



**REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA  
DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL  
SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS  
DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE  
CONCESIÓN NO. 163 DE 2019**

**ESTRUCTURAS NUEVAS  
MÓDULOS DE ACCESO Y OBRAS HIDRÁULICAS**

Documento No. EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

## CONTROL DE CAMBIOS


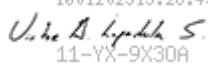
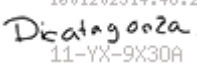


### ÍNDICE DE MODIFICACIONES (Para uso de la Asesoría)

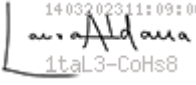

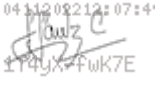

Versión	Fecha	Sección modificada	Observaciones
A	21-07-2022	Todas	Versión inicial para revisión de FDN / EMB.
B	12-08-2022	1, 2, 4	Ajustado según actualización de arquitectura y trazado.
C	06-09-2022	2, 3, 4, 6	Ajustado según comentarios de interventoría (PLMB-INT-06-01-ESTR-PVI-002_01 del 26-08-2022) y EMB (Radicado EXTS22-0004629 - EST del 24-08-2022)
D	10-10-2022	3	Ajustado según comentarios de interventoría (PLMB-INT-06-01-ESTR-PVI-004_00 del 20-09-2022) y EMB ( EXTS22-0005184 - EST del 20-09-2022)
E	14-12-2022	5, 6, 3, 2	Ajustado según comentarios de interventoría (PLMB-INT-06-01-ESTR-PVI-002_04 del 18-10-2022) y EMB ( EXTS22-000574 - EST del 10-10-2022)
F	23-01-2023	4	Actualización obras hidráulicas
0	16-02-2023	-	Versión aprobada según Rad. EXTS23-0000772 del 15-02-2023.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

**REVISIÓN Y APROBACIÓN (Para uso de la Asesoría)**

Preparó:  1601202313:22:5 11-YX-9X30A C. Gamba 16-02-2023	Preparó:  1601202313:28:41 11-YX-9X30A V. Lapadula 16-02-2023	Preparó:  1601202314:48:21 11-YX-9X30A D. Gonzalez 16-02-2023	Preparó:  1601202314:45:21 11-YX-9X30A L. Blanco 16-02-2023
VoBo. Ingeniero ejecutor Módulos de acceso	VoBo. Ingeniero ejecutor Módulos de acceso	VoBo. Ingeniero ejecutor Estructuras Hidráulicas	VoBo. Ingeniero ejecutor Estructuras Hidráulicas
Aprobó:  1601202315:08:41 11-YX-9X30A F. Consuegra 16-02-2023			
VoBo. Especialista			

Revisó:  1403202311:09:01 11aL3-CoHs8 L. Aldana 16-02-2023	Revisó:  A. Alves 16-02-2023	Revisó:  0411202212:07:41 114UX-FwK7E F. Sánchez 16-02-2023	Revisó:  M. Cermesoni 16-02-2023
VoBo. Coordinador INGETEC	VoBo. Coordinador SYSTRA	VoBo. Coordinador Técnico	VoBo. Director del Proyecto

**REVISIÓN Y APROBACIÓN (Para uso de FDN)**

Juan Camilo Pantoja Vela 16-02-2023
Gerente de Estructuración

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y DISEÑO</b>	<b>11</b>
2.1. NORMATIVIDAD APLICABLE	11
2.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	11
2.3. MATERIALES, CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS	11
2.3.1. Calidad de los materiales	11
2.3.2. Cargas y denominaciones de cargas	12
2.3.3. Factores de carga y combinaciones	37
2.4. LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES	38
2.5. MODELACIÓN PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO	38
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS MÓDULOS DE ACCESO</b>	<b>39</b>
3.1. MÓDULO DE ACCESO A LA ESTACIÓN 17 COSTADO OCCIDENTAL	39
3.1.1. Verificación de deriva	39
3.1.2. Diseño de Vigas	39
3.1.3. Diseño de Columnas	40
3.2. MÓDULO DE ACCESO A LA ESTACIÓN 17 COSTADO ORIENTAL	40
3.2.1. Verificación de deriva	40
3.2.2. Diseño de Vigas	40
3.2.3. Diseño de Columnas	41
3.3. MÓDULO DE ACCESO A LA ESTACIÓN 19 COSTADO OCCIDENTAL	41
3.3.1. Verificación de deriva	41
3.3.2. Diseño de Vigas	41
3.3.3. Diseño de Columnas	42
3.4. MÓDULOS DE ACCESO A LA ESTACIÓN 19 COSTADO SUR ORIENTAL	42
3.4.1. Verificación de deriva	43
3.4.2. Diseño de Vigas	43
3.4.3. Diseño de Columnas	43
3.5. Descripción del proceso constructivo	44
3.6. Capacidad portante de las cimentaciones	44
3.7. Cuantías utilizadas para el cálculo de cantidades	45
3.8. Planos generados	46
<b>4. OBRAS HIDRÁULICAS</b>	<b>48</b>
4.1. NORMATIVA DE DISEÑO	48
4.2. MATERIALES, CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGA	50
4.2.1. Calidad de los materiales	50
4.2.1.1. Concreto	50

4.2.1.2. Acero de refuerzo:	50
4.2.2. Cargas	50
4.2.3. Factores de Carga y Combinaciones	50
4.3. DIMENSIONES	52
4.3.1. Box Culvert Castellana	52
4.3.1. Box Culvert Calle 92	52
4.3.1. Box Culvert Interceptor Virrey	52
4.3.2. Canal Virrey	52
4.3.3. Canal Castellana	52
4.3.4. Cámaras de inspección	52
4.3.5. Cajas de accesorios	52
4.4. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS	53
4.4.1. Box Culvert	53
4.4.2. Canales	53
4.4.3. Cámaras de Inspección	53
4.4.4. Cajas accesorios	54
4.4.5. Anclajes	54
4.5. PROCESO CONSTRUCTIVO	54
4.5.1. Proceso de demolición del Box Culvert Castellana	54
4.5.2. Proceso de Construcción de Box Culvert Castellana	54
4.5.3. Proceso de demolición Canal Castellana	56
4.5.4. Proceso de Construcción de Canal Castellana	56
4.5.5. Proceso de demolición del Canal Virrey y Aletas del Box Río Negro	56
4.5.6. Proceso de construcción de Canal Virrey y Aletas del Box Río Negro	56
<b>5. RECOMENDACIONES PARA LA FASE DE DISEÑO DETALLADO</b>	<b>58</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>7. REFERENCIAS</b>	<b>60</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>61</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Planta nivel calle módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 2. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 3. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 4. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga muerta (2,2 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 5. Planta nivel calle módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 6. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 7. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 8. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 9. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 10. Planta nivel Intermedio módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 11. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 12. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga muerta (2,1 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 13. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 14. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 15. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 16. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 17. Planta nivel calle módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)
- Figura 18. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 19. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 20. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 21. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 22. Planta nivel calle módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 23. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 24. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 25. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 26. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 27. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 28. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 29. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 30. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 31. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga muerta (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 32. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 33. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 34. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 35. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 36. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 37. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 38. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 39. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 40. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga muerta (2,1 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 41. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 42. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 43. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 44. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 45. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)

Figura 46. Espectro de diseño sísmico para zona geotécnica Lacustre 200

Figura 47. Espectro de umbral de daño para zona geotécnica Lacustre 200

Figura 48. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso occidental de la estación 17

Figura 49. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso oriental de la estación 17

Figura 50. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso occidental de la estación 19

Figura 51. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso oriental-sur de la estación 19

Figura 52. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso oriental-norte de la estación 19

Figura 53. Proceso constructivo esquema etapa 1

Figura 54. Proceso constructivo esquema etapa 2

Figura 55. Proceso constructivo esquema etapa 3



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resistencias a la compresión de los elementos estructurales de concreto consideradas en el diseño

Tabla 2. Valores de los parámetros usados para construir el espectro sísmico de diseño

Tabla 3. Valores de los parámetros usados para construir el espectro umbral de daño

Tabla 4. Capacidad admisible pilotes

Tabla 5. Cuantías usadas en los elementos estructurales

Tabla 6. Índice de planos

Tabla 7. Combinaciones y factores de carga, CCP-2014

Tabla 8. Factores de cargas permanentes, CCP-2014

Tabla 9. Cuantías mínimas de fraguado y variación de temperatura

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

## 1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene las memorias de cálculo correspondiente a los diseños de factibilidad de la solución estructural de los módulos de acceso de las estaciones 17 y 19. Se describen las propiedades de los materiales, las cargas empleadas, la modelación numérica y los resultados del diseño. Como criterio importante para viabilizar el desarrollo de un diseño definitivo posterior, se incluyen verificaciones de derivas e índices demanda/capacidad para los elementos de la estructura.

## 2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y DISEÑO

### 2.1. NORMATIVIDAD APLICABLE

Las estructuras de los módulos de acceso a las estaciones 17 y 19 se dimensionaron a nivel de factibilidad dando cumplimiento a lo establecido en las siguientes normas, códigos y/o reglamentos de diseño y construcción aplicables en el desarrollo de los diseños estructurales de este proyecto:

- Decreto 523 de diciembre 16 de 2010. "Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C."
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Especificaciones técnicas generales de materiales de construcción para proyectos de infraestructura y de espacio público para Bogotá D.C. IDU-ET-2011.

### 2.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

Los módulos de acceso a las estaciones se pueden configurar mediante estructuras de concreto o de acero estructural; sin embargo, al analizar la alternativa de una estructura de acero resultaron las siguientes particularidades:

- El sistema principal de resistencia sísmica debe corresponder a Pórticos Resistentes a Momento, con capacidad de disipación de energía moderada o especial, lo cual implica utilizar conexiones calificadas de acuerdo con el capítulo F.3 del reglamento NSR-10. El uso de estas conexiones implica sobre costos para el proyecto.
- Alternativamente se podrían utilizar pórticos arriostrados concéntricamente o excéntricamente con capacidad de disipación de energía especial; sin embargo, con el nivel de desarrollo que tiene la arquitectura a la fecha no se podrían definir con exactitud los vanos en los cuales se puedan disponer los arriostramientos sin afectar la funcionalidad de los edificios.

Dicho esto, para desarrollar la etapa de factibilidad, se decidió utilizar Pórticos Resistentes a momento de concreto reforzado, que pueden tener capacidad de disipación de energía moderada sin tener que recurrir a diseños especiales para las conexiones y que además no obstaculizan la circulación al interior de la edificación en concordancia con los diseños arquitectónicos.

### 2.3. MATERIALES, CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS

#### 2.3.1. Calidad de los materiales

Concreto:

A continuación se presenta la resistencia a la compresión  $f_c$  mínima a los 28 días para los diferentes elementos estructurales, consideradas en el diseño:

Tabla 1. Resistencias a la compresión de los elementos estructurales de concreto consideradas en el diseño

Elemento	$f_c$ (MPa)
Vigas	28
Columnas	28
Placas de entrepisos	28
Dados	28
Pilotes	28

Acero de refuerzo:

El acero de refuerzo considerado en el diseño de todos los elementos estructurales es Grado 60 ( $F_y = 420$  MPa), norma ASTM A706 (NTC 2289).

### 2.3.2. Cargas y denominaciones de cargas

Las cargas, los factores de carga y las combinaciones de carga consideradas en el análisis se definieron de acuerdo con el Título B Cargas de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, y que apliquen a las condiciones particulares del proyecto, véase las combinaciones de carga en el anexo 11.

Cargas Muertas (D):

Se definió como carga muerta el peso propio de los componentes estructurales y elementos adicionales no estructurales adheridos a los mismos.

- Cielo raso:  $1,00 \text{ kN/m}^2$
- Particiones pesadas:  $3,80 \text{ kN/m}^2$
- Acabados de piso:  $1,10 \text{ kN/m}^2$

Peso Propio de los componentes estructurales:

Para calcular el peso propio de la estructura se utilizaron los siguientes pesos específicos:

- Concreto reforzado:  $24,0 \text{ kN/m}^3$

Cargas Vivas (L):

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

Se consideraron los siguientes valores de carga viva:

- Carga Viva en Cubierta: 2 kN/m<sup>2</sup>
- Cargas Viva en Locales Técnicos: 12 kN/m<sup>2</sup>
- Carga Viva de entrespiso: 6 kN/m<sup>2</sup>

A continuación se muestra la aplicación de cargas de los diferentes módulo de acceso:

### Módulo de acceso estación 17 occidental

#### Cargas Muertas (D):

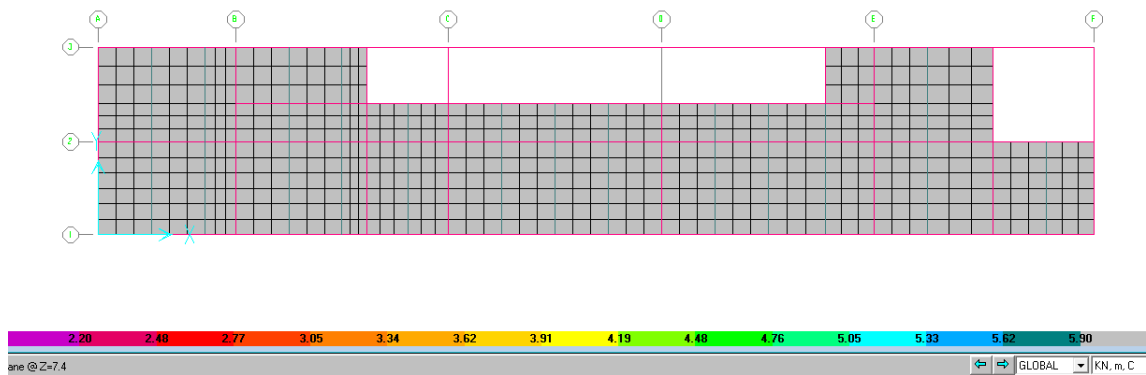


Figura 1. Planta nivel calle módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

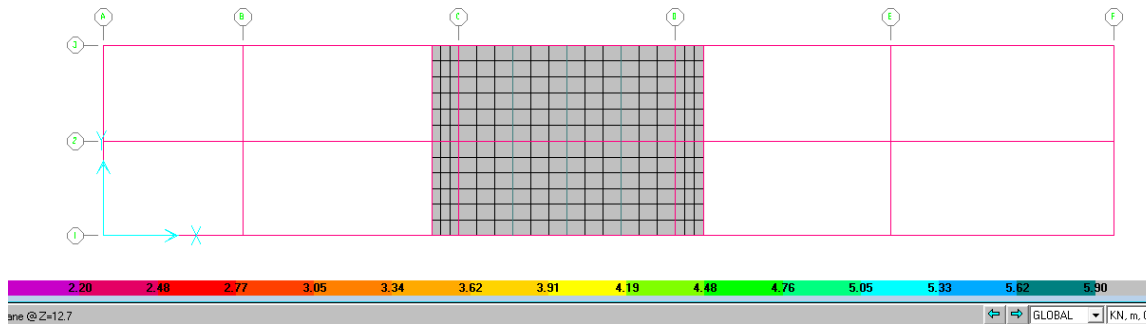


Figura 2. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0



Figura 3. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

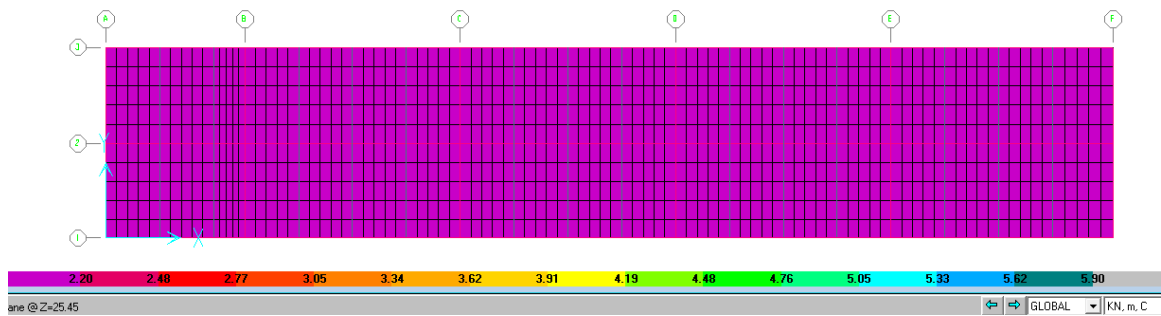


Figura 4. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga muerta (2,2 kN/m<sup>2</sup>)

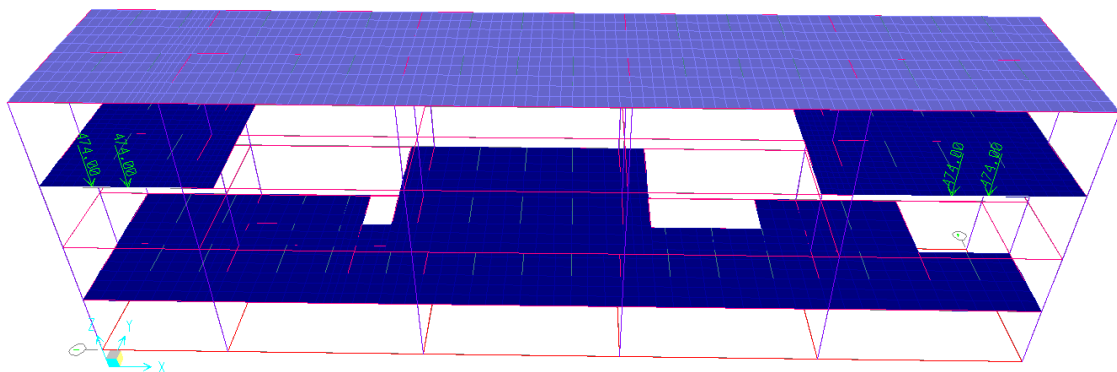


Figura 5. Carga muerta pasarelas (948 kN)

Cargas Vivas (L):

