



**ALCALDIA MAYOR  
BOGOTA D.C.**

**Instituto  
DESARROLLO URBANO**

**“ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD  
Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL,  
EN BOGOTÁ D.C.”**

**CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1630 DE 2020**

**DE BOGOTÁ D.C.**

**MOVILIDAD**

**Instituto de Desarrollo Urbano**

**INF-RHS--CASC-222-21**

**INFORME DE DISEÑO**

**ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO**

**CONSORCIO CS**



**CONSORCIO CS**



**Caly Mayor**  
Colombia S.A.S.



**Supering**

Supervisión e Ingeniería de Proyectos

**BOGOTÁ, 2022 – Marzo 18**

|   |  |  |
|---|--|--|
|  <p><b>ALCALDIA MAYOR</b><br/><b>BOGOTÁ D.C.</b><br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p><b>CONSORCIO CS</b><br/>Caly Mayor Supering<br/>Colombia S.A.S.</p> |
|---|--|--|

**PRODUCTO DOCUMENTAL**

**INF-RHS--CASC-222-22**

**INFORME DE DISEÑO  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO**

**CONTROL DE VERSIONES**

| Versión    | Fecha    | Descripción de la Modificación                                      | Folios |
|------------|----------|---|--------|
| Versión 00 | 21/01/22 | Respuesta observaciones ISC-CAI-P1580 655                           | 110    |
| Versión 01 | 18/02/22 | Respuesta observaciones oficios IDU 20225260176992, 20221750057893, | 132    |

**EMPRESA CONTRATISTA**

| VALIDADO POR:  | REVISADO POR:  | APROBADO POR:  |
|--|--|--|
| Ing. Abelino Garcia Guacaneme<br>Especialista Hidráulico | Ing. Abelino Garcia Guacaneme<br>Especialista Hidráulico | Ing. Mario Ernesto Vacca G.<br>Director de Consultoría |

**EMPRESA INTERVENTORA**

| REVISADO POR:  | AVALADO POR:   | APROBADO POR:   |
|--|--|---|
| Ing. Camilo Alberto Rojas Hoyos<br>Especialista en Redes Hidrosanitarias | Ing. Wilmer Alexander Rozo<br>Coordinador de Interventoría | Ing. Oscar Andrés Rico Gómez<br>Director de Interventoría |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p><b>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.</b><br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p><b>CONSORCIO CS</b><br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|--|--|--|

## TABLA DE CONTENIDO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCCION .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2</b> | <b>LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>3</b> | <b>REDES DE ACUEDUCTO EXISTENTES .....</b>   | <b>14</b> |
| 3.1      | DATOS TÉCNICOS .....   | 14        |
| 3.2      | REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN – RAI .....   | 15        |
| 3.3      | INSPECCIÓN DE REDES .....  | 16        |
| 3.4      | CATASTRO DE REDES .....  | 16        |
| <b>4</b> | <b>DISEÑO REDES DE ACUEDUCTO .....</b>   | <b>17</b> |
| 4.1      | DESCRIPCIÓN INFRAESTRUCTURA DE ACUEDUCTO .....   | 17        |
| 4.2      | NORMAS DE DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO .....  | 18        |
| 4.3      | DESCRIPCIÓN METODOLOGÍA DE CALCULO Y CRITERIOS DE SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS.....            | 19        |
| 4.4      | ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS EN REDES MENORES DE ACUEDUCTO .....  | 20        |
| 4.4.1    | Estación de Transferencia .....  | 20        |
| 4.4.2    | Pilonas tramo 1 .....  | 21        |
| 4.4.3    | Estación Intermedia La Victoria .....  | 22        |
| 4.4.4    | Pilonas Tramo 2.....   | 23        |
| 4.4.5    | Estación Retorno - Altamira.....   | 24        |
| 4.5      | REDES MATRICES DE ACUEDUCTO .....  | 25        |
| 4.5.1    | Derecho de vía.....  | 26        |
| 4.5.2    | Plan de instrumentación y monitoreo de redes matrices .....                                  | 27        |
| <b>5</b> | <b>INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA ELABORAR LOS DISEÑOS DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO .....</b> | <b>28</b> |
| 5.1      | DATOS TÉCNICOS .....   | 28        |
| 5.2      | REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN – RAI .....   | 30        |
| 5.3      | INSPECCIÓN DE REDES.....   | 30        |
| 5.3.1    | Información secundaria .....   | 31        |
| 5.3.2    | Inspección de redes de alcantarillado mediante CCTV .....                                    | 31        |
| 5.3.3    | Planos de Catastro de redes .....  | 33        |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p><b>ALCALDÍA MAYOR</b><br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p><b>CONSORCIO CS</b><br/>Caly Mayor Supering<br/>Colombia S.A.S.</p> |
|--|--|--|

