material compactado pueden usarse las alternativas disponibles como por ejemplo ceniza) con muros de confinamiento preferiblemente inclinados a un ángulo entre 60 y 90 grados del plano horizontal cimentados a una profundidad de mínimo 1,50 metros del nivel de las superficies peatonales de zonas bajas y/o vehiculares proyectadas, y en caso de requerirse se deberán pilotear para garantizar niveles de asentamientos aceptables.

Adicionalmente, el consultor deberá tener en cuenta que las zonas bajas deberán mantener un gálibo mínimo a la superficie peatonal de 2,20 metros, es decir, al nivel inferior de las vigas. No se deberán considerar aproximaciones mediante estructuras encerradas tipo caja, a excepción de aquellos casos en que sea definitivamente indispensable para limitar los asentamientos esperados a rangos tolerables sin superar la altura máxima de 2,50 metros, libres, entre la superficie inferior de las vigas y la superficie peatonal de las zonas bajas.

Sólo se permitirá la implementación de juntas de dilatación en los extremos de la superestructura (en sectores intermedios no serán aceptables), las cuales deben especificarse de tipo elastomérico, en ningún caso se aceptarán juntas metálicas.

En el caso de estructuras nuevas el Consultor deberá no sólo diseñar un sistema de terraplén en tierra reforzada que presente un asentamiento mínimo en el tiempo, sino que también deberá prever para la magnitud proyectada de asentamiento del terraplén, un sistema que permita mantener la nivelación entre la superestructura y el terraplén de acceso a nivel de junta garantizando la rasante de inducción mediante correctivos menores sin tener que reconstruir elementos como losas de aproximación.

Así mismo, para el caso de las barandas de las estructuras de puentes y pasos vehiculares tanto nuevos como existentes de la intersección, se deberán utilizar sistemas de barandas en concreto tipo New Jersey o sistemas de barandas metálicas, que cumplan con el nivel de prueba de colisión requerido según la normatividad vigente adoptando diseños que ya hayan sido probados (por ningún motivo la implantación de sistemas de iluminación puede interrumpir la continuidad de la superficie interior de la barrera); específicamente para puentes vehiculares rectos se deberá garantizar un nivel de prueba TL-4 y para puentes vehiculares curvos un nivel de prueba TL-5, proponiendo el reemplazo de barandas de puentes existentes que no cumplan con estas características. En esta etapa se deberá definir la geometría de la baranda, puntos de inicio y terminación, transiciones, etc.

Deberá efectuarse una verificación del sistema de barandas - barreras para contención de vehículos y su anclaje a la estructura conforme a la formulación de diseño para prototipos de ensayo propuestos en el Código AASTHO-LRFD.

8.3 Pasos peatonales a desnivel independientes o adosados a estructuras existentes

Las barandas, pasamanos y bordillos de puentes peatonales independientes o adosados deberán cumplir con lo exigido en la norma NTC 4774 y el Código colombiano de diseño de Puentes, salvo en la sección típica del puente prototipo en la cual la altura de baranda se encuentra previamente definida, no obstante, en las inducciones de concreto el concepto deberá cumplirse de manera integral. Así mismo, se deberá prever en el acabado de los pasamanos (definidos por la norma a 60 y 90 cm de la superficie peatonal) que el contacto de la mano con el pasamanos sea agradable al tacto y su aspecto debe invitar al usuario a asirse de el con firmeza y seguridad con continuidad a lo largo del enlace peatonal. Adicionalmente deberá tenerse en cuenta que para los pasamanos debe especificarse un color contrastante con la baranda de protección para que resalte y pueda ser identificado fácilmente por los peatones con baja visión.

Dentro del diseño hidráulico se deberán garantizar para puentes peatonales que, bajo condiciones de régimen extremo del clima, caso especial de invierno, los espacios circundantes al acceso, los accesos, la superestructura y sus apoyos deben prever drenajes para evitar el empozamiento de

agua lluvia, y el acabado y/o material de piso debe ser adherente tanto en condiciones secas como en condiciones de humedad.