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

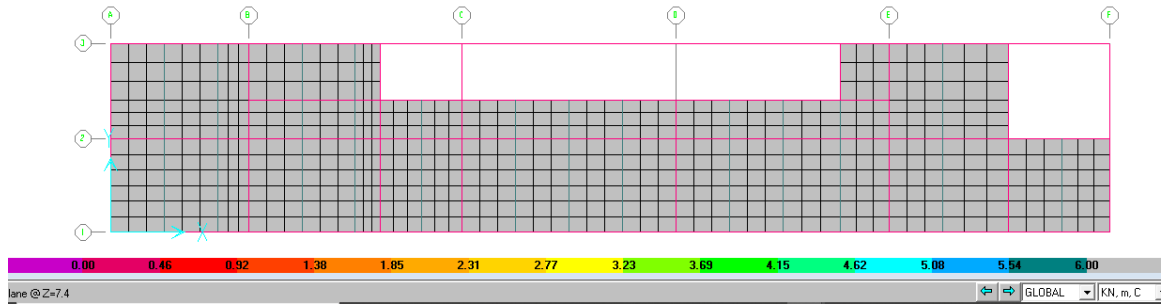


Figura 6. Planta nivel calle módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

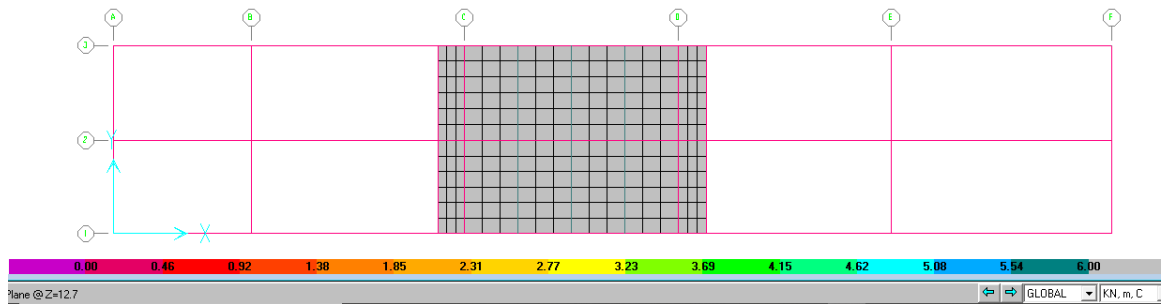


Figura 7. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

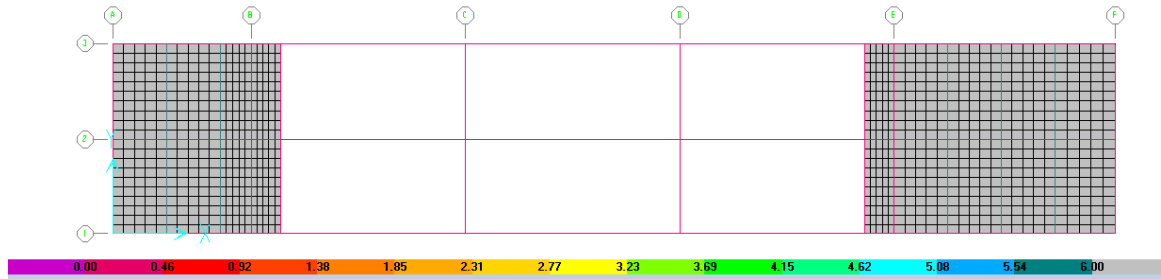


Figura 8. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

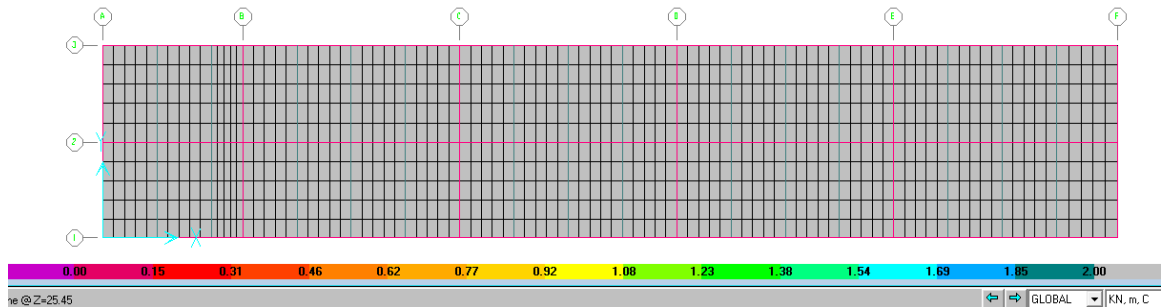


Figura 9. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

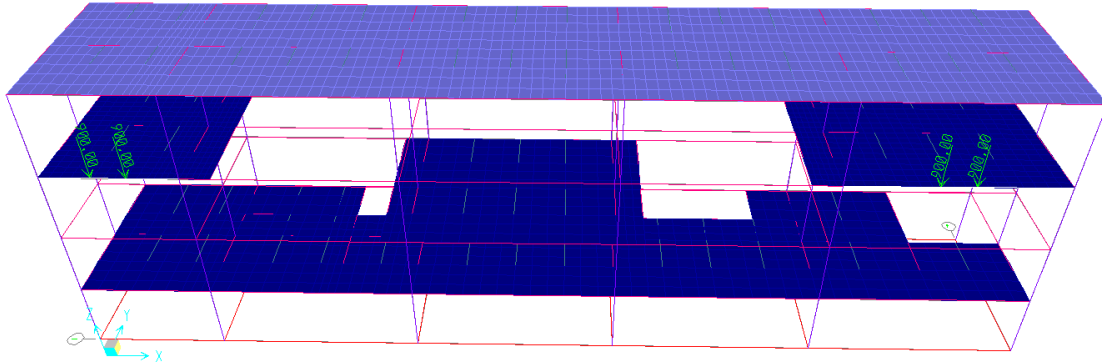


Figura 10. Carga viva pasarelas (900 kN)

Cargas de granizo (G):

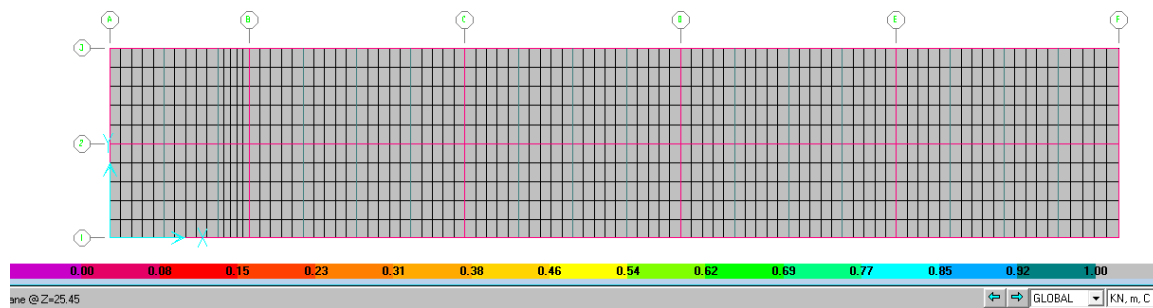


Figura 11. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado occidental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)

**Módulo de acceso estación 17 oriental**

Cargas Muertas (D):



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

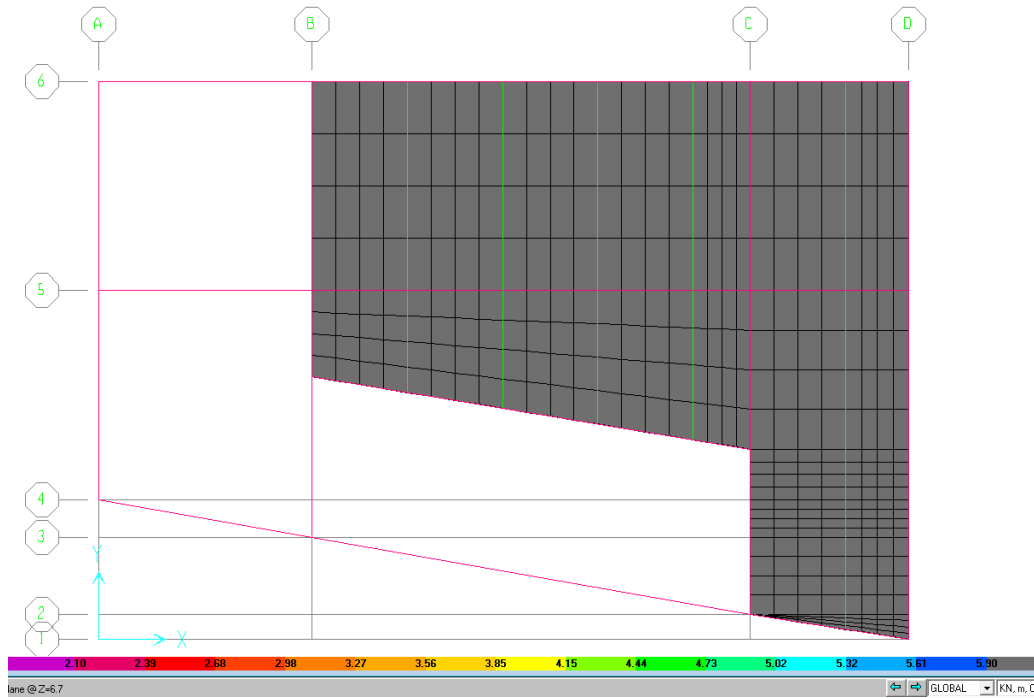


Figura 12. Planta nivel Intermedio módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

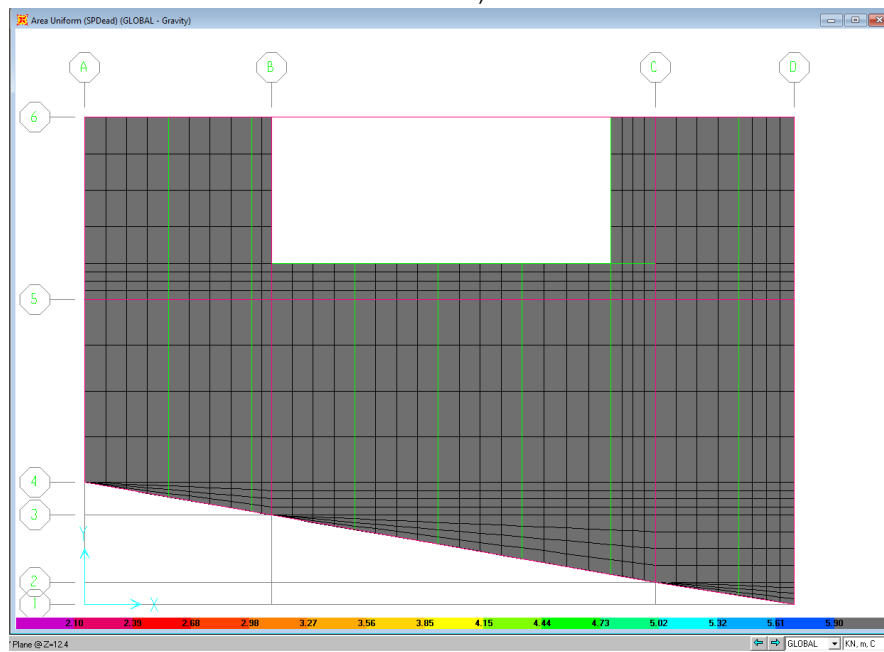


Figura 13. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

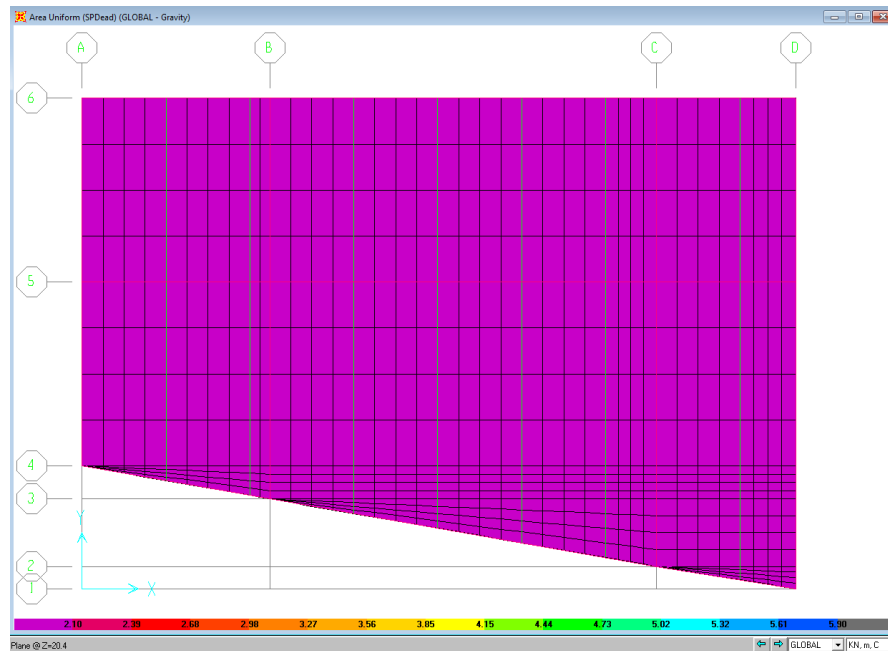


Figura 14. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga muerta (2,1 kN/m<sup>2</sup>)

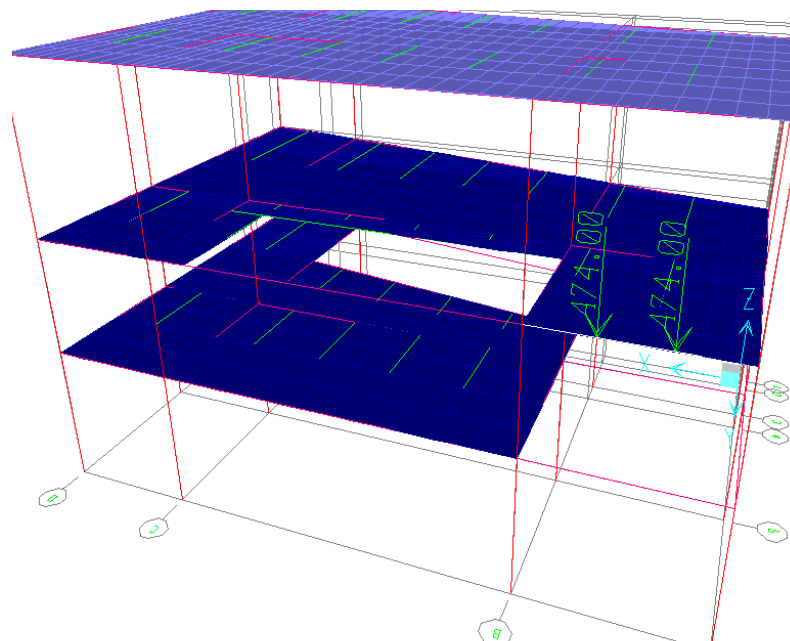


Figura 15. Carga muerta pasarela (948 kN)

Cargas Vivas (L):