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>6</b> | <b>DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO .....</b>  | <b>39</b> |
| 6.1      | DESCRIPCIÓN INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO .....   | 39        |
| 6.1.1    | Estación Intermedia .....   | 39        |
| 6.1.2    | Estación Retorno .....  | 39        |
| 6.1.3    | Pilonas.....  | 40        |
| 6.2      | NORMAS DE DISEÑO ALCANTARILLADO .....   | 40        |
| 6.3      | DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y CRITERIOS DE SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS .....                                  | 40        |
| 6.3.1    | Criterios Generales .....   | 40        |
| 6.3.2    | Criterios de diseño alcantarillado sanitario.....   | 41        |
| 6.3.3    | Conexiones Domiciliarias.....   | 44        |
| 6.4      | ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....                             | 44        |
| 6.4.1    | Estación Intermedia, sector La Victoria .....   | 44        |
| 6.4.2    | Estación Retorno, sector Altamira .....   | 47        |
| <b>7</b> | <b>DISEÑO ALCANTARILLADO PLUVIAL Y DRENAJE .....</b>  | <b>49</b> |
| 7.1      | DESCRIPCIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO Y AFECTACIÓN POR LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO.....                             | 49        |
| 7.1.1    | Estación de Transferencia.....  | 49        |
| 7.1.2    | Estación Intermedia .....   | 49        |
| 7.1.3    | Estación Retorno .....  | 49        |
| 7.1.4    | Pilonas.....  | 50        |
| 7.2      | NORMAS DE DISEÑO ALCANTARILLADO .....   | 50        |
| 7.3      | DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y CRITERIOS SEGUIDOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS ..... | 50        |
| 7.3.1    | Criterios de diseño alcantarillado pluvial .....  | 50        |
| 7.3.2    | Pozos de inspección .....   | 53        |
| 7.3.3    | Cárcamos de protección .....  | 53        |
| 7.3.4    | Diseño sumideros.....   | 53        |
| 7.4      | ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS EN REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL .....                          | 58        |
| 7.4.1    | Estación de Transferencia .....   | 58        |
| 7.4.2    | Estación Intermedia La Victoria .....   | 60        |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 7.4.3    | Pilonas tramo 1 .....  | 62        |
| 7.4.4    | Estación Retorno - Altamira.....   | 71        |
| 7.4.5    | Pilonas Tramo 2.....   | 73        |
| 7.5      | REDES TRONCALES DE ALCANTARILLADO.....                                   | 80        |
| 7.5.1    | Derecho de vía.....  | 80        |
| 7.5.2    | Plan de instrumentación y monitoreo de redes troncales.....              | 81        |
| <b>8</b> | <b>CIMENTACIÓN DE REDES.....</b>   | <b>82</b> |
| 8.1      | CAPACIDAD PORTANTE.....  | 82        |
| 8.2      | CIMENTACIÓN.....   | 82        |
| 8.3      | ENTIBADOS .....  | 83        |
| <b>9</b> | <b>SISTEMAS DE DRENAJES SOSTENIBLES - SUDS.....</b>                      | <b>85</b> |
| 9.1      | RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....                               | 85        |
| 9.1.1    | Estación de Transferencia – 20 De Julio.....                             | 85        |
| 9.1.2    | Estación Intermedia – La Victoria.....                                   | 85        |
| 9.1.3    | Estación Retorno – Altamira.....   | 92        |
| 9.2      | ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS.....  | 98        |
| 9.2.1    | Estación Intermedia .....  | 98        |
| 9.2.2    | Estación Retorno.....  | 100       |
| 9.3      | EVALUACIÓN ZONAS VERDES .....  | 101       |
| 9.4      | INFORMACIÓN HIDROLÓGICA.....   | 104       |
| 9.4.1    | Análisis de lluvias .....  | 104       |
| 9.4.2    | Valores profundidad de lluvia .....                                      | 106       |
| 9.4.3    | Curva Intensidad Duración Frecuencia.....                                | 107       |
| 9.5      | TIPOLOGIAS DE SUDS.....  | 107       |
| 9.6      | TIPOLOGIA DE SUDS SELECCIONADA .....                                     | 114       |
| 9.6.1    | Estación Intermedia: .....   | 114       |
| 9.6.2    | Estación Retorno:.....   | 115       |
| 9.7      | DISEÑO SUDS .....  | 116       |
| 9.7.1    | Metodología.....   | 116       |
| 9.7.2    | Diseño SUDS.....   | 119       |
| 9.8      | ESPECIES ARBOREAS SUDS.....  | 121       |
| 9.9      | operación y RECOMENDACIONES PARA LA TIPOLOGIA DE SUDS A IMPLEMENTAR..... | 123       |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p><b>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.</b><br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p><b>CONSORCIO CS</b><br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|--|--|--|

