ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA VÍA SIMÓN BOLÍVAR-LORENZO DE GARAICOA, EN EL CANTÓN SIMÓN BOLÍVAR DE LA PROVINCIA DE GUAYAS

CONSORCIO VÍA SIMÓN BOLÍVAR

INFORME ESTRUCTURAL

Elaborado por:

Ing. Joel Barreiro
Especialista Estructural

Junio del 2024

CONTENIDO

1 ANTECEDENTES 5

2 OBJETIVOS 6

2.1 OBJETIVO GENERAL 6

2.2 OBJETIVO SECUNDARIO 6

3 UBICACIÓN 6

4 ESTUDIOS DE SOPORTE 6

5 ALCANCE DE LOS TRABAJOS 7

6 CÓDIGOS Y NORMAS 8

7 MATERIALES 8

7.1 MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN (EC) 9

7.2 MÓDULO DE POISSON 10

7.3 RECUBRIMIENTOS 10

8 CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL 10

8.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL 10

8.2 CRITERIO DE DISEÑO ESTRUCTURAL 11

8.3 MODIFICADORES Y FACTORES DE CARGA 11

8.3.1 MODIFICADOR DE CARGA DE DUCTILIDAD 11

8.3.2 MODIFICADOR DE CARGA DE REDUNDANCIA 11

8.3.3 MODIFICADOR DE CARGA POR CLASIFICACIÓN OPERACIONAL 12

8.4 ESTADOS LÍMITE 12

8.5 TIPOS DE CARGA 13

8.5.1 CARGA MUERTA 13

8.5.2 CARGAS VIVAS 14

8.5.3 CARGAS SÍSMICAS 15

8.6 COMBINACIONES DE CARGA 15

8.6.1 CARGAS 15

8.6.1.1 CARGAS PERMANENTES 15

8.6.1.2 CARGAS TRANSITORIAS 16

8.6.2 COMBINACIONES DE CARGA 16

9 DESARROLLO 18

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 19

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Tráfico paralelo a la luz con relleno menor a 600mm. 7

Figura 1. Tráfico paralelo a la luz con relleno menor a 600mm. 14

Figura 2. Tráfico paralelo a la luz con relleno mayor a 600mm. 15

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de Proyecto (UTM WGS84)..... 6

Tabla 2. Módulos de elasticidad de agregados, Ea**.** 9

Tabla 3. Peso unitario de materiales 13

Tabla 4. Diseño para Estados Límite. Factores de Carga y LRFD 17

Tabla 5. Factores de carga para cargas permanentes YP..... 17

1 ANTECEDENTES

El presente capítulo muestra de manera detallada la descripción de las estructuras para la implantación de alcantarillas a lo largo de la vía Simón Bolívar – Lorenzo de Garaicoa. Las estructuras han sido implantadas de acuerdo a los resultados obtenidos del estudio Hidráulico de drenaje de la vía. El Gobierno Provincial del Guayas, ante la necesidad de mejorar la red vial de la provincia, requiere realizar los estudios para la rehabilitación de la vía Simón Bolívar – Lorenzo de Garaicoa, en el cantón Simón Bolívar, de la provincia del Guayas. Al revisar la base de datos de los estudios realizados por la Dirección de Estudios y Fiscalización y de acuerdo con el estado actual de la vía, se constató que, hasta la presente fecha, no se ha realizado ningún tipo de diseño definitivo para esta vía y basándonos en el estatuto orgánico de gestión organizacional por procesos de la Prefectura del Guayas, establece las atribuciones y responsabilidades, dentro de las cuales se tiene:

- Supervisar y dirigir la elaboración de estudios y proyectos de obras viales y civiles (de ser necesario), y su mantenimiento, por modalidad de contrato o administración directa.
- Gestionar técnicamente los estudios, diseños y presupuestos de proyectos para la incorporación en el POA y en el PAC, de ser procedente.

Luego de realizar los estudios se podrá dotar a la población del cantón SIMON BOLIVAR; con un estudio que beneficiará aproximadamente a 27,483 personas, fomentando el desarrollo productivo, agrícola y ganadero del Cantón y de la provincia, por tal motivo se considera como prioritaria su ejecución.