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

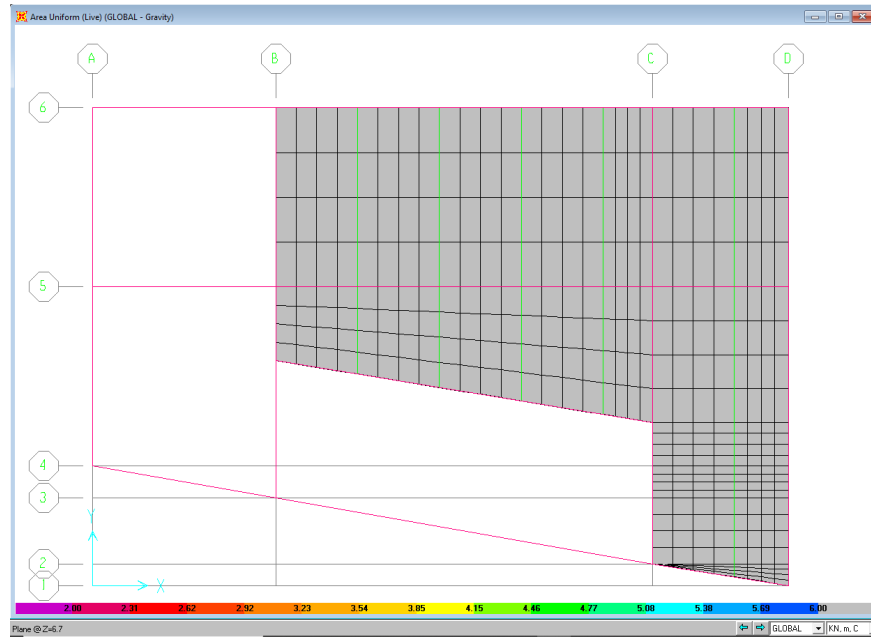


Figura 16. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

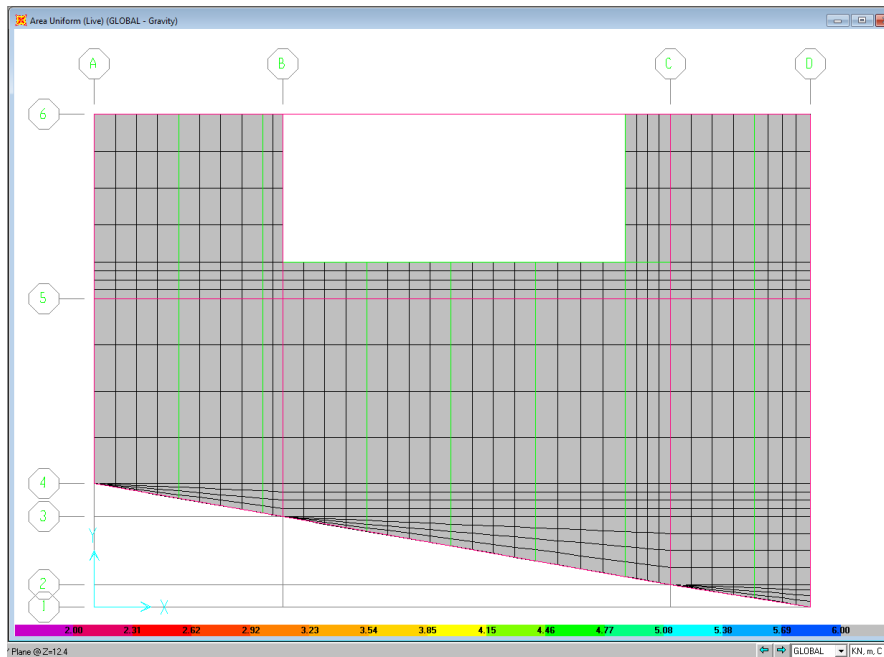


Figura 17. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

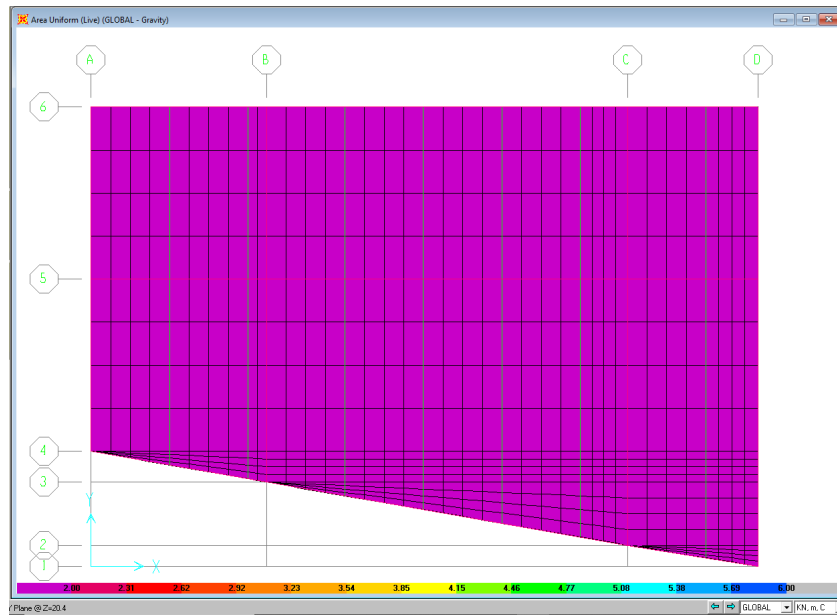


Figura 18. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

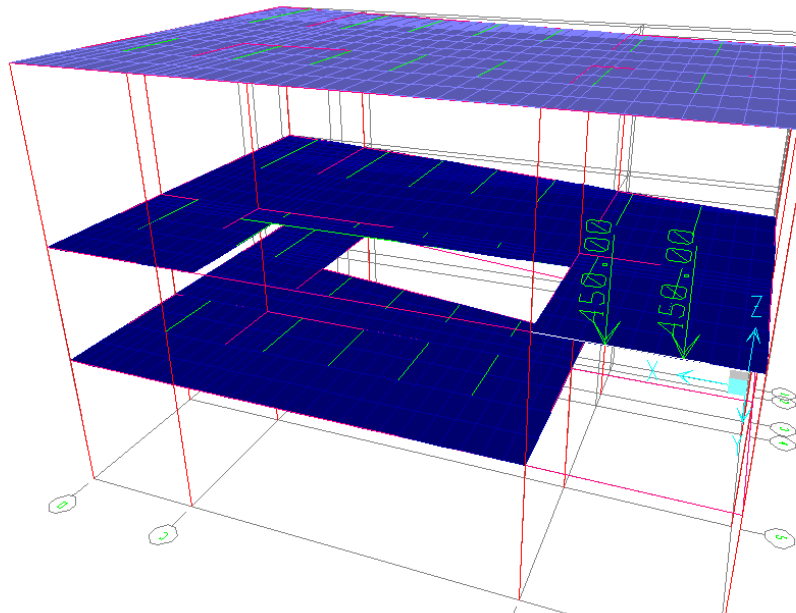


Figura 19. Carga viva pasarela (900 kN)

Cargas de granizo (G):

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

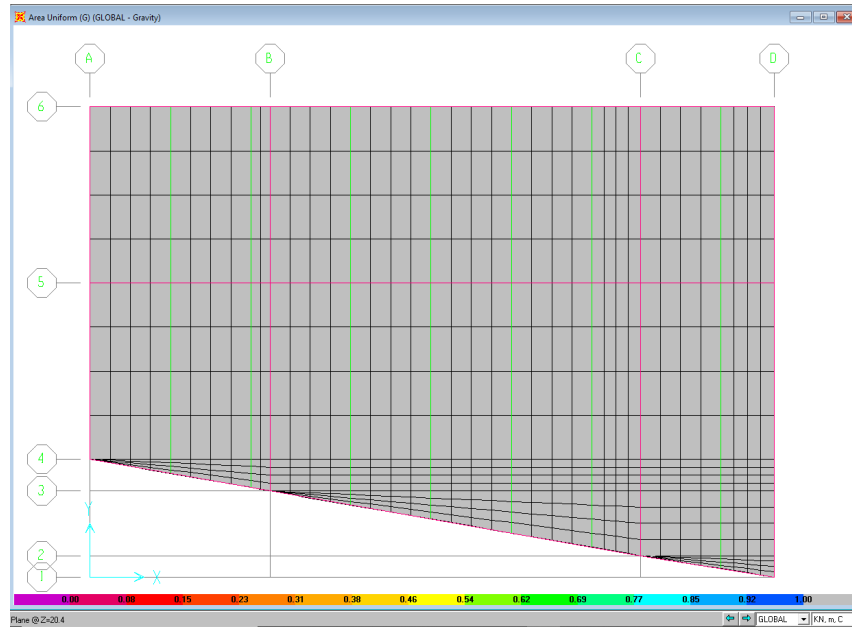


Figura 20. Planta nivel techo módulo de acceso estación 17 costado oriental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)

**Módulo de acceso estación 19 Occidental**  
Cargas Muertas (D):

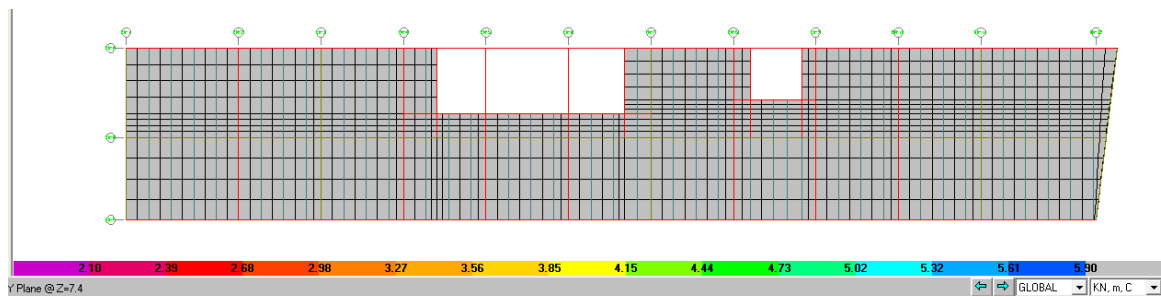


Figura 21. Planta nivel calle módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

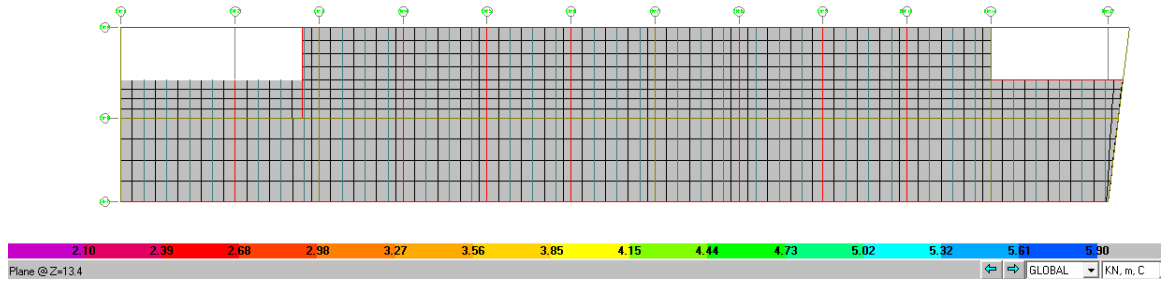


Figura 22. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

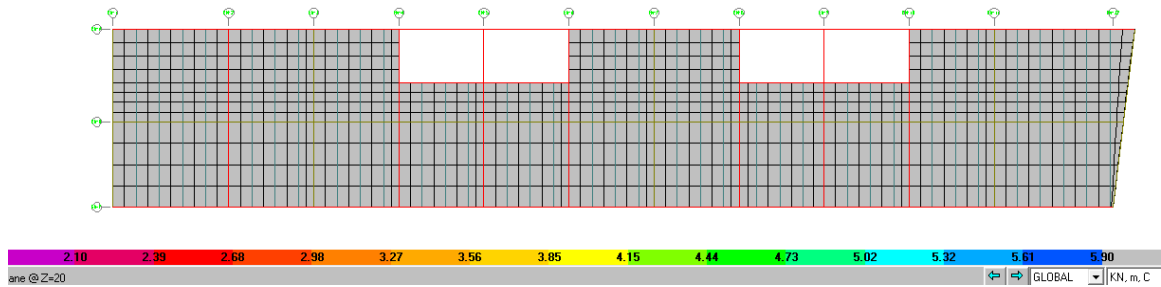


Figura 23. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

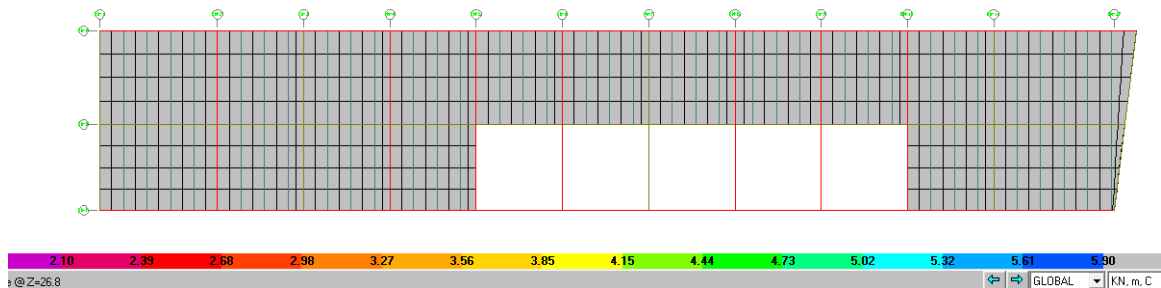


Figura 24. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

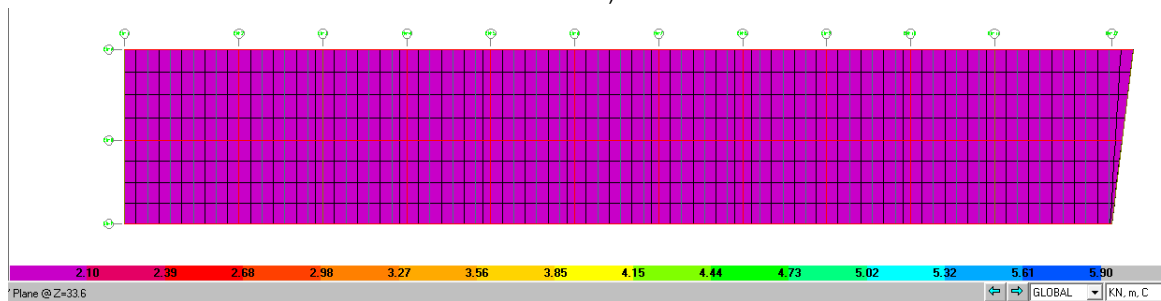


Figura 25. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

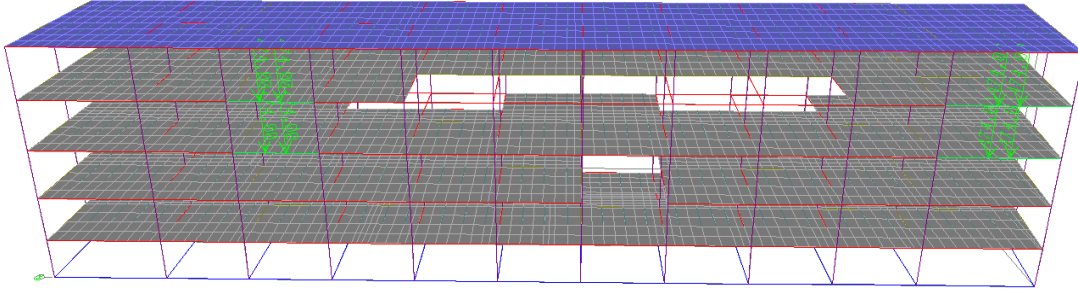


Figura 26. Carga muerta pasarelas (948 kN)

Cargas Vivas (L):

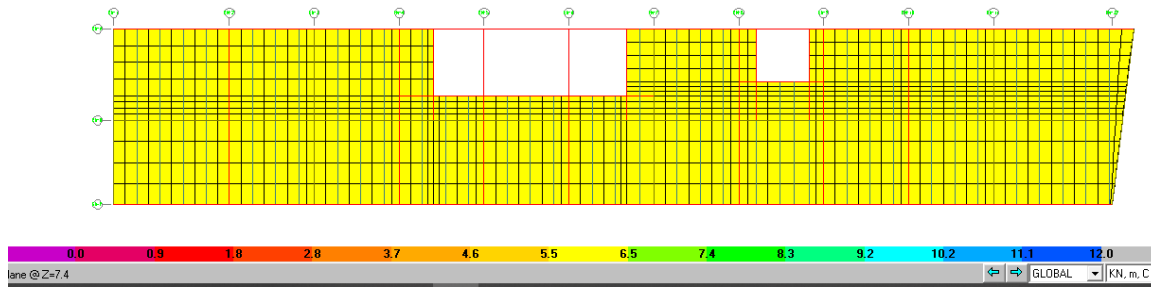


Figura 27. Planta nivel calle módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m2)

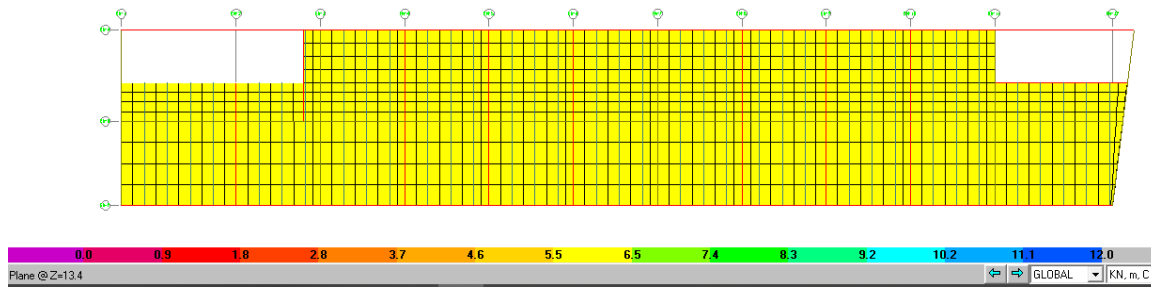


Figura 28. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m2)

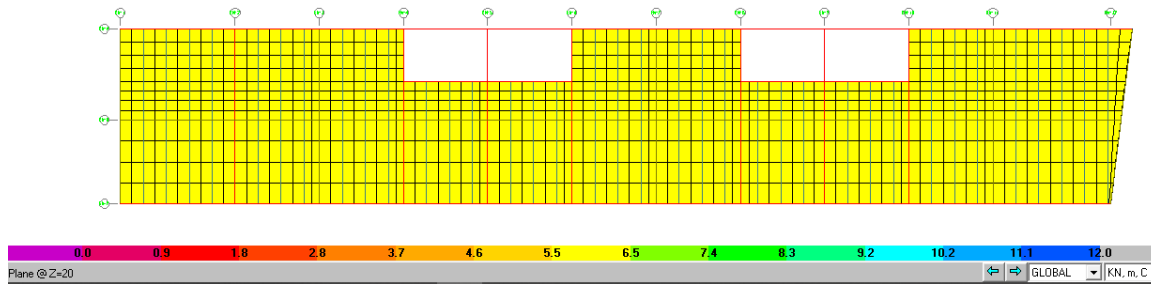


Figura 29. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m2)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

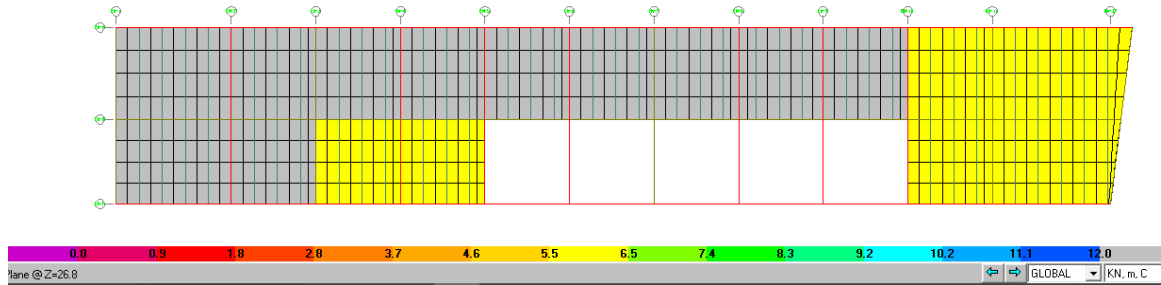


Figura 30. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

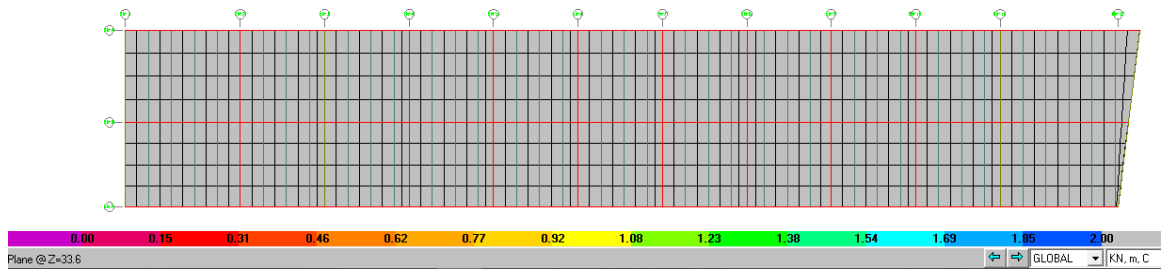


Figura 31. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

Cargas de granizo (G):

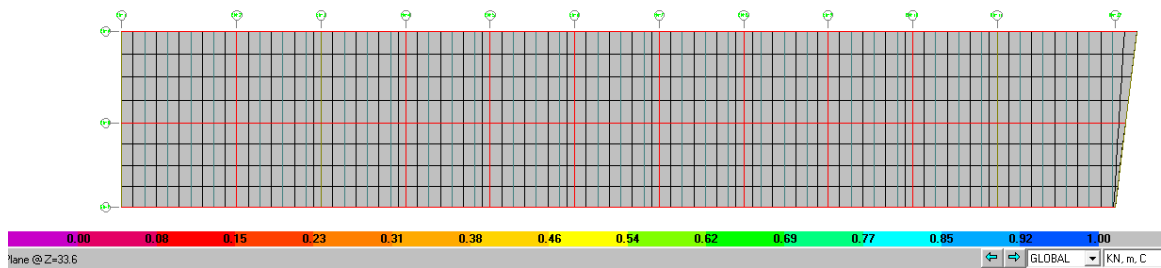


Figura 32. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado occidental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)