Para el caso de puentes peatonales independientes o adosados que se desarrollen total o parcialmente bajo una línea de alta o media tensión que no pueda ser subterranizada, se deberá prever la protección apropiada para los peatones, según las directrices de la Cartilla del Puente Peatonal Prototipo para Bogotá, diseñándose desde el punto de vista de durabilidad y capacidad estructural en conexiones y elementos de soporte.

Adicionalmente, para aquellos puentes vehiculares donde existen guardarruedas que son utilizados como andenes se deberá diseñar la eliminación total de los mismos; y en caso de que exista o se proponga un paso peatonal o ciclopeatonal adosado, se deberá revisar el sistema de protección al peatón y/o ciclista tanto el aislamiento con el tráfico vehicular que se deberá efectuar siempre mediante barreras en concreto, como la baranda de protección hacia el borde externo de la estructura.

En el caso de puentes peatonales metálicos y estaciones, deberán diseñarse garantizando la posibilidad de efectuar galvanizado completo de elementos ya sea por simple o doble inmersión estimando conexiones que eviten la ejecución de juntas soldadas después del procedimiento de galvanizado; así mismo, en el caso de elementos tubulares se deberán prever el sellado de estos elementos y adicionalmente diseñar el sistema de fijación de piso, cubiertas y otros accesorios, en forma tal que no se requiera perforar ninguno de los elementos tubulares, evitando el ingreso de humedad.

9 PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y DE MONTAJE

El consultor deberá definir, diseñar y/o verificar cada uno de los procesos constructivos y de montaje de estructuras verificando a través de modelaciones matemáticas el estado de esfuerzos y deformaciones de los diferentes elementos estructurales tanto de estructuras nuevas como existentes y de las excavaciones, definiendo puntos de control y especificaciones del proceso de construcción; aspectos que deberán estar coordinados con las posibilidades de efectuar restricciones al flujo vehicular y ciclopeatonal según los procesos de construcción estimados.

Así, en el caso de construcción de puentes peatonales y estaciones según las respectivas Cartillas y sus actualizaciones el Consultor deberá definir la secuencia de montaje revisando el diseño para las diferentes condiciones de carga generadas por las labores de montaje, diseñando procedimientos, accesorios, definiendo equipos, capacidad de los mismos y soldaduras de campo, entre otros, para lo cual elaborará los correspondientes planos y memorias de cálculo o listas de chequeo de esfuerzos y deformación de la estructura que garanticen la integridad estructural durante las labores de montaje. Se deberá poner especial atención en especificar los procedimientos y las especificaciones precisas de la forma y magnitud de aplicación de los preesfuerzos de tensión inducidos en el diagonalado de varillas de 1”, incluyendo las herramientas adecuadas para efectuar este preesfuerzo, el momento de aplicación (previo a montaje o después de montaje) y la secuencia de instalación (desde los apoyos hacia el centro de la luz o viceversa) específico para cada una de las estructuras diseñadas. Así mismo deberá tener en cuenta las redes que pudieran verse afectadas durante las maniobras de montaje tomando en cuenta la altura y radios de giro de las maquinas propuestas; incluso en caso de requerirse, el consultor deberá plantear, cuantificar y presupuestar las protecciones necesarias para las redes.

En el caso de puentes vehiculares nuevos se deberá adelantar el mismo trabajo, poniendo especial cuidado en los apuntalamientos temporales de tramos de superestructura, detallado secuencia de construcción para garantizar el sistema de continuidad de la superestructura, la verificación de acortamientos esperados verificando esfuerzos inducidos en pilas y pórticos que puedan ocasionar fisuración o agrietamiento de estos elementos, sistema de izaje de vigas previendo orificios para disposición de cables y otros elementos de montaje, entre otros aspectos.