La ejecución de este proyecto contribuirá a la solución de problemas de movilidad de personas y transporte de carga de la zona agrícola hacia otros centros poblados de interés, además mejorara la infraestructura vial existente del Cantón y consecuentemente la calidad de vida de las personas que viven en el área de influencia del Proyecto, fortaleciendo el desarrollo de sus actividades diarias, accediendo a servicios públicos de vital importancia como son centros de salud, educación y seguridad.

Como impacto socioeconómico que generaría la ejecución de estos proyectos, se ha considerado lo siguiente:

- Facilitar la movilización y acceso a Centros Educativos, Centros de Salud y de Desarrollo Cultural.
- Aumentar la rapidez y eficacia en el traslado de los productos agrícolas hacia centros de acopio y mercado existentes en los diferentes sectores de la zona de influencia.
- Contribuir al desarrollo del Turismo del Cantón, Parroquia y Recintos.
- Disminución del tiempo de traslado de un lugar a otro.
- Disminución de la frecuencia de mantenimiento en vehículos de transporte.

2 OBJETIVOS

El presente estudio tiene como finalidad principal lo siguiente:

2.1 Objetivo General

Obtener los estudios y diseños definitivos del componente estructural, que sirvan como base para la construcción de la rehabilitación de la vía Simón Bolívar – Lorenzo de Garaycoa, considerando los requisitos particulares para el análisis y de diseño estructural, así como los requerimientos de la entidad contratante.

2.2 Objetivo Secundario

Realizar el diseño estructural de las obras de arte mayor y menor a lo largo del proyecto, esto es, los puentes, ductos cajones, tuberías de hormigón armado, cabezales de alcantarillas y demás obras civiles viales que son indispensables para el buen desarrollo del proyecto vial.

3 UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en Cantón Simón Bolívar perteneciente a la Provincia del Guayas, tiene su inicio en el Kilómetro 0+000 (Limite de la Zona Urbana del cantón), pasando por el ingreso del Recinto Santo Domingo hasta Lorenzo de Garaicoa, con una longitud de 9.17 Km. En la Tabla 1 se detallan las coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17S de inicio y fin:

Tabla 1. Coordenadas de Proyecto (UTM WGS84)

Descripción		Coordenadas		Abscisa
		Este	Norte	
Vía Simón Bolívar – Lorenzo de Garaicoa				
Vía	Inicio	669145,499	9’778.524,009	0+000
	Fin	674470,468	9’772.140,571	9+172.17
Puente Los Amarillos	Inicio	674.635	9’772.317	8+928
	Fin	674.627	9’772.307	8+940

4 ESTUDIOS DE SOPORTE

Para fines de la elaboración de la memoria estructural y que esta sea sustentada técnicamente, se consideraron todos los estudios previos de soporte que son:

- Estudio topográfico de la zona de implantación.
- Diseño Vial
- Estudio hidrológico - hidráulico
- Estudio de suelos.

5 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

De acuerdo con el diseño hidráulico se propone la construcción de 4 alcantarillas nuevas con las siguientes características

Alcantarillas existentes y propuestas Simón Bolívar - Lorenzo de Garaycoa																
Abscisa	Cota izquierda	Cota derecha	Sentido de Drenaje	L [m]	Pendiente [%]	Esviaje	Q mín [m^3/s]	Q dis [m^3/s]	Q máx [m^3/s]	Tirante [m]	V salida alcantar. [m/s]	V en canal salida [m/s]	Cantidad	Ancho ducto, [m]	Alto ducto, [m]	Riego / Drenaje
3+625	23.608	23.598	Izq a Der	11.0	0.09%	No	0.769	1.111	1.840	0.73	0.95	0.34	1	1.60	1.60	Drenaje
5+300	23.515	23.504	Izq a Der	11.0	0.10%	No	0.620	0.896	1.490	0.65	0.43	0.32	1	1.60	1.60	Drenaje
6+800	26.533	26.522	Izq a Der	11.0	0.10%	No	0.850	1.228	2.040	0.77	1.00	0.35	1	1.60	1.60	Drenaje
7+061	26.419	26.408	Izq a Der	11.0	0.10%	No	0.395	0.571	0.950	0.51	0.70	0.28	1	1.60	1.60	Drenaje
7+963	22.904	22.893	Izq a Der	11.0	0.10%	No	0.552	0.798	1.320	0.61	0.82	0.31	1	1.60	1.60	Drenaje
8+200	22.962	22.951	Izq a Der	11.0	0.10%	No	1.071	1.547	2.570	0.87	1.11	0.37	1	1.60	1.60	Drenaje

Figura 1. Tabla de ubicación de alcantarillas.