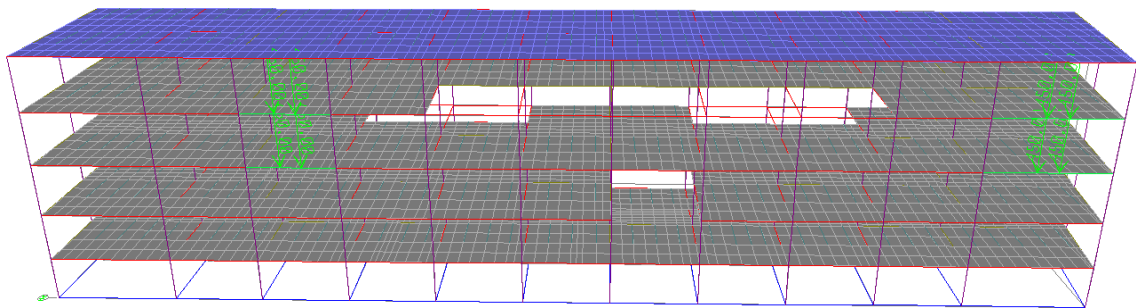


Figura 33. Carga viva pasarelas (900 kN)



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

### Módulo de acceso estación 19 nor oriental

#### Cargas Muertas (D):

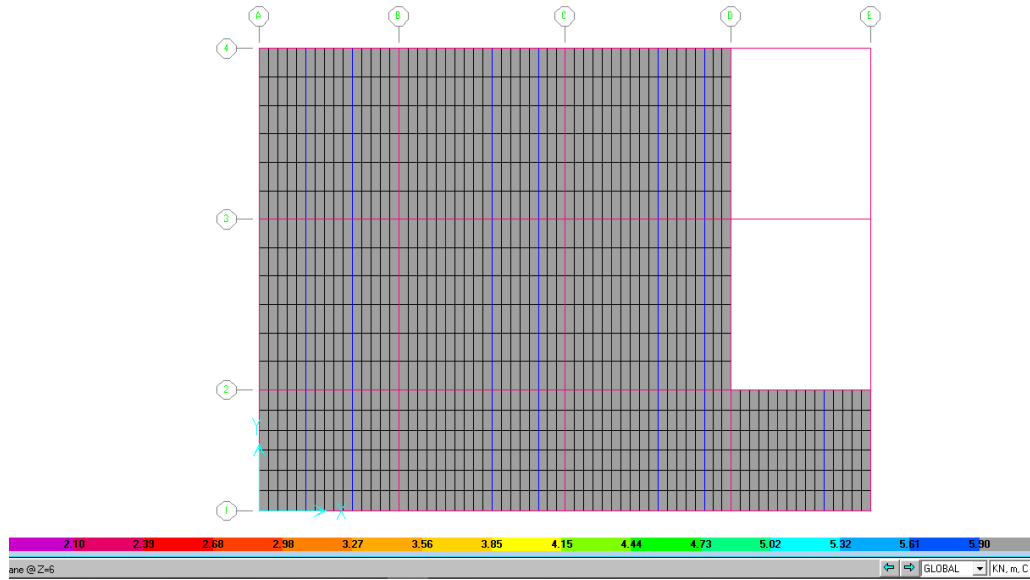


Figura 34. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

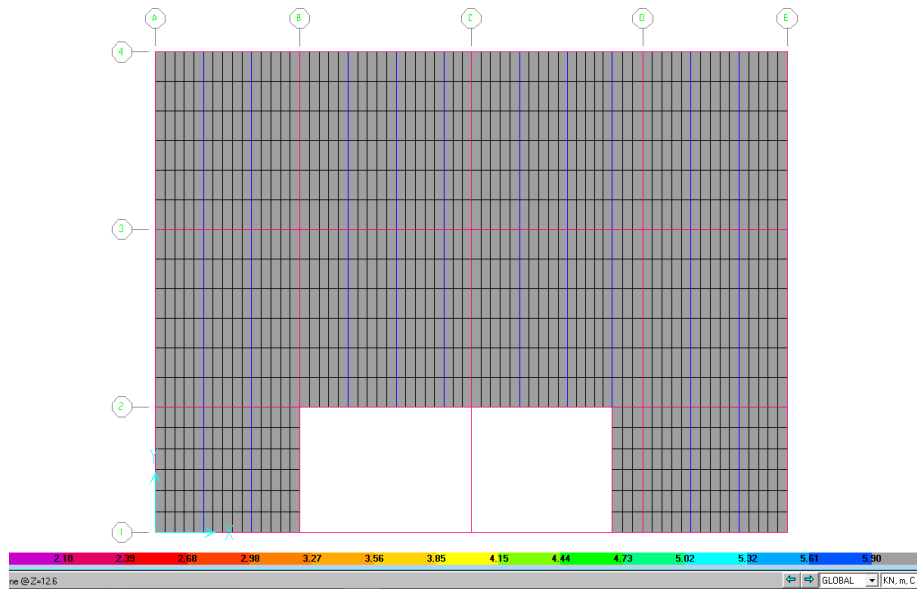


Figura 35. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

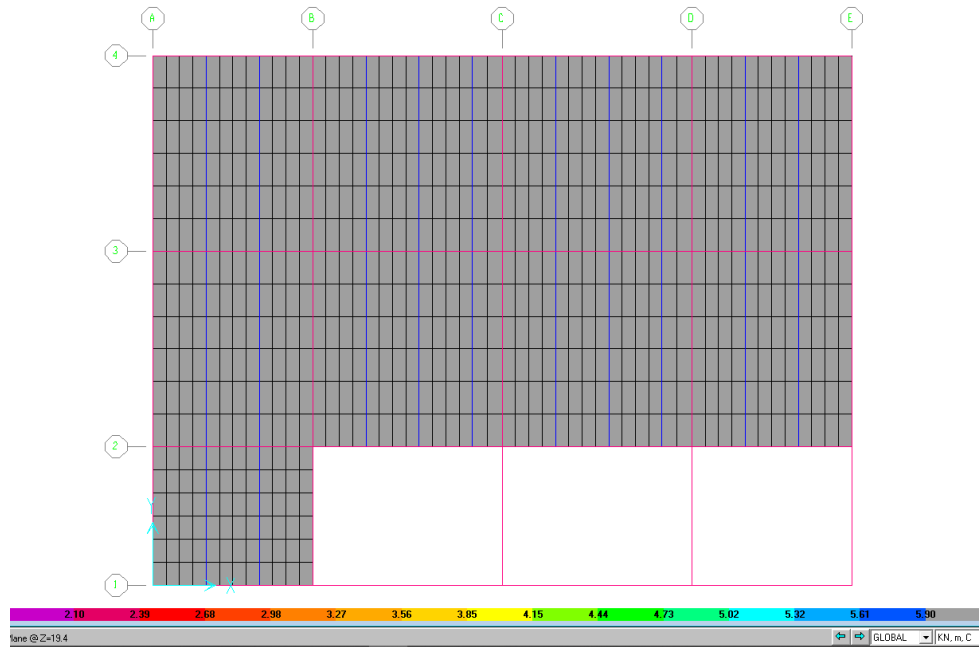


Figura 36. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

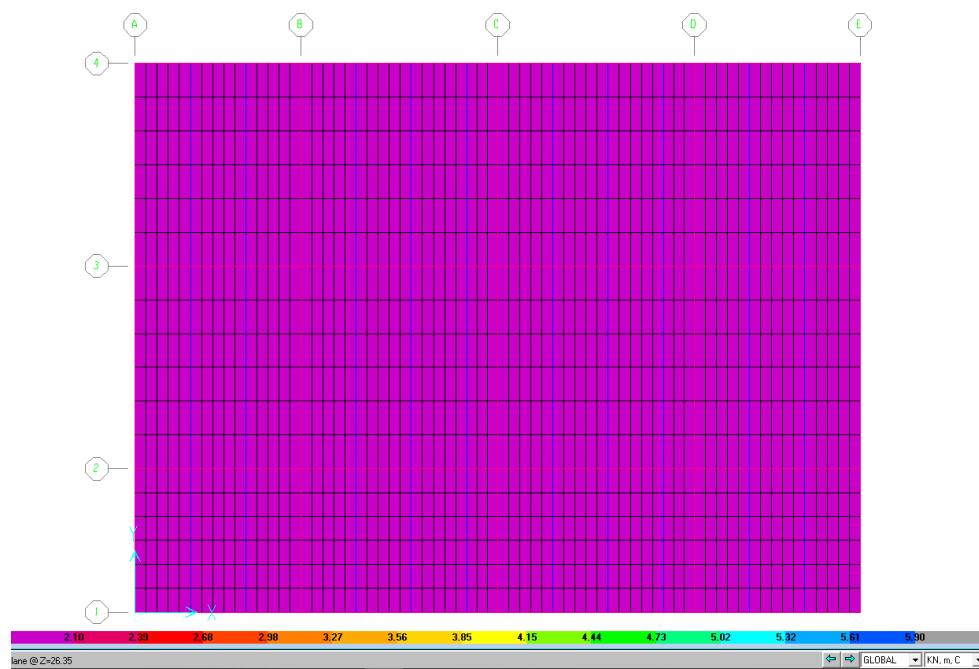


Figura 37. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga muerta (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

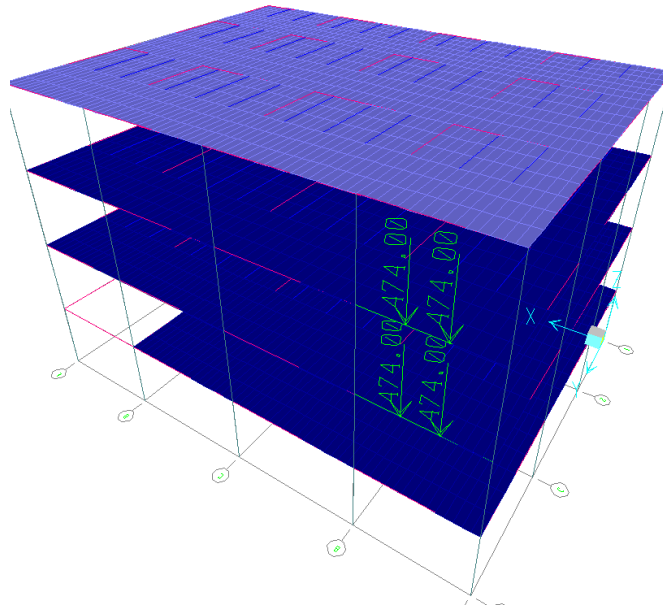


Figura 38. Carga muerta pasarelas (948 kN)

Cargas Vivas (L):

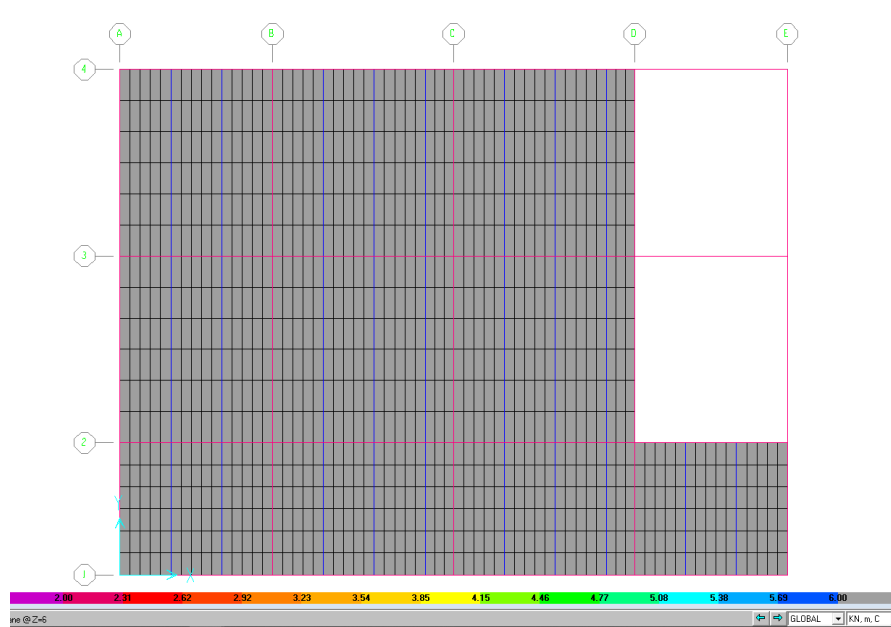


Figura 39. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

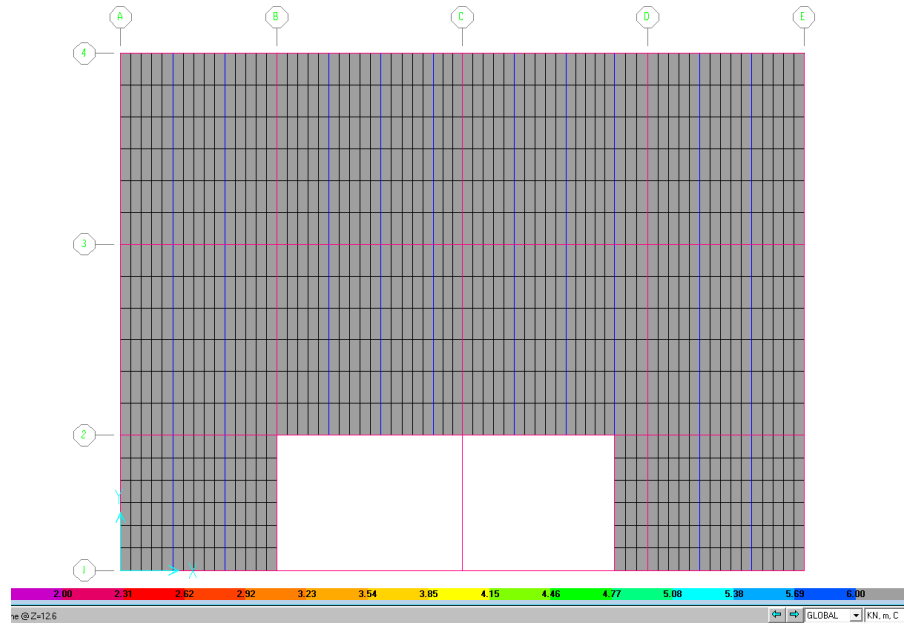


Figura 40. Planta nivel Mezzanine módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

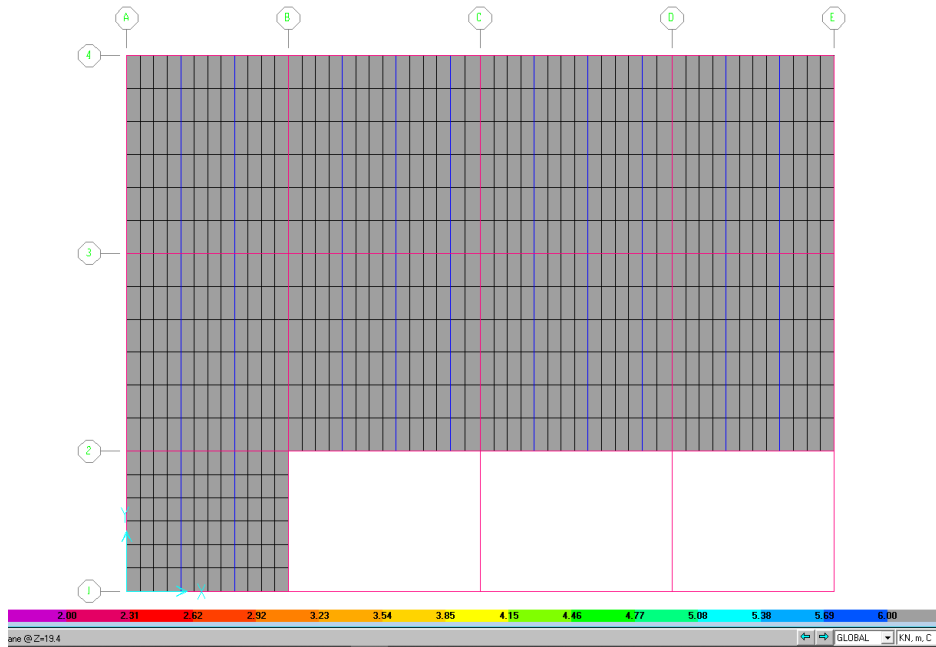


Figura 41. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

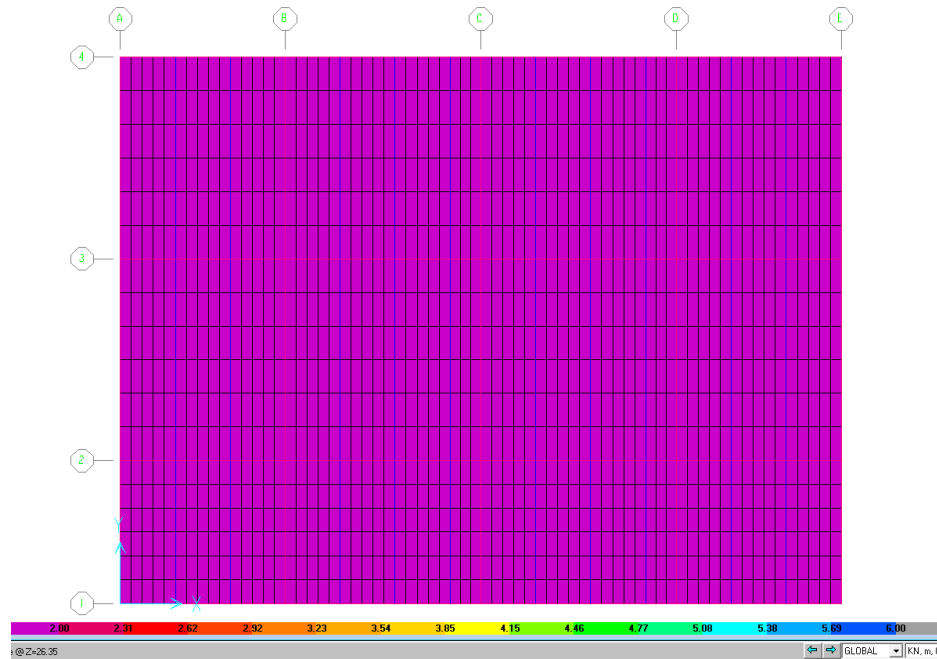


Figura 42. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

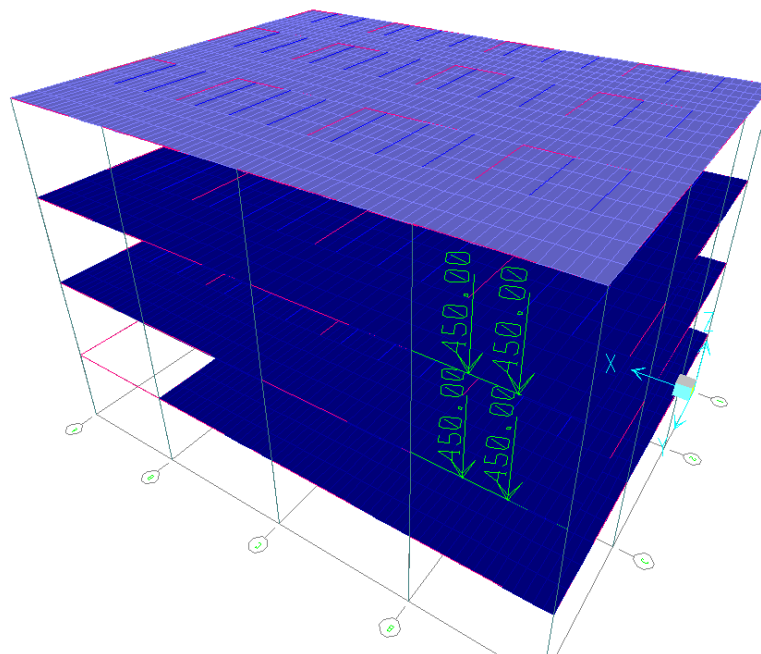


Figura 43. Carga viva pasarelas (900 kN)