**10    HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN..... 127**

**11    COMUNICADOS Y/O INFORMACIÓN DE COORDINACIÓN INTER  
INSTITUCIONAL..... 128**

**12    CANTIDADES DE OBRA..... 129**

**13    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 130**

**14    BIBLIOGRAFIA..... 132**



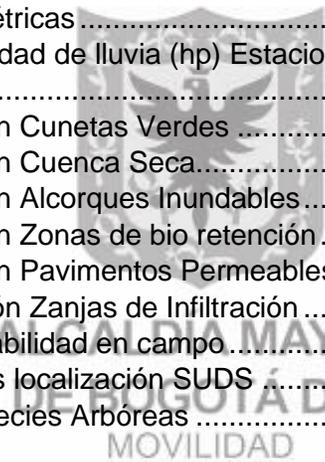
**ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.**  
MOVILIDAD  
Instituto de Desarrollo Urbano

## LISTADO DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Redes matrices localizadas en la zona de estudio.....                                | 14 |
| Tabla 2. Solución Interferencia piona 1.....  | 21 |
| Tabla 3. Solución Interferencia piona 3.....  | 22 |
| Tabla 4. Solución Interferencia piona 15.....   | 23 |
| Tabla 5. Solución Interferencia piona 18.....   | 24 |
| Tabla 6. Línea Matriz Regadera - Vitelma - Accesorios K17+800 a K18+000.....                  | 25 |
| Tabla 7. Localización obras con respecto a las líneas matrices de acueducto .....             | 26 |
| Tabla 8. Registro Récord de Obra Alcantarillado.....  | 28 |
| Tabla 9. Resultados Inspección CCTV – Estación de Transferencia .....                         | 34 |
| Tabla 10. Resultados Inspección CCTV – Estación Intermedia.....                               | 34 |
| Tabla 11. Resultados Inspección CCTV – Estación Retorno.....                                  | 37 |
| Tabla 12 Densidad de Población DANE 2020 – 2024.....  | 44 |
| Tabla 13. Tramos de Alcantarillado sanitario proyectado – Estación Intermedia .....           | 46 |
| Tabla 14. <i>Tramos de Alcantarillado sanitario proyectado – Estación Retorno .....</i>       | 48 |
| Tabla 15. Nodos Curvas Intensidad – Duración - Frecuencia.....                                | 51 |
| Tabla 16. Curvas Intensidad – Duración - frecuencia.....                                      | 52 |
| Tabla 17. Coeficiente de Escorrentía .....  | 52 |
| Tabla 18. <i>Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Transferencia.....</i> | 59 |
| Tabla 19. <i>Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Intermedia.....</i>    | 61 |
| Tabla 20. Áreas drenaje Piona 3 .....   | 63 |
| Tabla 21. Caudales de diseño Piona 3 .....  | 64 |
| Tabla 22. Caudales de diseño Piona 4 .....  | 65 |
| Tabla 23. Caudales de diseño Piona 5 .....  | 66 |
| Tabla 24. Caudales de diseño Piona 6 .....  | 68 |
| Tabla 25. Caudales de diseño Piona 8 .....  | 69 |
| Tabla 26. Caudales de diseño Piona 9 .....  | 70 |
| Tabla 27. <i>Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Retorno.....</i>       | 72 |
| Tabla 28. Caudales de diseño Piona 14 .....   | 73 |
| Tabla 29. Caudales de diseño Piona 15 .....   | 75 |
| Tabla 30. Caudales de diseño Piona 17 .....   | 76 |
| Tabla 31. Caudales de diseño Piona 18 .....   | 77 |
| Tabla 32. Caudales de diseño Piona 19 .....   | 78 |
| Tabla 33. Caudales de diseño Piona 20 .....   | 79 |
| Tabla 34. Caudales de diseño Piona 21 .....   | 80 |
| Tabla 35. Distancia libre a Redes Troncales Alcantarillado .....                              | 80 |
| Tabla 36 Capacidad portante redes .....   | 82 |
| Tabla 37 Altura Crítica.....  | 84 |
| Tabla 38. Características vías Estación Intermedia .....                                      | 86 |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <b>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</b> |  |
|---|--|---|