El Diseño de las obras de arte menor comprende los siguientes aspectos:

- **Informe Técnico:** El informe técnico proporcionará un análisis detallado de las estructuras evaluadas, incluyendo cargas, normas, materiales, análisis estructural, resultados obtenidos y recomendaciones. Será un documento completo que resumirá todos los aspectos técnicos del proyecto.
- **Memoria de Cálculo:** La memoria de cálculo respaldará los diseños y análisis estructurales realizados. Incluirá los fundamentos teóricos, los cálculos y los criterios utilizados para el diseño de las estructuras, brindando una justificación técnica de las soluciones adoptadas.
- **Modelo Estructural:** El consultor deberá incluir el modelo estructural (en caso de ser realizado) e indicar en el proyecto el software utilizado, así como su versión correspondiente.
- **Cuantificación de los Materiales:** Este entregable detallará la cantidad de materiales necesarios para la construcción de las estructuras. Incluirá una lista completa de los materiales utilizados, como el acero de refuerzo y el hormigón, con sus respectivas cantidades y especificaciones.
- **Especificaciones Técnicas:** Las especificaciones técnicas describirán en detalle los requisitos específicos para los materiales, los métodos constructivos y los estándares de calidad que deben cumplirse durante la ejecución de las estructuras. Estas especificaciones garantizarán que la construcción se realice de acuerdo con los estándares establecidos.
- **Planos Estructurales:** Los planos estructurales mostrarán la disposición y los detalles constructivos de las estructuras. Proporcionarán información gráfica sobre

las dimensiones, los materiales, las conexiones y cualquier otro aspecto relevante para la construcción de las estructuras.

- **Proceso Constructivo:** Este entregable describirá el proceso constructivo recomendado para la ejecución de las estructuras. Incluirá una secuencia detallada de las actividades constructivas, los métodos recomendados y las consideraciones específicas para garantizar una construcción eficiente y segura.
- **Documentación de Pruebas y/o Ensayos:** La documentación de pruebas y/o ensayos contendrá los registros y resultados de las pruebas y ensayos realizados durante la construcción o evaluación de las estructuras. Incluirá información sobre los procedimientos utilizados y los resultados obtenidos para respaldar la calidad y la integridad de las estructuras.
- **Recomendaciones o plan de Mantenimiento:** Este entregable proporcionará recomendaciones para el mantenimiento futuro de las estructuras. Incluirá pautas y procedimientos para el monitoreo periódico, las inspecciones de rutina, las reparaciones necesarias y cualquier otra acción de mantenimiento requerida para asegurar la durabilidad y el rendimiento a largo plazo de las estructuras.

6 CÓDIGOS Y NORMAS

Los códigos y normas empleadas para el Prediseño Estructural del puente vehicular de concreto y de acero son:

- American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2020.
- American Concrete Institute, Comité ACI 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19), 2019.
- American National Standards Institute, American Institute of Steel Construction. Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-16), 2016.
- American National Standards Institute, American Institute of Steel Construction. Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 341-16), 2016.
- American Society of Civil Engineers. Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE 7-16), 2017.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. American Welding Society. Bridge Welding Code (AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2020), 2020.
- California Department of Transportation CALTRANS. Seismic Design Criteria, 2013.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI. Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-15), 2015.
- MOP-001-F-2002 o Especificaciones Generales para Construcción de Caminos y Puentes.

7 MATERIALES

- **Hormigón:**

- Replantillos: Hormigón Simple, f'c= 180 kg/cm² (18 MPa)
- Obras de arte menor: Hormigón Estructural f'c= 240 kg/cm² (24 MPa), ductos, cabezales y muros de ala. El módulo de elasticidad corresponde a Ec: 233928 kg/cm² (23392 MPa).