Cargas de granizo (G):

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

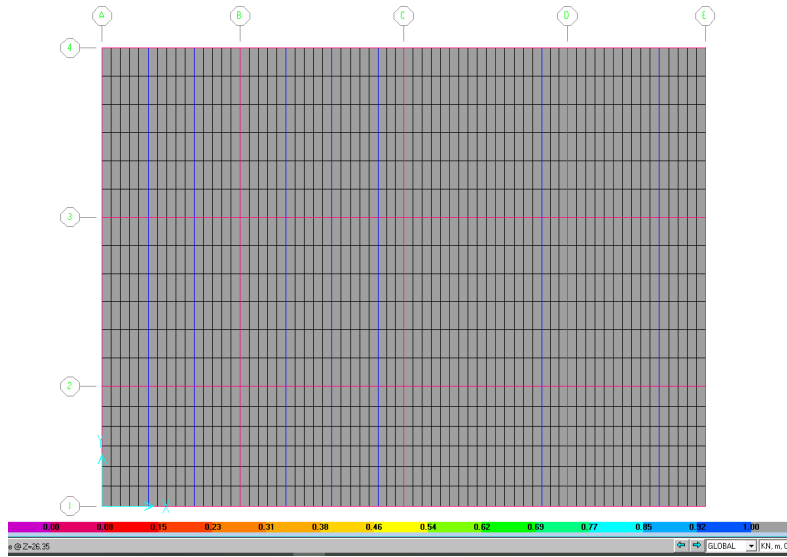


Figura 44. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado nor oriental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)

**Módulo de acceso estación 19 sur oriental**

Cargas Muertas (D):

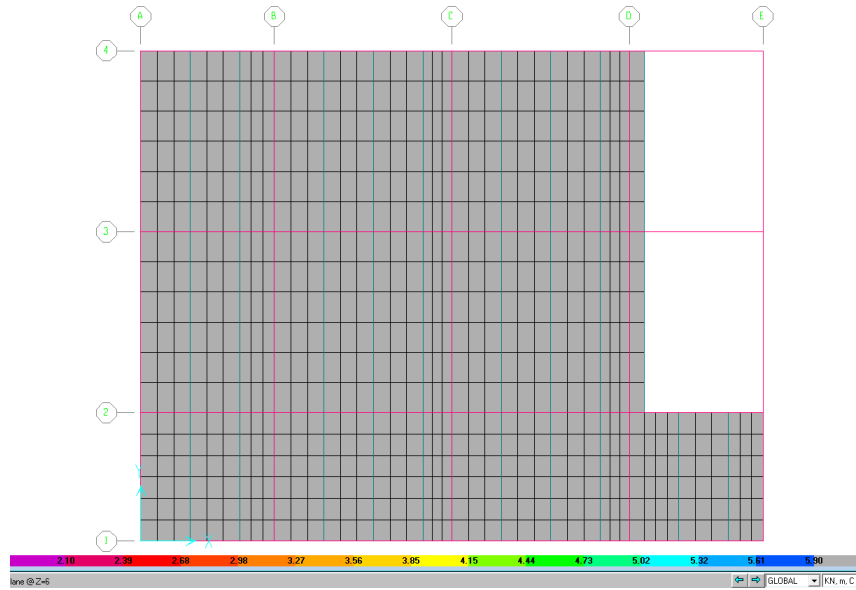


Figura 45. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

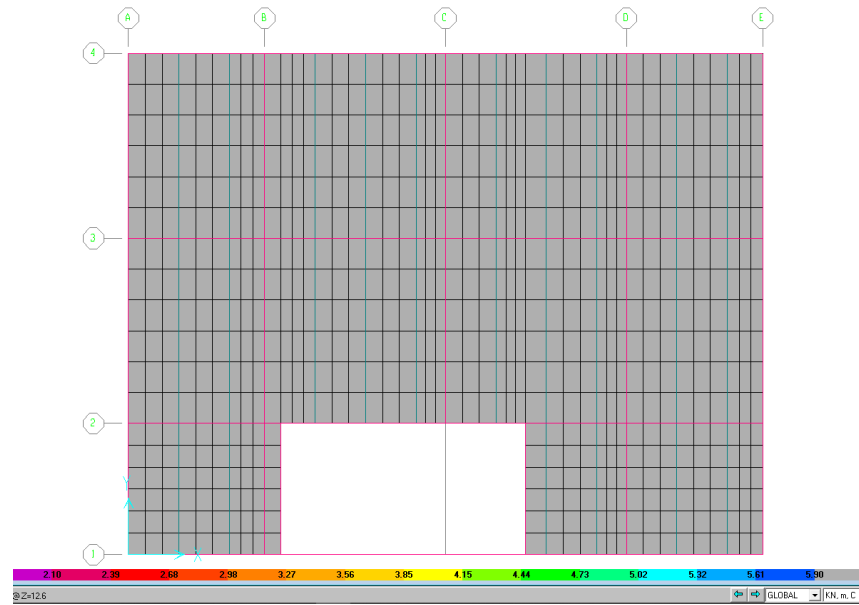


Figura 46. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

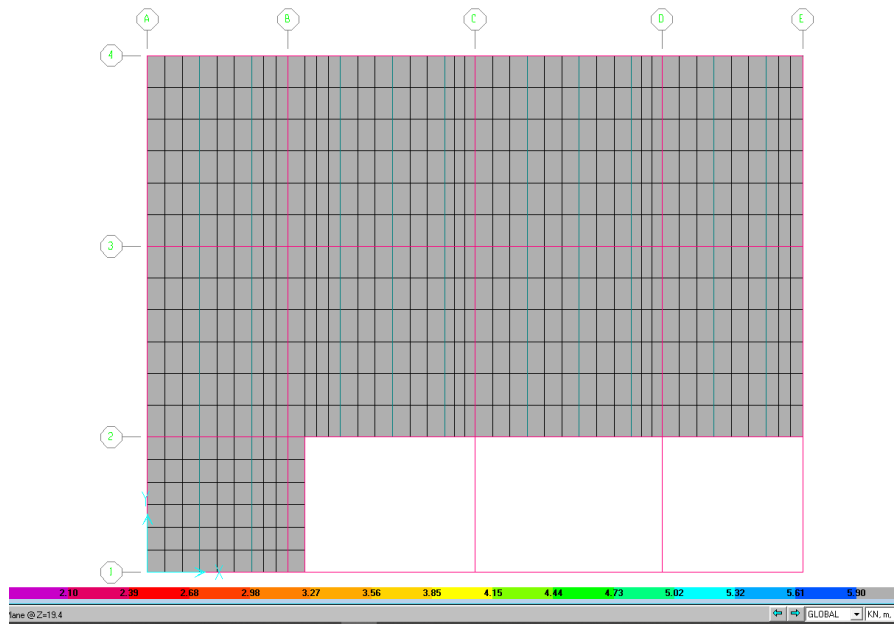


Figura 47. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga muerta (5,9 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

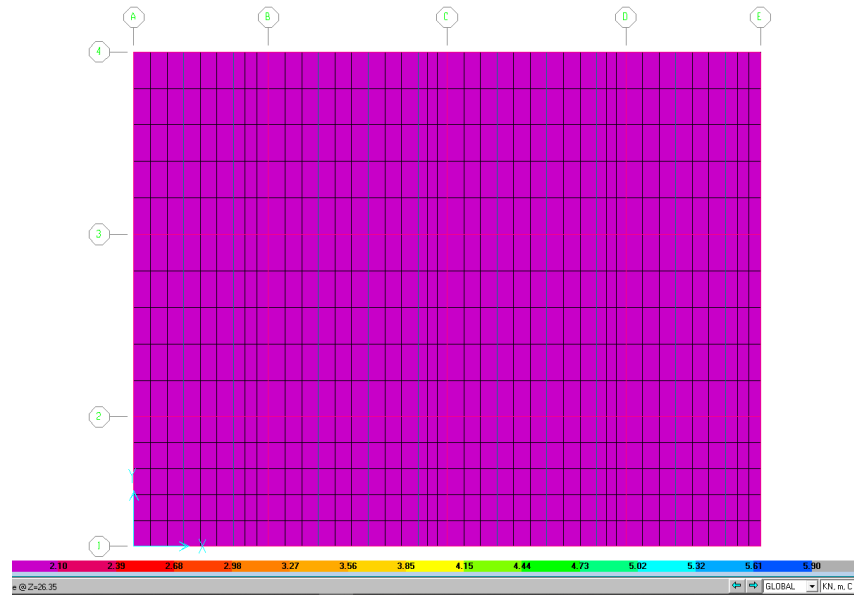


Figura 48. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga muerta (2,1 kN/m<sup>2</sup>)

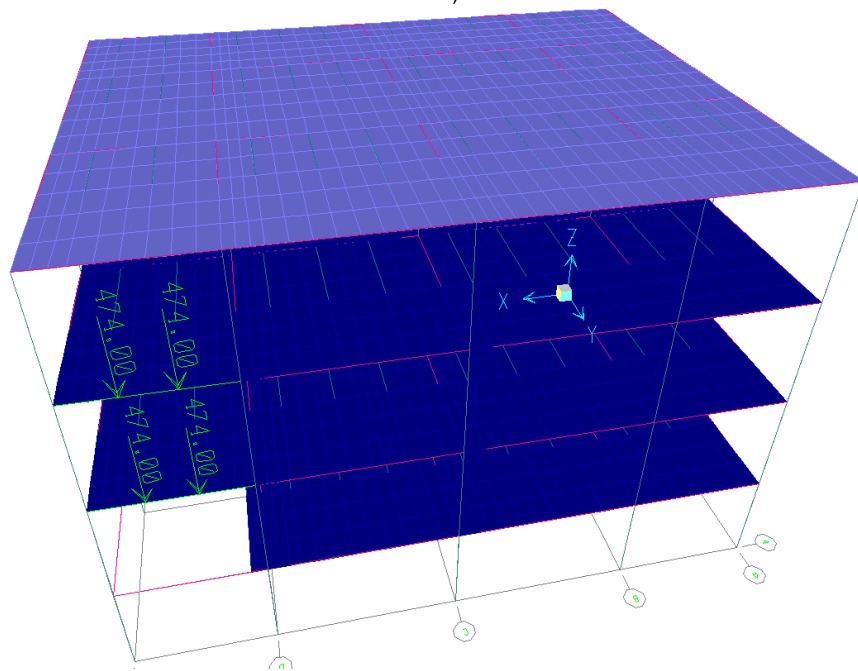


Figura 49. Carga muerta pasarelas (948 kN)

Cargas Vivas (L):



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

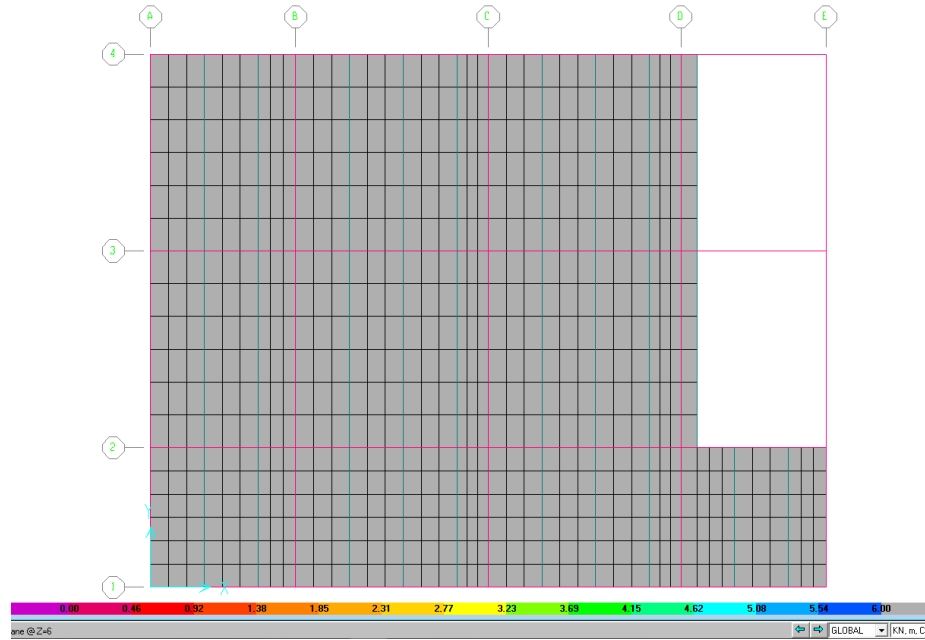


Figura 50. Planta nivel intermedio módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

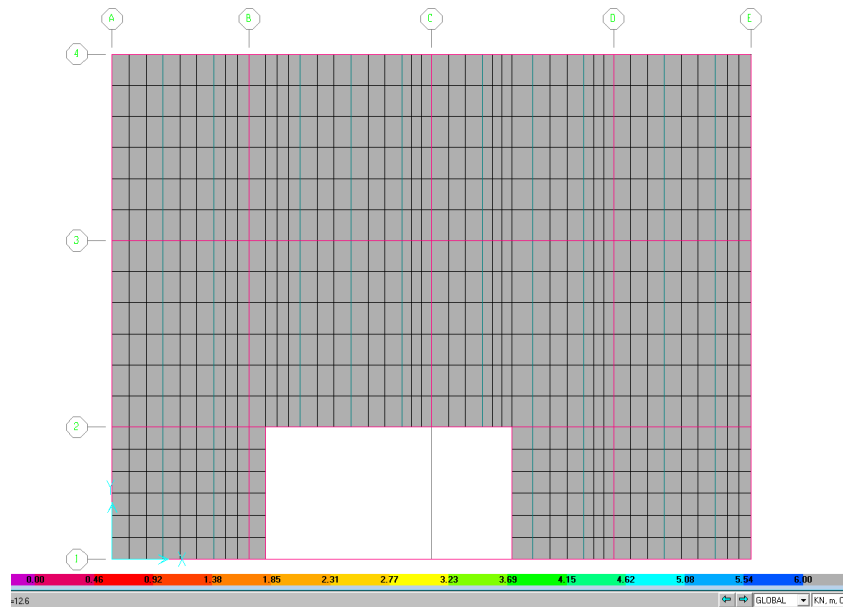


Figura 51. Planta nivel mezzanine módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

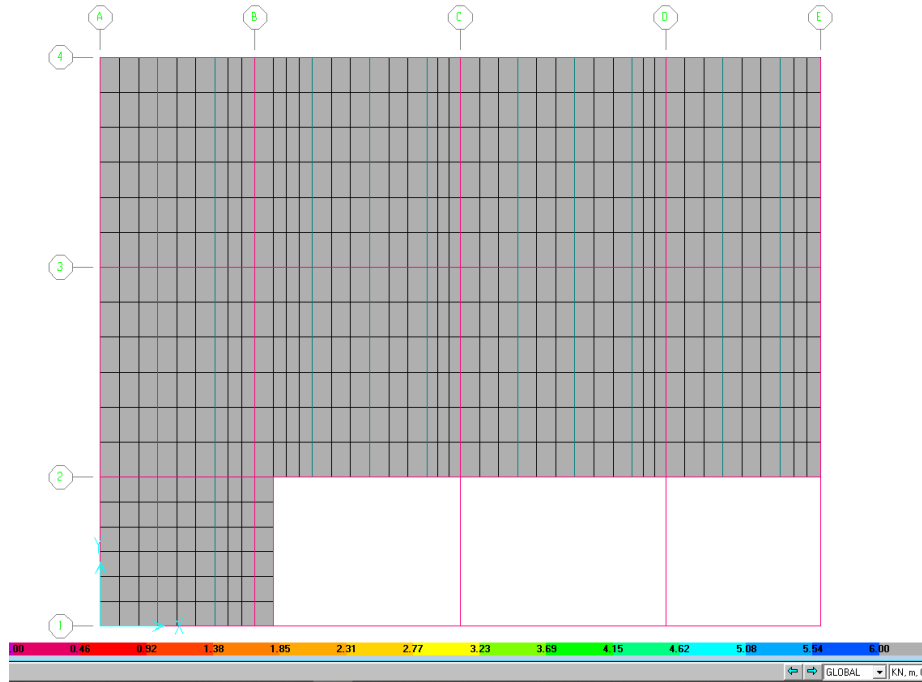
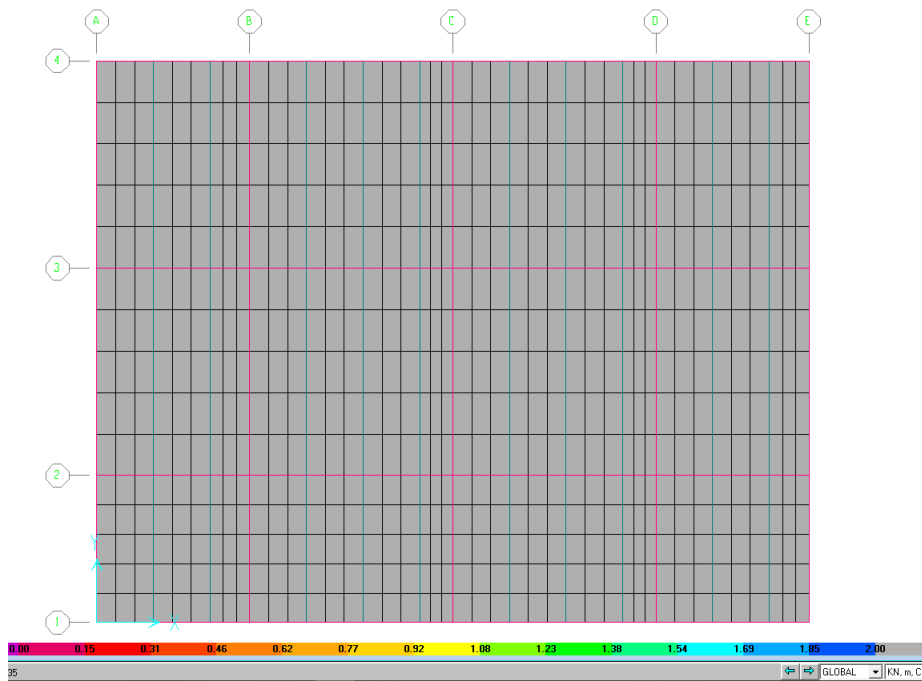