Así mismo, en el caso de sistemas deprimidos el Consultor deberá especificar detalladamente las secuencias de excavación y vaciado de pantallas verificando esfuerzos generados durante la construcción sobre estos elementos, garantizando que durante el proceso constructivo los empujes generados no ocasionen desplazamiento de las pantallas en forma convergente que disminuyan el ancho útil definido para el deprimido en la etapa de diseño y evitando que se generen fisuraciones o agrietamientos en el espaldar de la pantalla que faciliten el deterioro por fenómenos de corrosión del refuerzo; también se deberán definir las condiciones mínimas requeridas por la excavación para mantener la estabilidad (deberán hacerse modelaciones matemáticas de estabilidad desde el punto de vista geotécnico) de la misma durante todo el proceso de construcción incluyendo los sistemas para el control de estabilidad de excavaciones durante la construcción.

Igualmente, en el caso de reforzamiento de estructura se deberán efectuar los mismos análisis dentro de los cuales se deberán definir, entre otros, en el recalce de dados, columnas o pilas, vigas, etc., cuál será la altura máxima de demoliciones de recubrimiento en cada fundida para evitar poner en riesgo la estabilidad estructural, cuáles serán los requerimientos previos para garantizar que el sistema de preesforzado externo produzca los esfuerzos de diseño sobre las estructuras existentes (pe. en algunos casos ha sido necesario interrumpir continuidades de tableros en puntos de apoyo de superestructura), en el caso de sellado o inyección de fisuras o grietas o recalces de tableros definir como se evitarán microfisuraciones o falta de monolitismo entre la capa de recalce y el tablero existente como consecuencia de las vibraciones inducidas por el flujo vehicular durante el período de maduración temprana de los epóxicos de inyección y las mezclas de concreto (pe. en algunos casos ha sido necesario generar una junta longitudinal provisional en el tablero), y como se estimarán las restricciones de calzadas para tal propósito.

10 PRUEBAS DE CARGA ESTÁTICAS Y DINÁMICAS

El Consultor deberá elaborar los protocolos para la ejecución pruebas de carga estáticas y dinámicas para puentes o deprimidos vehiculares y peatonales nuevos y existentes reforzados, como requisito para el recibo final de las estructuras, partiendo de la premisa que se tratan de pruebas para la verificación de la capacidad estructural.

Para tal propósito el consultor deberá adelantar las modelaciones matemáticas necesarias que reflejen cada una de las condiciones de carga de la prueba, definiendo los puntos críticos a controlar en términos de esfuerzos y deformaciones, tabulando los rangos de magnitudes esperadas tanto de esfuerzos como deformaciones según los modelos para cada uno de los incrementos y decrementos de carga incluyendo condiciones de precargas y elaborando memorias y planos detallados que incluyan dichas tablas para el seguimiento a las pruebas; también se deberán definir las especificaciones mínimas de los equipos a emplear y los sistemas de advertencia o alerta para definir la suspensión temporal o total de cada prueba específica.

En el caso de las pruebas de cargas dinámicas el Consultor deberá hacer una verificación del análisis modal identificando los modos aplicables al tipo de excitación forzada a inducir en la estructura para cada una de las tres direcciones principales.

El Consultor deberá tener en cuenta los estudios, análisis y resultados de ejecución de pruebas de carga ejecutados con anterioridad en los diferentes proyectos del IDU, las guías metodológicas para el diseño y realización de las pruebas de carga estática y dinámica del IDU, y la bibliografía internacional aplicable, mejorándolas y cubriendo como mínimo lo especificado en ellas.

NOTA. Todos los productos deben ser recibidos, revisados y aprobados por la Interventoría.

Es de precisar, que los resultados que arrojan las memorias de cálculo, las concepciones de diseño utilizadas, análisis realizados, modelaciones y planos, así como del diseño resultante y su calidad,

son responsabilidad exclusiva del Consultor diseñador y de la Interventoría encargada de su revisión y aprobación.

Elaboró:



Ing. Milton G. Salinas L.
Contratista - Profesional Especializado DTP.