- **Acero:**
  - El acero de refuerzo tendrá un límite a la fluencia de 4200 kg/cm² (420 MPa), varillas que cumplan las especificaciones de ASTM A-615. El módulo de elasticidad corresponde a Es: 2000000 kg/cm² (200000 MPa).

7.1 MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN (EC)

El módulo de elasticidad del concreto se estimará con las expresiones dadas por el Código NEC 2015, y que expresa lo siguiente:

El módulo de elasticidad para el hormigón, **Ec** (GPa), se puede calcular como la raíz cúbica del módulo de elasticidad del agregado **Ea** (GPa), por la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión del hormigón **f'c** (MPa) y por el factor **1.15**, así como sigue:

$$Ec = 1.15 * \sqrt[3]{Ea} * \sqrt{f'c}$$

Dónde:

Ec = Módulo de elasticidad para el hormigón (GPa)

Ea =Módulo de elasticidad del agregado (GPa)

f'c = Resistencia a a la compresión del hormigón (MPa)

Esta ecuación provee una mejor estimación de **Ec** para los materiales del Ecuador y será usada para la estimación de deflexiones ante cargas estáticas y a niveles de servicio de elementos a flexión de hormigón armado o pretensado.

En la Tabla 2, se presentan valores típicos del módulo de elasticidad de los agregados **Ea**, que se encuentran en el Ecuador:

Tabla 2. Módulos de elasticidad de agregados, Ea**.**

Tipo	Procedencia	E_a (GPa)
Tonalita	Pascuales – Guayas	74.9
Basalto (Formación. Piñón)	Picoazá – Manabí	52.5
Basalto	Pifo – Pichincha	27.2
Ígnea (Andesitas, basaltos, Granodioritas)	Río Jubones – El Oro	110.5
Volcánica	La Península – Tungurahua	17.5

El A.C.I.-318S-14 (American Concrete Institute), con base en sus investigaciones propone, como valor de referencia la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Ec = 4700 * \sqrt{f'c}} \quad \boldsymbol{(Mpa)}$$

$$\boldsymbol{Ec = 15100 * \sqrt{f'c}} \quad \boldsymbol{(\frac{Kg}{cm2})}$$

La Escuela Politécnica Nacional, así como la Empresa Holcim, en sus investigaciones establecen una expresión para determinar el Módulo Estático de Elasticidad del Hormigón que es el siguiente:

$$\boldsymbol{Ec = 12000 * \sqrt{f'c}}$$

7.2 MÓDULO DE POISSON

- Estado Límite de Servicio v = 0.2
- Estado Límite último / plasticidad v = 0

7.3 RECUBRIMIENTOS

Infraestructura	Rec. en contacto con el suelo 10 cm.
	Rec. a la intemperie 5cm.
	Rec. pantalla cabezal 5cm.

8 CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural de alcantarillas, incluyen las estructuras de cabezales y muros de ala de entrada o salida para las alcantarillas circulares y rectangulares. La implantación de las estructuras obedece a lo planteado en el estudio hidráulico de drenaje menor.

En esta etapa se deben contar con todos los parámetros geométricos, planteamiento del tipo estructuras, las limitaciones que se puedan presentar de los resultados de los estudios hidrológicos y de suelos, y el cumplimiento de las normas nacionales y extranjeras.

Para llevar esto a cabo se tiene lo siguiente:

- Condiciones geométricas y de carga.
- Combinaciones e hipótesis de carga.
- Resistencia de Materiales

8.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Las fuerzas internas, reacciones de apoyos y deformaciones producidas por las acciones de diseño se determinaron mediante el análisis estructural empleando el programa de elementos finito SAP 2000 V 24.1.0.

8.2 CRITERIO DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Los ductos, sus componentes y su cimentación deben ser diseñados para estados límite específicos para lograr los objetivos de constructibilidad, seguridad y de servicio. Cada componente y conexión debe satisfacer para cada estado límite el siguiente criterio expresado matemáticamente como:

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n$$

Donde:

η_i Modificador de carga que depende de la ductilidad, la redundancia y la clasificación operacional
γ_i Factor de carga
Q_i Efectos de cargas
ϕ Factor de resistencia
R_n Resistencia nominal

8.3 MODIFICADORES Y FACTORES DE CARGA

Se emplearon los modificadores de carga de las secciones 1.3.3, 1.3.4 y 1.3.5 y los factores de carga de la tabla 3.4.1-1 y 3.4.1-2 de la AASHTO LRFD 2020.