Figura 52. Planta nivel andén módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga viva (6,0 kN/m2)



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

Figura 53. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga viva (2,0 kN/m<sup>2</sup>)

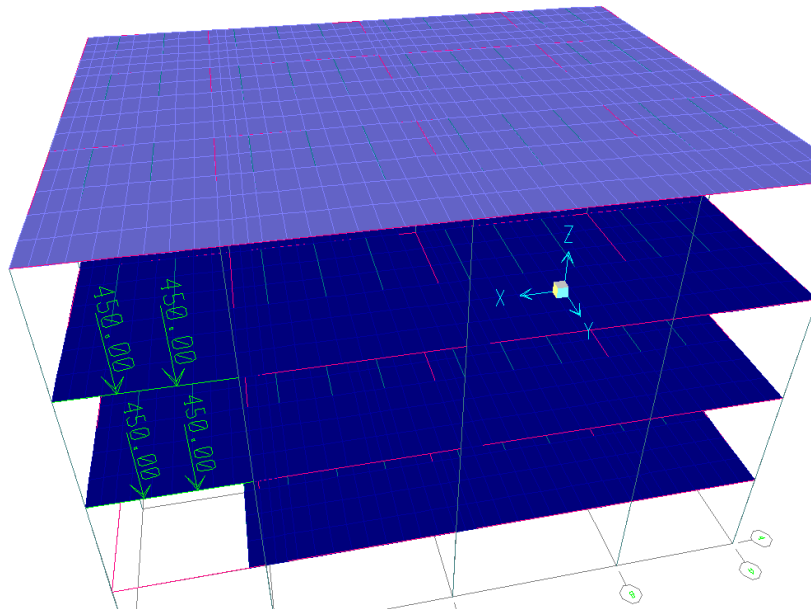


Figura 54. Carga viva pasarelas (900 kN)

Cargas de granizo (G):

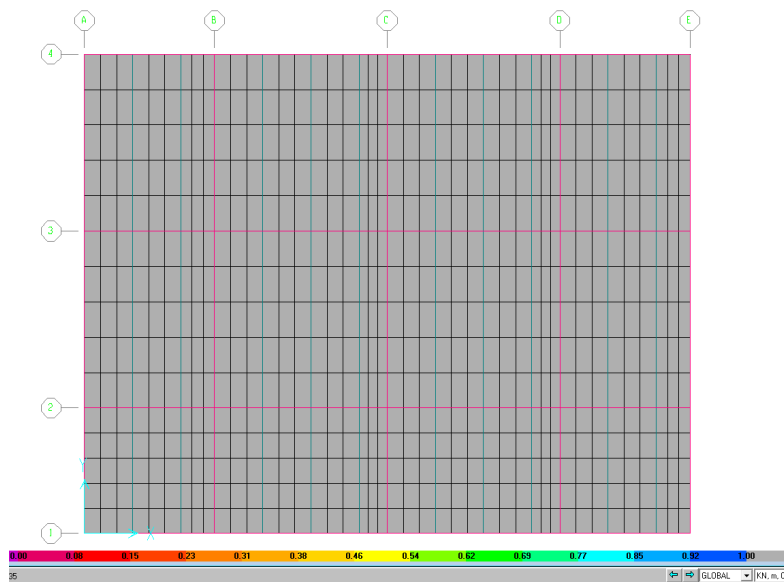


Figura 55. Planta nivel techo módulo de acceso estación 19 costado sur oriental aplicación de la carga de granizo (1,0 kN/m<sup>2</sup>)

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

#### Cargas de Viento (W):

Dado que las cargas de viento y de sismo son excluyentes entre sí, y claramente los efectos sísmicos producen solicitaciones mayores por tratarse de una estructura más masiva que flexible, en esta etapa de factibilidad no se consideraron las fuerzas de viento en el análisis.

#### Cargas Sísmicas (E):

Se calculó el espectro sísmico de diseño  $S_a(T)$  y el espectro sísmico de umbral de daño  $S_{ad}(T)$ , este último para verificar derivas en el rango elástico, por tratarse de estructuras de grupo de uso IV, según el Título A de NSR-10.

Para la determinación de los espectros sísmicos se utilizó la microzonificación sísmica de Bogotá, Decreto 523 de 2010. De acuerdo con la ubicación de los módulos de acceso de las estaciones 17 y 19, la zona geotécnica aplicable para la construcción de los espectros es Lacustre 200. En la Tabla 2 y Tabla 3 se presentan los valores de los parámetros considerados para construir los espectros sísmicos y en la Figura 56 y Figura 57 se presentan los espectros elaborados:

Tabla 2. Valores de los parámetros usados para construir el espectro sísmico de diseño

Aa	0,15
Av	0,20
Fa	1,20
Fv	3,50
I	1,50

Tabla 3. Valores de los parámetros usados para construir el espectro umbral de daño

Ad	0,06
$A_{0d}$	0,08
Fa	1,35
Fv	4,75

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

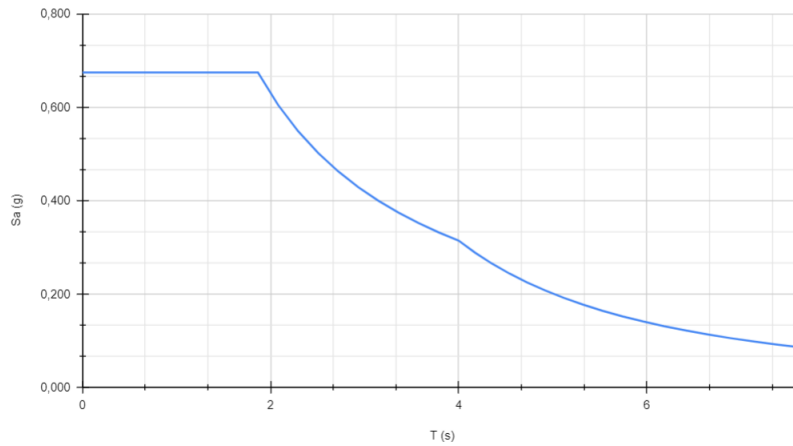


Figura 56. Espectro de diseño sísmico para zona geotécnica Lacustre 200

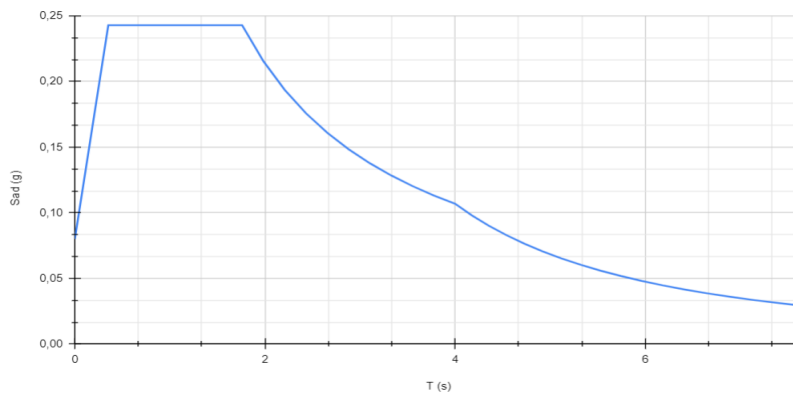


Figura 57. Espectro de umbral de daño para zona geotécnica Lacustre 200

#### Carga por Granizo (G):

Las cargas por granizo se consideraron de acuerdo con lo establecido en NSR-10 B.4.8.3 para estructuras localizadas a más de 2000 m de altura sobre el nivel del mar.

### 2.3.3. Factores de carga y combinaciones

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

Las combinaciones de carga utilizadas en el diseño son las definidas en el numeral B.2.3 y B.2.4 de NSR-10.

## 2.4. LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES

Se verificó que las estructuras diseñadas no sobrepasen los siguientes límites:

Máxima derivas obtenida en el análisis para el espectro de diseño: 1%

Máxima derivas obtenida en el análisis para el espectro de umbral de daño: 0,4%

Máxima deflexión de losas y vigas, causada por la carga viva:  $L/360$

## 2.5. MODELACIÓN PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO

Para el desarrollo de los análisis de los módulos de acceso, se utilizaron modelos numéricos tridimensionales de elementos finitos, construidos en el programa SAP2000. Las vigas y columnas se representaron mediante elementos lineales tipo “frames”, mientras que las placas de piso se representaron mediante elementos tipo “shell”. Los apoyos de la estructura fueron simulados mediante apoyos empotrados, lo cual es conservador para la estimación de fuerzas sísmicas.

Los elementos estructurales se diseñaron siguiendo los lineamientos del título C de NSR-10. Las verificaciones de las relaciones demanda/capacidad de los elementos se obtuvieron utilizando la herramienta de diseño del programa SAP2000.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS MÓDULOS DE ACCESO

A continuación se describen las características generales de cada módulo de acceso.

#### 3.1. MÓDULO DE ACCESO A LA ESTACIÓN 17 COSTADO OCCIDENTAL

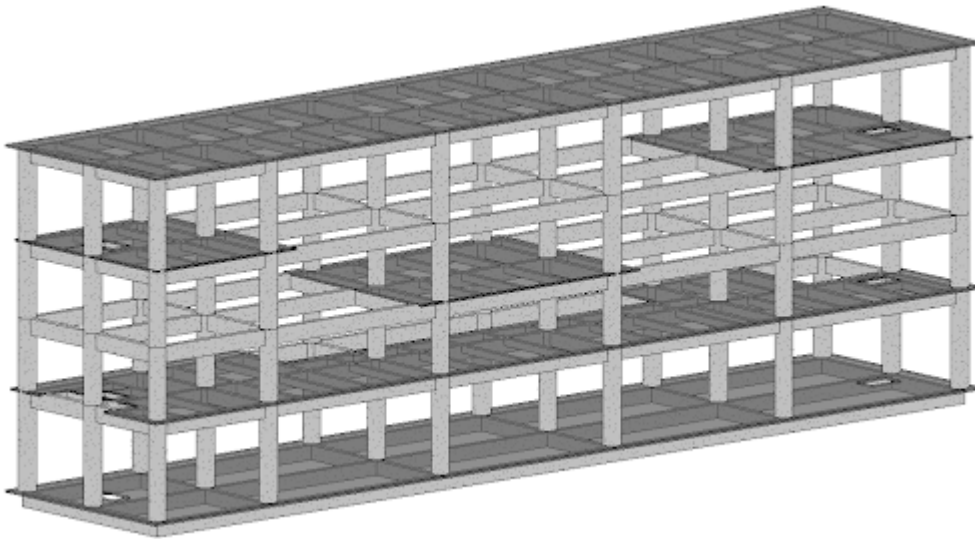


Figura 58. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso occidental de la estación 17

La estructura del módulo de acceso occidental de la estación 17 está formada por pórticos resistentes a momento en ambas direcciones principales del edificio. En una dirección principal el edificio cuenta con tres ejes de pórticos, mientras que en la otra dirección principal se tienen seis ejes de pórticos. En este módulo de acceso, las luces entre columnas varían entre 7,00 m y 16,00 m de longitud. La estructura cuenta con un grado de disipación moderada de energía  $R0 = 5$ ,  $\Omega0 = 3$ ; en ambas direcciones.

##### 3.1.1. Verificación de deriva

La verificación de derivas para el módulo de acceso occidental de la estación 17 se presenta en el Anexo 1.1.

##### 3.1.2. Diseño de Vigas

La revisión de las relaciones demanda/capacidad de las vigas del módulo de acceso occidental de la estación 17 se presenta en el Anexo 2.1

### 3.1.3. Diseño de Columnas

La revisión de las relaciones demanda/capacidad de las columnas del módulo de acceso occidental de la estación 17 se presenta en el Anexo 3.1.

## 3.2. MÓDULO DE ACCESO A LA ESTACIÓN 17 COSTADO ORIENTAL

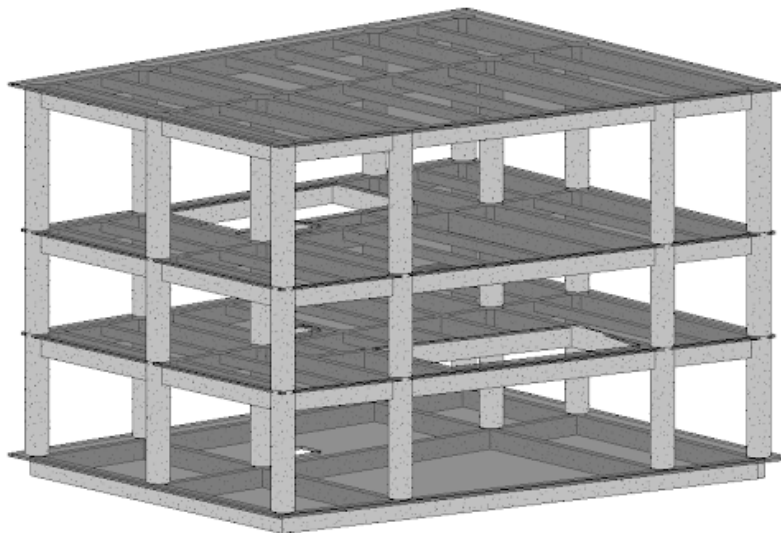


Figura 59. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso oriental de la estación 17

La estructura del módulo de acceso oriental de la estación 17 está formada por pórticos resistentes a momento en ambas direcciones principales del edificio. En una dirección principal el edificio cuenta con tres ejes de pórticos, mientras que en la otra dirección principal se tienen cuatro ejes de pórticos. En este módulo de acceso, las luces entre columnas varían entre 6,18 m y 16,1 m de longitud. La estructura cuenta con un grado de disipación moderada de energía  $R0 = 5$ ,  $\Omega0 = 3$ ; en ambas direcciones.

### 3.2.1. Verificación de deriva

La verificación de derivas para el módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 1.2.

### 3.2.2. Diseño de Vigas



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

La revisión de las relaciones demanda/capacidad de las vigas del módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 2.2.

### 3.2.3. Diseño de Columnas

La revisión de las relaciones demanda/capacidad de las columnas del módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 3.2.

## 3.3. MÓDULO DE ACCESO A LA ESTACIÓN 19 COSTADO OCCIDENTAL

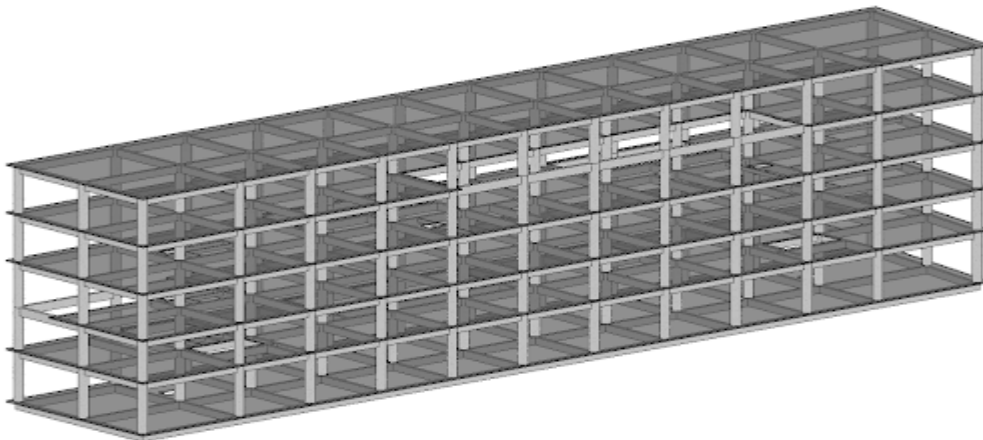


Figura 60. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso occidental de la estación 19

La estructura del módulo de acceso occidental de la estación 19 está formada por pórticos resistentes a momento en ambas direcciones principales del edificio. En una dirección principal el edificio cuenta con tres ejes de pórticos, mientras que en la otra dirección principal se tienen doce ejes de pórticos. En este módulo de acceso, las luces entre columnas varían entre 11 m y 15 m de longitud. La estructura cuenta con un grado de disipación moderada de energía  $R_0 = 5$ ,  $\Omega_0 = 3$ ; en ambas direcciones.

### 3.3.1. Verificación de deriva

La verificación de derivas para el módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 1.3.

### 3.3.2. Diseño de Vigas

La revisión de las relaciones demanda/capacidad de las vigas del módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 2.3.

### 3.3.3. Diseño de Columnas

La revisión de las relaciones demanda/capacidad de las columnas del módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 3.3.