8.3.1 MODIFICADOR DE CARGA DE DUCTILIDAD

Para el estado límite de resistencia:

$\eta_D \geq 1.05$ para componentes y conexiones no dúctiles

$\eta_D = 1.00$ para diseños convencionales y detalles que cumplen con las especificaciones de la AASHTO LRFD

$\eta_D \geq 0.95$ para componentes y conexiones para los cuales se han especificado medidas adicionales para mejorar la ductilidad más allá de las requeridas por estas especificaciones

Para otros estados límite:

$\eta_D = 1.00$

8.3.2 MODIFICADOR DE CARGA DE REDUNDANCIA

Para el estado límite de resistencia:

$\eta_R \geq 1.05$ para componentes no redundantes

$\eta_R = 1.00$ para niveles convencionales de redundancia

$\eta_R \geq 0.95$ para niveles excepcionales de redundancia más allá de la continuidad de la viga y una sección transversal torsionalmente cerrada

Para otros estados límite:

$\eta_R = 1.00$

8.3.3 MODIFICADOR DE CARGA POR CLASIFICACIÓN OPERACIONAL

Para el estado límite de resistencia:

$\eta_I \geq 1.05$ para puentes esenciales o críticos

$\eta_I = 1.00$ para puentes típicos

$\eta_I \geq 0.95$ para puentes relativamente menos importantes

Para otros estados límite:

$\eta_I = 1.00$

El factor modificador de carga para los estados límite de resistencia y evento extremo son:

Cuando el factor de carga máximo es aplicable

$$\eta_i = \eta_D \eta_I \eta_R$$

Cuando el factor de carga mínimo es aplicable

$$\eta_i = \frac{1}{\eta_D \eta_I \eta_R}$$

Para todos los demás estados límites:

$\eta_i = 1.00$

8.4 ESTADOS LÍMITE

De acuerdo con la sección 3.4.1 de la AASHTO LRFD los estados límites que aplicables son los siguientes:

Resistencia I: Combinación básica de carga relacionada con el uso vehicular normal, sin considerar el viento.

Resistencia II: Combinación de carga relacionada al uso del puente mediante vehículos de diseños especiales especificados por el propietario y/o vehículos con permiso de evaluación, sin considerar el viento.

Resistencia III: Combinación de carga relacionada al puente expuesto al viento con una velocidad mayor a 90 km/h.

Resistencia IV: Combinación de carga relacionada a relaciones muy altas de la carga muerta en la superestructura.

Resistencia V: Combinación de carga relacionada al uso vehicular normal del puente considerando el viento a una velocidad de 90 km/h.

Evento Extremo I: Combinación de carga incluyendo sismo.

Evento Extremo II: Combinación de carga relacionada a la carga de viento, choque de vehículos y barcos, y ciertos eventos hidráulicos con carga viva reducida, distinta de la carga de choque vehicular.

Servicio I: Combinación de carga relacionada al uso operativo normal del puente con viento a 90 km/h y con todas las cargas a su valor nominal (sin factorizar). También está relacionada con el control de deflexiones. Esta combinación de cargas también se debería usar para investigar la estabilidad de taludes.

Servicio II: Combinación de carga considerada para controlar la fluencia de estructuras de acero y el deslizamiento de las secciones críticas, debidas a la carga viva vehicular.

Servicio III: Combinación de carga relacionada solamente a la fuerza de tensión en estructuras de concreto pretensado, con el objetivo de controlar las grietas.

Fatiga I: Combinación de fatiga y carga de fractura, relacionada a carga infinita inducida.

Fatiga II: Combinación de fatiga y carga de fractura, relacionada a carga finita inducida.

8.5 TIPOS DE CARGA

8.5.1 CARGA MUERTA

Peso Propio: Los efectos del peso propio son calculados considerando el peso específico de los materiales de conformidad con la Tabla 2.