## 3.4. MÓDULOS DE ACCESO A LA ESTACIÓN 19 COSTADO SUR ORIENTAL

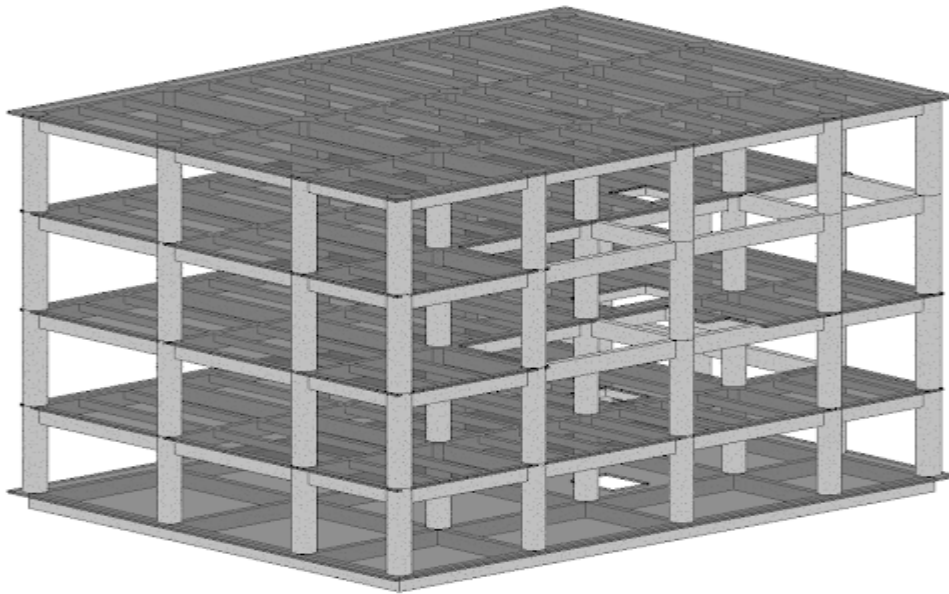


Figura 61. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso oriental-sur de la estación 19

En el costado oriental de la estación 19, el acceso se realiza mediante dos módulos de accesos: 1) El módulo oriental-sur y el módulo oriental-norte. Ambos módulos se resuelven utilizando el sistema de pórticos de concreto resistentes a momento. El módulo oriental-sur tiene una configuración de cuatro pórticos en una dirección principal y cinco en la otra dirección principal, mientras que el módulo oriental-norte tiene una configuración de cuatro pórticos en cada dirección principal. Las estructuras cuentan con un grado de disipación moderada de energía  $R0 = 5$ ,  $\Omega0 = 3$ ; en ambas direcciones.

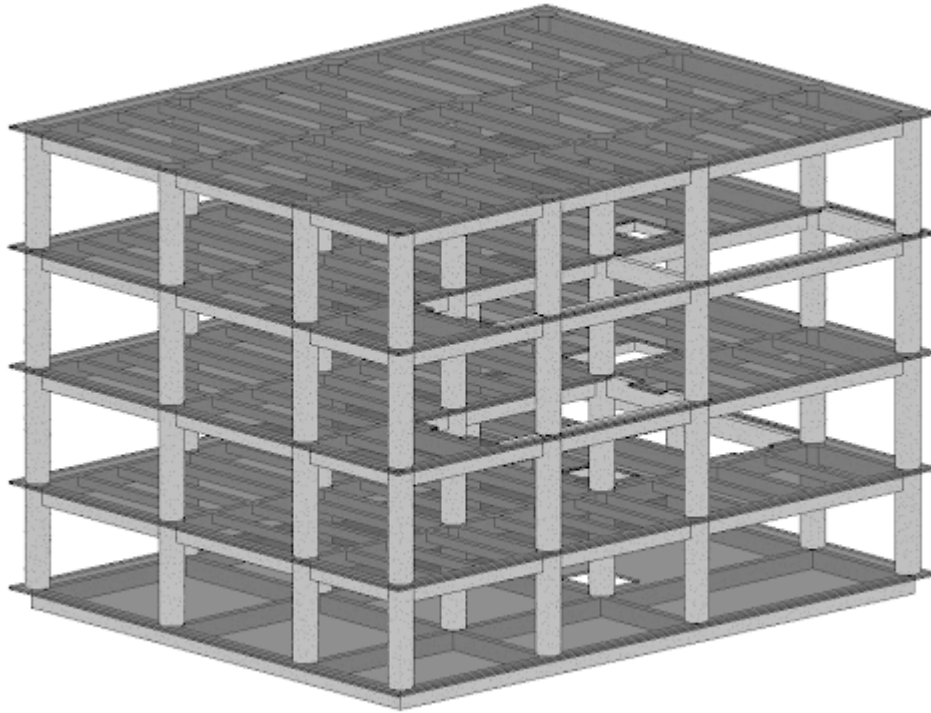


Figura 62. Vista 3D de la estructura del módulo de acceso oriental-norte de la estación 19

### 3.4.1. Verificación de deriva

La verificación de derivas para el módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 1.4 y 1.5.

### 3.4.2. Diseño de Vigas

La revisión de las relaciones demanda/capacidad de las vigas del módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 2.4 y 2.5.

### 3.4.3. Diseño de Columnas

La revisión de las relaciones demanda/capacidad de las columnas del módulo de acceso oriental de la estación 17 se presenta en el Anexo 3.4 y 3.5.

### 3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Etapa 1:

Excavación y construcción de las pantallas preexcavadas que se ubican en el perímetro de los módulos de acceso 17 occidental y 19 occidental.

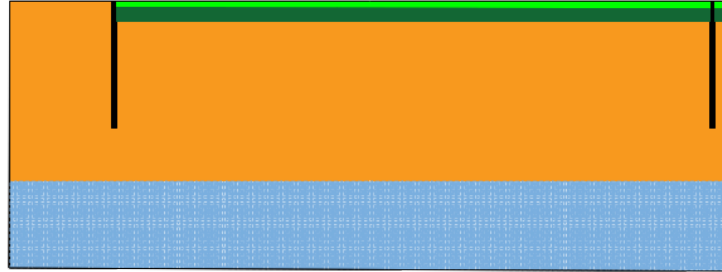


Figura 63. Proceso constructivo esquema etapa 1

Etapa 2:

Excavación hasta el nivel -5,55 m.

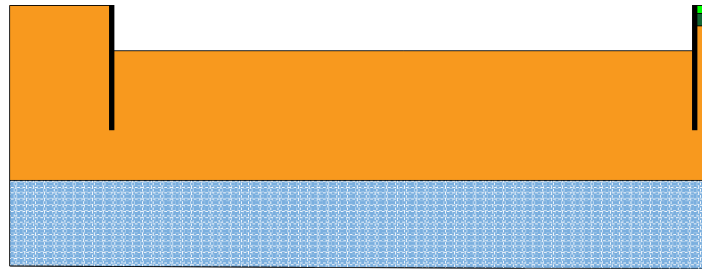


Figura 64. Proceso constructivo esquema etapa 2

Etapa 3:

Construcción de un nivel de sótanos.

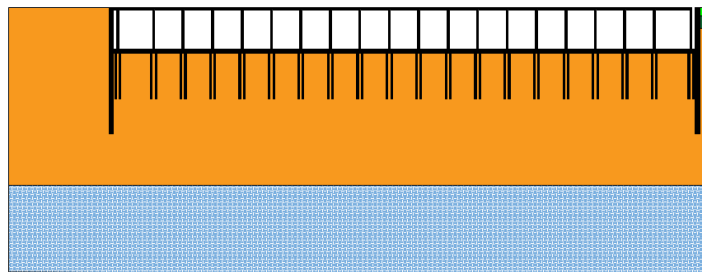


Figura 65. Proceso constructivo esquema etapa 3

### 3.6. CAPACIDAD PORTANTE DE LAS CIMENTACIONES

En el numeral 3.7 del documento EPLMB-ELM-E4-GEO-0001 se encuentran las recomendaciones geotécnicas para las cimentaciones de los módulos de acceso. En la Tabla 4 se comparan las cargas actuantes en los pilotes por combinaciones de carga de servicio con la capacidad del suelo para la longitud de pilote suministrada en el diseño.

Tabla 4. Comparación entre carga actuante y capacidad del suelo para la longitud de pilote suministrada

Módulo de acceso	Tipo de dado	P actuante Servicio (kN)	P admisible (kN)	Longitud suministrada (m)
Módulo 17 Occidental	D1	3287	3829	40
	D2	5059	5331	54,5
	D3	3885	4036	42,50
Módulo 17 Oriental	D4	3505	3651	51
	D5	4339	4785	64
	D6	3035	3407	48
Módulo 19 Occidental	D1	9073	10035	70
	D2	8191	8647	61
	D3	8241	9169	64,5
Módulo 19 Sur - Oriental	D4	5470	6727	52
	D5	6962	7954	60
	D6	3951	4998	40
Módulo 19 Nor - Oriental	D7	3778	5426	43
	D8	6976	7033	54
	D9	4401	4578	37

### 3.7. CUANTÍAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE CANTIDADES

Las cuantías usadas para el cálculo de cantidades de acero son las mostradas a continuación.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

Tabla 5. Cuantías usadas en los elementos estructurales

Elemento	Cuantía (kg/m3)
Columnas	180
Vigas	140
Placas de entepiso	120
Dados de cimentación	180
Vigas de amarre	150
Pilotes	200
Losas de contrapiso	120
Pantallas	200
Escaleras y rampas	120

### 3.8. PLANOS GENERADOS

Como producto de los análisis de factibilidad se han generado los siguientes planos

Tabla 6. Índice de planos

Nomenclatura	Nombre del plano
EPLMB-EML-PL-EST-00-0001_V01	Notas generales módulos de acceso estación 17
EPLMB-EML-PL-EST-00-0002_V01	Localización de pilotes
EPLMB-EML-PL-EST-00-0003_V01	Localización de cimentación
EPLMB-EML-PL-EST-00-0004_V01	Localización de columnas
EPLMB-EML-PL-EST-00-0005_V01	Entrepiso nivel calle occidental
EPLMB-EML-PL-EST-00-0006_V01	Entrepiso nivel intermedio
EPLMB-EML-PL-EST-00-0007_V01	Entrepiso nivel mezzanine
EPLMB-EML-PL-EST-00-0008_V01	Entrepiso nivel techo
EPLMB-EML-PL-EST-00-0009_V01	Fachadas
EPLMB-EML-PL-EST-00-0010_V01	Fachadas

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

<b>Nomenclatura</b>	<b>Nombre del plano</b>
EPLMB-EML-PL-EST-00-0011_V01	Notas generales módulos de acceso estación 19
EPLMB-EML-PL-EST-00-0012_V01	Localización de pilotes
EPLMB-EML-PL-EST-00-0013_V01	Localización de cimentación
EPLMB-EML-PL-EST-00-0014_V01	Localización de columnas
EPLMB-EML-PL-EST-00-0015_V01	Detalles dados y pilotes de cimentación
EPLMB-EML-PL-EST-00-0016_V01	Entrepiso nivel calle occidental
EPLMB-EML-PL-EST-00-0017_V01	Entrepiso nivel intermedio
EPLMB-EML-PL-EST-00-0018_V01	Entrepiso nivel mezzanine
EPLMB-EML-PL-EST-00-0019_V01	Entrepiso nivel techo
EPLMB-EML-PL-EST-00-0020_V01	Entrepiso nivel techo
EPLMB-EML-PL-EST-00-0021_V01	Fachadas
EPLMB-EML-PL-EST-00-0022_V01	Fachadas
EPLMB-EML-PL-EST-00-0023_V01	Fachadas

## 4. OBRAS HIDRÁULICAS



Las obras hidráulicas del presente numeral corresponden a:

- Box Culvert Castellana
- Box Culvert Calle 92
- Box Culvert interceptor Virrey
- Canal Virrey
- Canal Castellana
- Traslado de Cámaras de inspección.
- Traslado de Cajas de accesorios y anclajes.

El box culvert Castellana será desviado en una longitud aproximada de 398 m al carril occidental de la calzada central de la Autopista Norte.

El box culvert Calle 92 será desviado en una longitud aproximada de 169 m sobre el separador de la calle 92 con carrera 30 y el box culvert interceptor Virrey será desviado en una longitud aproximada de 14 m a la Autopista norte con calle 87

Los Canales Virrey y Castellana se verán afectados por el trazado ferroviario del proyecto y por ende serán demolidos para posteriormente ser reconstruidos en la misma ubicación que se encontraban en una longitud aproximada de 180 m y 90 m respectivamente.

El traslado de cámaras de inspección se origina por interferencias de la red troncal con el trazado ferroviario.

El traslado de las cajas de accesorios y anclajes se origina por interferencias de la red matriz con el trazado ferroviario.

Los diseños hidráulicos pueden ser consultados en el documento EPLMB-EML-E6-RAA-0001 - Redes de acueducto y alcantarillado.

### 4.1. NORMATIVA DE DISEÑO

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD - CCP-2014.
- Especificaciones técnicas de Construcción INVIAS – 2022
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción, para proyectos de infraestructura vial y de espacio público para Bogotá D.C - 2011
- Normas Técnicas del Acueducto NS-002. Criterios de Diseño Estructural.
- Normas Técnicas del Acueducto NS-060. Criterios de Diseño de Anclajes en Redes de Acueducto y Alcantarillado.
- Normas Técnicas del Acueducto NS-077. Cajas para Accesorios de Acueducto.
- Normas Técnicas del Acueducto NS-029. Pozos de Inspección.



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

- Normas Técnicas del Acueducto NS-142. Esquemas típicos de cabezales de entrega a canales en redes de alcantarillado.

## 4.2. MATERIALES, CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGA

### 4.2.1. Calidad de los materiales

La calidad de los materiales del box culvert, los canales, las cámaras, cajas de accesorios y anclajes son los exigidos por la Norma CCP-2014 y la norma NS-002 de la EAAB.

#### 4.2.1.1. Concreto

● Box culvert	$f_c = 28 \text{ MPa}$	$A/C < 0,45$
● Canales	$f_c = 28 \text{ MPa}$	$A/C < 0,45$
● Concreto para placa de cubierta cámara	$f_c = 42 \text{ MPa}$	$A/C < 0,45$
● Concreto para estructura principal cámara	$f_c = 28 \text{ MPa}$	$A/C < 0,45$
● Concreto para cajas de accesorios	$f_c = 28 \text{ MPa}$	$A/C < 0,45$
● Concreto para tapas cajas de accesorios	$f_c = 42 \text{ MPa}$	$A/C < 0,45$
● Concreto para anclajes para tubería	$f_c = 28 \text{ MPa}$	$A/C < 0,45$
● Concreto de limpieza	$f_c = 14 \text{ MPa}$	$A/C < 0,45$

#### 4.2.1.2. Acero de refuerzo:

- $f_y = 420 \text{ MPa}$  ASTM A-706 Gr60

### 4.2.2. Cargas

Para el diseño de factibilidad del box culvert, los canales, las cámaras, las cajas de accesorios y anclajes se consideran las siguientes cargas:

- Carga Muerta de la estructura (DC)
- Peso Propio carpeta de rodamiento (DW)
- Empuje horizontal de tierras sobre las paredes (EH)
- Sobrecarga del suelo (ES)
- Carga de relleno sobre la placa superior (EV)
- Carga Viva vehicular (LL)
- Incremento de carga dinámica vehicular (IM)
- Sobrecarga de carga viva (LS)
- Carga de agua (WA)
- Fuerza de la tubería transmitida a las paredes de la caja

### 4.2.3. Factores de Carga y Combinaciones

Los factores y combinaciones de carga considerados en el diseño de los elementos estructurales son los establecidos en la Norma Colombiana de Diseño de Puente - LRFD - CCP-2014, Sección 3, los cuales se muestran en las Tabla 7 y Tabla 8.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

Tabla 7. Combinaciones y factores de carga, CCP-2014

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

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD- CCP-2014

Tabla 8. Factores de cargas permanentes, CCP-2014

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa	Factor de Carga		
	Máximo	Mínimo	
DC : Componentes y Accesorios	1.25	0.90	
DC : Sólo Resistencia IV	1.50	0.90	
DD : Fricción negativa	Pilas, Método $\alpha$ Tomlinson Pilas, Método $\lambda$ Pozos perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1.4 1.05 1.25	0.25 0.30 0.35
DW : Superficie de rodadura e instalaciones	1.50	0.65	
EH : Presión horizontal de suelo			
• Activa	1.50	0.90	
• En reposo	1.35	0.90	
• AEP para muros anclados	1.35	N/A	
EL : Tensiones residuales de Construcción	1.00	1.00	
EV : Presión vertical de suelo			
• Estabilidad general	1.00	N/A	
• Muros de Contención y Estribos	1.35	1.00	
• Estructuras Rígidas Enterradas	1.30	0.90	
• Marcos Rígidos	1.35	0.90	
• Estructuras Flexibles Enterradas			
○ Alcantarillas Metálicas y Alcantarillas Armadas Estructurales Corrugas Profundas	1.5	0.9	
○ Alcantarillas Termoplásticas	1.3	0.9	
○ Todas las demás	1.95	0.9	
ES : Sobrecarga de suelo	1.50	0.75	

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD- CCP-2014



### 4.3. DIMENSIONES

#### 4.3.1. Box Culvert Castellana

El Box Castellana es un box culvert de sección transversal constante a lo largo de su alineamiento, cuenta con dos celdas de concreto reforzado con una longitud aproximada de 398 m, una altura interna de 2,0 m y ancho interno de 1,5 m por cada celda.

#### 4.3.1. Box Culvert Calle 92

El Box Calle 92 es un box culvert de sección transversal constante a lo largo de su alineamiento, cuenta con dos celdas de concreto reforzado con una longitud aproximada de 169 m, una altura interna de 1,6 m y ancho interno de 1,6 m por cada celda.

#### 4.3.1. Box Culvert Interceptor Virrey

El Box Interceptor Virrey es un box culvert de sección transversal constante a lo largo de su alineamiento, cuenta con una celda con altura interna de 1,8 m y ancho interno de 2,7 m en una longitud aproximada de 398 m.

#### 4.3.2. Canal Virrey

El Canal Virrey es un canal revestido de concreto reforzado con una sección transversal trapezoidal variable a lo largo de su alineamiento. En la zona a intervenir el canal cuenta con una profundidad mínima de 1,0 m y máxima de 1,5 m, con un ancho en la base del canal de 4,2 m y un ancho superior variable entre 6,5 m y 7,2 m.

#### 4.3.3. Canal Castellana

El Canal Castellana es un canal revestido de concreto con una sección transversal trapezoidal. En la zona a intervenir el canal cuenta con una profundidad de 1,5 m, un ancho en la base del canal de 2,8 m y un ancho superior de 4,6 m.

#### 4.3.4. Cámaras de inspección

Las cámaras de inspección están conformadas por un colector de entrada, uno de salida y dos tuberías de descarga.

#### 4.3.5. Cajas de accesorios

Para las cajas de By - Pass se establece una sección en planta de 4,1 m x 4,1 m internos con espesor de muros transversales de 1,20 m y para los muros longitudinales de 0,30 m.

Para las cajas de válvula se establece una sección en planta de 2,0 m x 2,0 m internos con espesor de muros de 0,30 m.

Para las cajas de válvula reguladora de presión se establece una sección en planta de 3,7 m x 2,2 m internos con espesor de muros de 0,30 m.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

Para las cajas de válvula reguladora de presión se establece una sección en planta de 1,75 m x 1,7 m internos con espesor de muros de 0,30 m.

## 4.4. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS

### 4.4.1. Box Culvert

Los box culverts están compuestos por muros, losa superior e inferior de concreto reforzado. La estructura se analiza a nivel de factibilidad mediante el uso de modelos simplificados bidimensionales que representan una sección transversal y mediante el uso de hojas electrónicas de cálculo estructural. A partir de estos modelos simplificados, se estimaron las densidades de acero de refuerzo en kilogramos de acero por metro cúbico de concreto ( $\text{kg/m}^3$ ) y dichas cuantías fueron verificadas por comparación de valores en otros proyectos similares de la base de datos del Consorcio.

### 4.4.2. Canales

Los canales estarán compuestos por muros y losa inferior de concreto reforzado. La estructura se analiza a nivel de factibilidad mediante el uso de modelos simplificados bidimensionales y mediante el uso de hojas electrónicas desarrolladas para tal fin. A partir de estos modelos simplificados, se estiman las densidades de acero de refuerzo en kilogramos de acero por metro cúbico de concreto ( $\text{kg/m}^3$ ) y dichas cuantías fueron verificadas por comparación de valores en otros proyectos similares de la base de datos del Consorcio.

### 4.4.3. Cámaras de Inspección

El análisis estructural a nivel de factibilidad se realiza por medio de un modelo simplificado, tales como modelos matemáticos en 2D o 3D y cálculos numéricos manuales mediante el método de resistencia última.

Según la Norma Técnica del Acueducto NS-002, el espesor mínimo está controlado por los recubrimientos mínimos requeridos para el refuerzo y por las consideraciones de resistencia e impermeabilidad. No deben emplearse espesores menores a 0,20 m para dos mallas de refuerzo. Cuando por diseño se requiere solamente una sola malla de refuerzo, el espesor mínimo será de 0,15 m.

Para retracción y temperatura y de acuerdo a las dimensiones de la estructura, se adoptarán, las cuantías mínimas que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Cuantías mínimas de fraguado y variación de temperatura

Longitud del elemento o separación entre juntas de movimiento	$f_y = 420 \text{ MPa}$
<6,00 m	0,003
6,00 m a < 9,00 m	0,003

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

9,00 m a < 12,00 m	0,004
=> 12,00 m	0,005

Fuente: ACI 350. Tabla 7.12.2.1

De acuerdo a la experiencia del consorcio en el diseño de cámaras de inspección en la ciudad de Bogotá se dimensionan y se tipifican de acuerdo a las tuberías de entrada y salida. Además, se estima el acero de refuerzo mediante indicadores de densidad en kilogramos de acero por metro cúbico de concreto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

#### 4.4.4. Cajas accesorios

El análisis estructural a nivel de factibilidad se realiza por medio de un modelo simplificado en 2D y cálculos numéricos manuales mediante el método de resistencia última. A partir de estos modelos simplificados, se estimaron las dimensiones de secciones transversales y las densidades de acero por metro cúbico de concreto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

Los espesores de las paredes y placas de las cajas de accesorios están en función de las luces libres y altura con las cuales se diseñan las cajas según la Norma Técnica del Acueducto NS-077. Los espesores de los muros longitudinales de las cajas de By- Pass tienen en cuenta la fuerza de cierre de las válvulas, razón por la cual estos muros tienen un mayor espesor.

Para retracción y temperatura y de acuerdo a las dimensiones de la estructura, se adoptarán, las cuantías mínimas que se muestran en la Tabla 9.

#### 4.4.5. Anclajes

El análisis de los anclajes a nivel de factibilidad se realiza teniendo en cuenta las fuerzas debidas al flujo de agua a presión dentro de la tubería y las características del suelo en el cual se encuentra la estructura.

### 4.5. PROCESO CONSTRUCTIVO

#### 4.5.1. Proceso de demolición del Box Culvert Castellana

- Instalar dispositivos para segregación tal que las zonas de obra estén cercadas para evitar accidentes a las poblaciones aledañas y al personal de obra.
- Se ejecuta la demolición de la placa superior del Box culvert.
- Se ejecuta la demolición de las paredes de Box Culvert.
- Se ejecuta la demolición de la placa inferior de Box Culvert.
- Se ejecuta la demolición de las aletas del Box Culvert.
- La demolición y retiro de los materiales podrá ejecutarse manualmente y/o empleando equipos mecánicos.
- Todos los materiales de excavación y demolición deberán ser trasladados y dispuestos fuera de la zona del cauce en los sitios aprobados por el IDU y la interventoría.

#### 4.5.2. Proceso de Construcción de Box Culvert Castellana

- Localizar el proyecto horizontal y verticalmente dejando elementos de referencia permanente de acuerdo con las coordenadas y niveles indicados en los planos para construcción.
- Verificar las características geométricas del box especificadas en los planos de diseño.
- Realizar la nivelación del fondo de la zanja de tal forma que se genere la pendiente indicada en los planos de diseño.
- Ejecución del concreto para solados: Una vez se excave y se llegue el nivel de fundación del box culvert se realizará la colocación del concreto de solado el cual tendrá una resistencia  $f'c = 14$  MPa.
- Colocación del refuerzo de acuerdo con los planos de la placa inferior y muros: Se procede a realizar el armado del acero de refuerzo de la placa inferior y el armado de la formaleta de los muros y la instalación del refuerzo de arranque de éstos con los diámetros y las longitudes indicadas en los planos de diseño, se deberá garantizar el recubrimiento especificado para el refuerzo utilizando separadores y distanciadores adecuados.
- Vaciado de concreto de la placa inferior: Una vez verificado que el acero de refuerzo colocado este acorde con lo indicado en los planos de diseño, se procede a limpiar el fondo eliminando productos nocivos y cualquier material suelto, se vierte el concreto hasta el nivel de junta de construcción indicada en los planos.
- Colocación de la armadura en el muro hasta el nivel de la placa superior: Se realiza la ubicación de las barras de refuerzo con el diámetro y separación indicada en los planos tanto del refuerzo principal como del transversal. Se utilizarán separadores para garantizar los recubrimientos indicados en los planos. Esta actividad se deberá desarrollar cuando el concreto de la fundida de la placa inferior y el sector inicial de muro tenga por lo menos el 75% del  $f'c$  a los 28 días.
- Vaciado de concreto del muro hasta el nivel de la placa superior: Antes del hormigonado se deberá verificar que el acero de refuerzo colocado esté acorde con lo indicado en los planos. Se procede al vertimiento del concreto, este se deberá realizar en forma continua o en capas y de tal modo que los encofrados y armaduras del refuerzo no sufran desplazamientos.
- Vibrado del concreto: Se deberá utilizar vibrador vertical con la longitud adecuada a la altura del muro para llegar a todas las zonas, el vibrado debe hacerse sumergiendo en forma rápida y profunda la aguja en la masa manteniéndola entre 5 y 15 segundos y con una velocidad constante hasta que fluya la lechada sobre la superficie. Vigilar que la consistencia del concreto sea la esperada, tendrá que ser uniforme para todo el hormigonado; en este procedimiento el vibrador no debe tocar las armaduras de refuerzo.
- Desencofrado: Después de hormigonar se deberá esperar al menos 72 horas a menos que se provean acelerantes para comprobar el estado del concreto para proceder a retirar todos los elementos del encofrado.
- Colocación de la armadura en la placa superior: Se realiza la ubicación de las barras de refuerzo con el diámetro y separación indicada en los planos tanto del refuerzo principal como del transversal. Se utilizarán separadores para garantizar los recubrimientos indicados en los planos. Esta actividad se deberá desarrollar cuando el concreto de la fundida de los muros tenga por lo menos el 75% de  $f'c$ , a los 28 días.
- Vaciado de concreto de la placa superior: Una vez verificado que el acero de refuerzo colocado este acorde con lo indicado en los planos, se vierte el concreto con la resistencia especificada en los planos.
- Curado: Inmediatamente después de retirar el encofrado, se efectúa el curado en toda la superficie expuesta mediante el riego de agua por un periodo mínimo de 7 días o con la utilización de un líquido especial para curado. Tanto para el proceso de vibrado, como en el desencofrado y curado se deberán tener en cuenta las recomendaciones específicas del proveedor del concreto.
- Juntas de construcción: a lo largo del Box tener en cuenta las juntas de construcción cada 12 m.
- Relleno lateral: Este relleno se deberá ejecutar en forma paralela y simultánea en los muros una vez el concreto del box tenga por lo menos el 75% de  $f'c$ , a los 28 días.
- Relleno sobre la placa superior: La colocación del relleno sobre la placa superior se deberá realizar cuando la resistencia del box alcance el 100% de la resistencia especificada en los planos. Este relleno se deberá ejecutar en forma paralela y en capas para garantizar su adecuada compactación.
- Una vez construido el box se podrá dar paso del agua por esta estructura.

#### 4.5.3. Proceso de demolición Canal Castellana

- Instalar dispositivos para segregación tal que las zonas de obra estén cercadas para evitar accidentes a las poblaciones aledañas y al personal de obra.
- Se ejecuta la demolición de la pared oriental del canal.
- Se ejecuta la demolición de la pared Occidental del canal.
- Se ejecuta la demolición de la losa de fondo del canal.
- La demolición y retiro de los materiales podrá ejecutarse manualmente y/o empleando equipos mecánicos.
- Todos los materiales de excavación y demolición deberán ser trasladados y dispuestos fuera de la zona del cauce en los sitios aprobados por el IDU y la interventoría.

#### 4.5.4. Proceso de Construcción de Canal Castellana

- Localizar el proyecto horizontal y verticalmente dejando elementos de referencia permanente de acuerdo con las coordenadas y niveles indicados en los planos para construcción.
- Verificar las características geométricas del Canal especificadas en los planos de diseño.
- Excavar el fondo del Canal asegurando la pendiente y elevaciones especificadas en los planos.
- Excavar las paredes del canal teniendo en cuenta las pendientes de las mismas.
- Instalar la malla de refuerzo y fundir el fondo del Canal con concreto.
- Colocar formaletas en las paredes del Canal, instalar mallas de refuerzo y proceder con el vaciado de concreto en las paredes.

#### 4.5.5. Proceso de demolición del Canal Virrey y Aletas del Box Río Negro

- Instalar dispositivos para segregación tal que las zonas de obra estén cercadas para evitar accidentes a las poblaciones aledañas y al personal de obra.
- Se ejecuta la demolición de la pared oriental del canal.
- Se ejecuta la demolición de la pared Occidental del canal.
- Se ejecuta la demolición de la losa de fondo del canal.
- Se ejecuta la demolición de las aletas del Box Río Negro.
- La demolición y retiro de los materiales podrá ejecutarse manualmente y/o empleando equipos mecánicos.
- Todos los materiales de excavación y demolición deberán ser trasladados y dispuestos fuera de la zona del cauce en los sitios aprobados por el IDU y la interventoría.

#### 4.5.6. Proceso de construcción de Canal Virrey y Aletas del Box Río Negro

- Localizar el proyecto horizontal y verticalmente dejando elementos de referencia permanente de acuerdo con las coordenadas y niveles indicados en los planos para construcción.
- Verificar las características geométricas del Canal especificadas en los planos de diseño.
- Excavar el fondo del Canal asegurando la pendiente y elevaciones especificadas en los planos.
- Excavar las paredes del canal teniendo en cuenta las pendientes de las mismas.
- Instalar la malla de refuerzo y fundir el fondo del Canal con concreto.
- Colocar formaletas en las paredes del Canal, instalar mallas de refuerzo y proceder con el vaciado de concreto en las paredes.



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

- Colocar formaletas en las aletas del Box Rio Negro, instalar mallas de refuerzo y proceder con el vaciado de concreto.

## 5. RECOMENDACIONES PARA LA FASE DE DISEÑO DETALLADO

El diseñador estructural de los Diseños para Construcción, además de dar cumplimiento a la normatividad aplicable vigente al momento de desarrollar los trabajos, deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los diseños desarrollados en el presente informe corresponden a un nivel de Factibilidad.
- Deberá elaborar modelos matemáticos computacionales detallados para cada una de las estructuras (módulos de acceso y obras hidráulicas) que conforman el proyecto.
- Los insumos con los cuales se desarrollaron los diseños mostrados en este documento corresponden a los informes de topografía, diseño vial, diseño hidráulico y diseño geotécnico los cuales corresponden a un nivel de Factibilidad. El diseñador final deberá tener en cuenta los diseños definitivos de las diferentes disciplinas que apliquen.
- El diseño a nivel de factibilidad se desarrolló para obtener el dimensionamiento de los elementos de cada estructura y estimar las áreas de acero (As) para cada elemento estructural con las cuales se estimó el acero de refuerzo mediante indicadores de densidad en kilogramos de acero por metro cúbico de concreto ( $\text{kg/m}^3$ ). El diseñador final deberá realizar los planos de refuerzo a nivel de detalle.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

## 6. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño a nivel de factibilidad de los módulos de acceso y de las obras hidráulicas. Durante los diseños detallados para construcción se deberán calcular en detalle los acero de refuerzo de los elementos estructurales y preparar los planos de detalle de refuerzo, así como validar las premisas de diseño tenidas en cuenta en esta factibilidad.
- Se deberá verificar el proceso constructivo de los módulos de acceso y de las obras hidráulicas de acuerdo a los diseños definitivos y los insumos finales de las diferentes disciplinas para su desarrollo.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

## 7. REFERENCIAS

Decreto 523 de diciembre 16 de 2010. "Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C."  
Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

## 8. ANEXOS

Anexo 1.1 - Verificación de derivas módulo de acceso occidental Estación 17

Anexo 1.2 - Verificación de derivas módulo de acceso oriental Estación 17

Anexo 1.3 - Verificación de derivas módulo de acceso occidental Estación 19

Anexo 1.4 - Verificación de derivas módulo de acceso oriental-norte Estación 19

Anexo 1.5 - Verificación de derivas módulo de acceso oriental-sur Estación 19

Anexo 2.1 - Relaciones demanda/capacidad para vigas módulo de acceso occidental Estación 17

Anexo 2.2 - Relaciones demanda/capacidad para vigas módulo de acceso oriental Estación 17

Anexo 2.3 - Relaciones demanda/capacidad para vigas módulo de acceso occidental Estación 19

Anexo 2.4 - Relaciones demanda/capacidad para vigas módulo de acceso oriental-norte Estación 19

Anexo 2.5 - Relaciones demanda/capacidad para vigas módulo de acceso oriental-sur Estación 19

Anexo 3.1 - Relaciones demanda/capacidad para columnas módulo de acceso occidental Estación 17

Anexo 3.2 - Relaciones demanda/capacidad para columnas módulo de acceso oriental Estación 17

Anexo 3.3 - Relaciones demanda/capacidad para columnas módulo de acceso occidental Estación 19

Anexo 3.4 - Relaciones demanda/capacidad para columnas módulo de acceso oriental-norte Estación 19

Anexo 3.5 - Relaciones demanda/capacidad para columnas módulo de acceso oriental-sur Estación 19

Anexo 4.1 - Relaciones demanda/capacidad para pilotes módulo de acceso occidental Estación 17

Anexo 4.2 - Relaciones demanda/capacidad para pilotes módulo de acceso oriental Estación 17

Anexo 4.3 - Relaciones demanda/capacidad para pilotes módulo de acceso occidental Estación 19

Anexo 4.4 - Relaciones demanda/capacidad para pilotes módulo de acceso oriental-norte Estación 19

Anexo 4.5 - Relaciones demanda/capacidad para pilotes módulo de acceso oriental-sur Estación 19

Anexo 5.1 - Diseño Cámaras de Inspección

Anexo 5.2 - Diseño Box Virrey

Anexo 5.3 - Diseño Box calle 92

Anexo 5.4 - Diseño Box Castellana

Anexo 5.5 - Cantidades estructuras hidráulicas TAR

Anexo 5.6 - Cantidades estructuras hidráulicas Red menor

Anexo 5.7 - Densidad de refuerzo

Anexo 5.8 - Diseño de Caja de accesorio - Válvula Reguladora de presión

Anexo 5.9 - Densidad de refuerzo - Válvula

Anexo 5.10 - Densidad de refuerzo - Purga

Anexo 5.11 - Densidad de refuerzo - By -Pass

Anexo 6.1 - Diseño de pilotes fundidos in -situ módulo de acceso occidental Estación 17

Anexo 6.2 - Diseño de pilotes fundidos in -situ módulo de acceso oriental Estación 17

Anexo 6.3 - Diseño de pilotes fundidos in -situ módulo de acceso occidental Estación 19

Anexo 6.4 - Diseño de pilotes fundidos in -situ módulo de acceso oriental-norte Estación 19

Anexo 6.5 - Diseño de pilotes fundidos in -situ módulo de acceso oriental-sur Estación 19

Anexo 7.1 - Diseño de dados de cimentación módulo de acceso occidental Estación 17

Anexo 7.2 - Diseño de dados de cimentación módulo de acceso oriental Estación 17

Anexo 7.3 - Diseño de dados de cimentación módulo de acceso occidental Estación 19

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ESTRUCTURAS NUEVAS - MÓDULOS DE ACCESO  
EPLMB-EML-E6-EST-0003\_R0

Anexo 7.4 - Diseño de dados de cimentación módulo de acceso oriental-norte Estación 19

Anexo 7.5 - Diseño de dados de cimentación módulo de acceso oriental-sur Estación 19

Anexo 8 - Diseño de losa de entrepiso

Anexo 9 - Memorias de cálculo de cantidades

Anexo 10.1 - Diseño de escaleras módulo de acceso occidental Estación 17

Anexo 10.2 - Diseño de escaleras módulo de acceso oriental Estación 17

Anexo 10.3 - Diseño de escaleras módulo de acceso occidental Estación 19

Anexo 10.4 - Diseño de escaleras módulo de acceso oriental-norte Estación 19

Anexo 10.5 - Diseño de escaleras módulo de acceso oriental-sur Estación 19

Anexo 11 - Combinaciones de diseño módulos de acceso