Tabla 3. Peso unitario de materiales

Material	Peso Unitario (kg/m^3)
Hormigón	2400
Asfalto	2200
Acero	7850
Suelo compactado	1800

8.5.2 CARGAS VIVAS

La mayoría de los ductos son diseñados asumiendo que el tráfico es paralelo a la luz. Cuando la profundidad del relleno medido desde la losa superior a la superficie del pavimento es menor de 0.60 m, el camión HL-93 o tándem de diseño se distribuyen de acuerdo con la Sección 4.6.2.10.2 (Caso 1: Tráfico paralelo a la luz) de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2020. Si el tráfico es perpendicular a la luz, la distribución se la realiza de acuerdo con 4.6.2.1 de la misma norma.

En la Sección 3.6.1.2.5 AASHTO LRFD 2020 establece que si la profundidad del relleno es mayor que 0.60 m, se considera que las cargas de las ruedas están uniformemente distribuidas en un área rectangular cuyos lados son iguales a las dimensiones del área de contacto de los neumáticos más 1.15 veces la profundidad del relleno para suelos granulares seleccionados, o la profundidad del relleno para los demás suelos.

El área de contacto de una rueda se asume como un rectángulo de 510 mm de ancho por 250 mm de longitud. Si las áreas de las ruedas se superponen, la carga total se distribuye uniformemente en el área calculada sobre la losa. Para alcantarillas de un solo tramo, los efectos de la sobrecarga de camión se pueden despreciar si la profundidad del relleno es mayor que 2400 m y mayor que la longitud de la alcantarilla; para las alcantarillas múltiples (2 o más celdas) la sobrecarga se puede despreciar si la profundidad del relleno es mayor que la distancia entre las caras de los muros extremos.

La norma ASHTO LRFD 2017 en la Sección 3.6.1.3.3 indica que cuando la losa se distribuye principalmente en el sentido longitudinal para losas superiores de alcantarillas de todas las dimensiones longitudinales, incluyendo los puentes tipo losa cuando el tramo no exceda de 4.50 m, solo se aplicarán las cargas de eje de camión tipo tándem.

Se considerará el factor de carga dinámica para estructuras enterradas de acuerdo con lo indicado en la Sección 3.6.2.2-1; y el factor de presencia múltiple de la Sección 3.6.1.1.2-1 de AASHTO LRFD 2017.

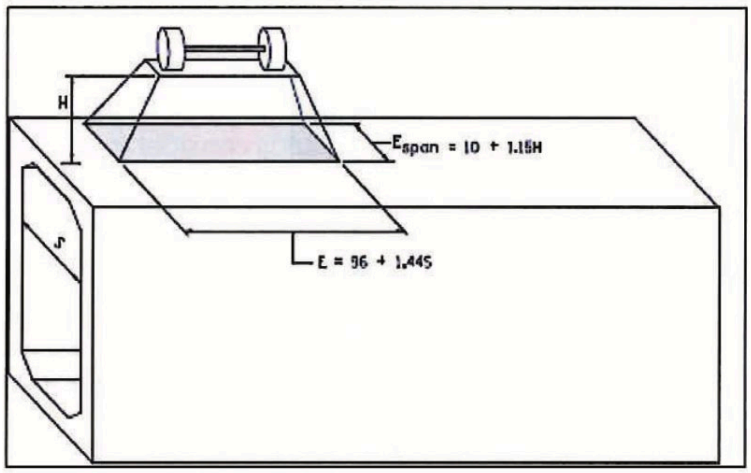


Figura 2. Tráfico paralelo a la luz con relleno menor a 600mm.

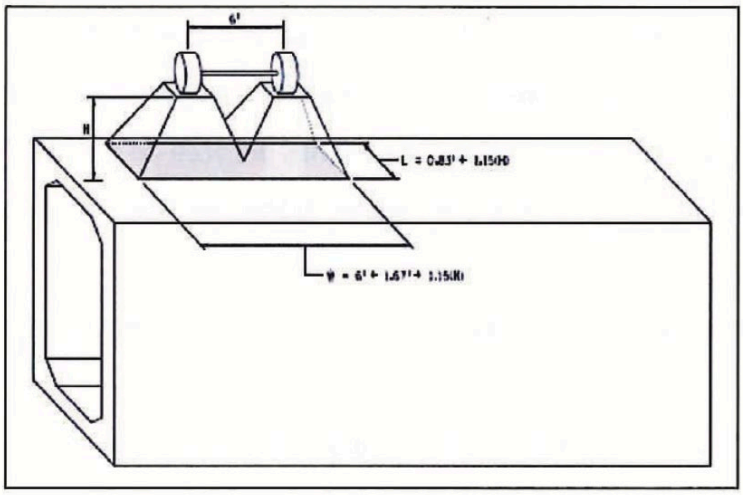


Figura 3. Tráfico paralelo a la luz con relleno mayor a 600mm.

8.5.3 CARGAS SÍSMICAS

No se consideraron cargas sísmicas debido a que las estructuras estarán enterradas; por tanto, el desplazamiento relativo entre la parte inferior y superior de las paredes no cumple las condiciones para desarrollar el empuje sísmico.

8.6 COMBINACIONES DE CARGA

8.6.1 CARGAS

Las cargas utilizadas en el Análisis y Diseño están definidas en el reglamento AASHTO LRFD, las cuales son:

8.6.1.1 CARGAS PERMANENTES

CR = Fuerza debido a creep.

DD = Fuerza de sub-presión.

DC = Carga muerta de los elementos estructurales y no estructurales.

DW = Carga muerta.

EH = Carga de horizontal debido al empuje de tierra.

EL = Efectos de fuerza resultante del proceso de construcción, incluye ajuste de los gatos en construcción segmental en cantiléver.

ES = Sobrecarga de tierra.

EV = Presión vertical debido a la carga de tierra y rellenos. Fuerzas secundarias de pos-tensión.

PS = Fuerzas secundarias de pos-tensión.

SH = Fuerza por los efectos debido a retracción.

8.6.1.2 CARGAS TRANSITORIAS

BR = Fuerza de frenado.

CE = Fuerza centrífuga vehicular.

CT = Fuerza vehicular de colisión.

CV = Fuerza de colisión de barcos.

EQ = Carga sísmica.

FR = Carga de fricción.

IC = Carga de hielo.

IM = Fuerza debido al efecto dinámico de la carga.

LL = Carga viva vehicular.

LS = Sobrecarga viva.

PL = Carga viva peatonal.

SE = Carga debido a asentamientos.

TG = Gradiente de temperatura.

TU = Fuerza debido a la temperatura uniforme.

WA = Carga de agua y presión de arroyos y ríos.

WL = Viento en la carga viva.

WS = Carga de viento en la estructura.

8.6.2 COMBINACIONES DE CARGA

En la Tabla 3 se presentan los factores de carga para varios estados límites. Los factores se deben seleccionar para producir el efecto extremo. Para cada combinación, los extremos positivos y negativos deben ser investigados. Cada carga debe ser multiplicada por el factor correspondiente y posteriormente sumada a las demás aplicables. En la Tabla

4 se presentan los valores de factores para cargas permanentes, para lo cual se debe escoger el que produzca la combinación de carga más crítica.

Tabla 4. Diseño para Estados Límite. Factores de Carga y LRFD

Load Combination Limit State	*DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH*	*LL IM CE BR PL LS*	*WA*	*WS*	*WL*	*FR*	*TU*	*TG*	*SE*	Use One of These at a Time				
										EQ	*BL*	*IC*	*CT*	*CV*
Strength I (unless noted)	γ_p	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Strength II	γ_p	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Strength III	γ_p	—	1.00	1.00	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Strength IV	γ_p	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—	—
Strength V	γ_p	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Extreme Event I	1.00	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—	—
Extreme Event II	1.00	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00	1.00
Service I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Service II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—	—
Service III	1.00	γ_{LL}	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—	—
Service IV	1.00	—	1.00	1.00	—	1.00	1.00/1.20	—	1.00	—	—	—	—	—
Fatigue I—*LL, IM & CE* only	—	1.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fatigue II—*LL, IM & CE* only	—	0.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Note: For Service I, the load factor for *EV* equals 1.2 for Stiffness Method Soil Failure as shown in Table 3.4.1-2.

Tabla 5. Factores de carga para cargas permanentes YP

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag		Load Factor	
		Maximum	Minimum
DC: Component and Attachments		1.25	0.90
DC: Strength IV only		1.50	0.90
DD: Downdrag	Piles, α Tomlinson Method	1.40	0.25
	Piles, λ Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (2010) Method	1.25	0.35
DW: Wearing Surfaces and Utilities		1.50	0.65
EH: Horizontal Earth Pressure			
• Active		1.50	0.90
• At-Rest		1.35	0.90
• *AEP* for anchored walls		1.35	N/A
EL: Locked-in Construction Stresses		1.00	1.00
EV: Vertical Earth Pressure			
• Overall and Compound Stability		1.00	N/A
▪ Retaining Walls and Abutments		1.35	1.00
▪ MSE wall internal stability soil reinforcement loads			
○ Stiffness Method			
▪ Reinforcement and connection rupture		1.35	N/A
▪ Soil failure – geosynthetics (Service I)		1.20	N/A
○ Coherent Gravity Method		1.35	N/A
• Rigid Buried Structure		1.30	0.90
• Rigid Frames		1.35	0.90
• Flexible Buried Structures			
○ Metal Box Culverts, Structural Plate Culverts with Deep Corrugations, and Fiberglass Culverts		1.50	0.90
○ Thermoplastic Culverts		1.30	0.90
○ All others		1.95	0.90
• Internal and Compound Stability for Soil Failure in Soil Nail Walls		1.00	N/A
ES: Earth Surcharge		1.50	0.75

La Resistencia de diseño ϕRn debe ser por lo menos igual al efecto de las cargas incrementadas en las siguientes ecuaciones recomendadas en AASHTO LRFD para el Estado Límite de Resistencia I con $\eta = 1.0$ (Tabla 3.4.1-1 - Combinaciones de Carga y Factores de Carga):

U1a = 1.0(1.25DC +1.3EV +1.35EH +1.75(LL+IM) +1.75LS)

U1b = 1.0(1.25DC +1.3EV +1.35EHS +1.75(LL+IM) +1.75LS+1.0SP)

U2a =1.0(0.9DC +0.9EV +1.35EH +1.75LS)

U2b = 1.0(0.9DC + 0.9EV + 1.35EHS + 1.75LS+1.0SP)

U3a = 1.0(1.25DC +1.3EV +0.9EH +1.75(LL+IM) +1.0WA)

U3b = 1.0(1.25DC + 1.3EV +0.9EH +S 1.75(LL+IM) + 1.0WA+1.0SP)

U4a =1.0(1.25DC +1.3EV +0.9EH +1.75(LL+IM))

U4b = 1.0(1.25DC + 1.3EV + 0.9EHS + 1.75(LL+IM) +1.0SP)

En el Estado Límite de Servicio I se determinan deformaciones, esfuerzos de trabajo para cálculos de agrietamiento y esfuerzos de contacto en la losa de cimentación para compararlos con esfuerzos admisibles del suelo.

Las ecuaciones recomendadas por AASHTO LRFD (Tabla 3.4.1-1 - Combinaciones de Carga y Factores de Carga) son:

U5a = DC + EV + EH + (LL+IM) + LS

U5b =DC +EV +EHS +(LL+IM) +LS+SP U6a=DC+EV+EH +LS

U6b = DC + EV + EHS + LS+SP

U7a = DC +EV +EH +(LL+IM) +WA

U7b =DC +EV +EHS +(LL+IM) +WA+SP U8a= DC +EV +EH +(LL+IM)

U8b = DC +EV +EHS +(LL+IM) +SP

9 DESARROLLO

El desarrollo de las memorias de cálculo se encuentra en los Anexos a este documento.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las actividades deberán desarrollarse de manera secuencial siguiendo las especificaciones técnicas dispuestas en los planos de diseño. Se recomienda dar cumplimiento a las condiciones de aseguramiento de la calidad en los procesos constructivos de los elementos estructurales de las obras de arte mayor y menor que componen el proyecto.

Elaborado:	**Revisado:**	**Aprobado:**
Firmado electrónicamente por JOEL CARLOS BARREIRO MORENO Ing. Joel Barreiro Especialista Estructural	Firmado electrónicamente por: FERNANDO ENRIQUE ZANABRIA VILLAMAR Ing. Fernando Zanabria Director del Proyecto	Firmado electrónicamente por: JOHAN ALBERTO SUDARIO SUAREZ Ing. Johan Sudario Administrador de Contrato