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 39. Valores Coeficiente de permeabilidad .....   | 91  |
| Tabla 40. Ensayos de permeabilidad en campo .....  | 91  |
| Tabla 41. Pendiente media vías Estación Intermedia .....   | 92  |
| Tabla 42. Características vías Altamira .....  | 94  |
| Tabla 43. Pendiente media vías Estación Retorno .....  | 98  |
| Tabla 44. Preinventario de Zonas Verdes Tramo 1 – Alternativa 4.....                                     | 102 |
| Tabla 45. Preinventario de Zonas Verdes Tramo 2 – Alternativa 2.....                                     | 103 |
| Tabla 46. Estaciones Hidrométricas .....   | 104 |
| Tabla 47. Valores de profundidad de lluvia (hp) Estaciones pluviométricas operadas por la EAAB-ESP ..... | 106 |
| Tabla 48. Criterios localización Cunetas Verdes .....  | 108 |
| Tabla 49. Criterios localización Cuenca Seca.....  | 109 |
| Tabla 50. Criterios localización Alcorques Inundables.....   | 110 |
| Tabla 51. Criterios localización Zonas de bio retención.....   | 111 |
| Tabla 52. Criterios localización Pavimentos Permeables.....  | 113 |
| Tabla 53. Criterios Localización Zanjias de Infiltración .....   | 113 |
| Tabla 54. Ensayos de permeabilidad en campo.....   | 120 |
| Tabla 55. Verificación criterios localización SUDS .....   | 121 |
| Tabla 56. Mantenimiento Especies Arbóreas .....  | 126 |

  
 Instituto de Desarrollo Urbano

## LISTADO DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1. Localización del proyecto .....   | 13  |
| Figura 2. Urbanismo Pilon 3 .....   | 63  |
| Figura 3. Urbanismo Pilon 4 .....   | 65  |
| Figura 4. Urbanismo Pilon 5 .....   | 66  |
| Figura 5. Urbanismo Pilon 6 .....   | 67  |
| Figura 6. Urbanismo Pilon 7 .....   | 68  |
| Figura 7. Urbanismo Pilon 8 .....   | 69  |
| Figura 8. Urbanismo Pilon 9 .....   | 70  |
| Figura 9. Urbanismo Pilon 14 .....  | 74  |
| Figura 10. Urbanismo Pilon 15 .....   | 74  |
| Figura 11. Urbanismo Pilon 17 .....   | 75  |
| Figura 12. Urbanismo Pilon 18 .....   | 76  |
| Figura 13. Urbanismo Pilon 19 .....   | 77  |
| Figura 14. Urbanismo Pilon 20 .....   | 78  |
| Figura 15. Urbanismo Pilon 21 .....   | 79  |
| Figura 16. Cimentación recomendada .....  | 83  |
| Figura 17. Esquema Estación Intermedia .....  | 87  |
| Figura 18. Perfil Fachada 3 (Carrera 3A Este) - Estación Intermedia .....             | 88  |
| Figura 19. Perfil Fachada 4 (Calle 41 Sur) - Estación Intermedia .....                | 88  |
| Figura 20. Perfil Estratigráfico Estación Intermedia .....                            | 90  |
| Figura 21. Esquema Estación Retorno .....   | 95  |
| Figura 22. Perfil Fachada (Calle 43A Sur) - Estación Retorno .....                    | 95  |
| Figura 22. Perfil Fachada (Carrera 12ª Este) - Estación Retorno .....                 | 96  |
| Figura 24. Perfil Estratigráfico Estación Retorno .....                               | 97  |
| Figura 25. Estación Intermedia – Redes alumbrado público .....                        | 99  |
| Figura 26. Estación Intermedia – Redes alcantarillado .....                           | 99  |
| Figura 27. Estación Retorno – Redes alumbrado público .....                           | 100 |
| Figura 28. Estación Retorno – Redes alcantarillado .....                              | 101 |
| Figura 29. Inventario de Zonas Verdes – Tramo 1 .....                                 | 102 |
| Figura 30. Inventario de Zonas Verdes Tramo 2 .....                                   | 103 |
| Figura 31. Localización Estaciones pluviométricas .....                               | 105 |
| Figura 32. Hietograma Estación Juan Rey .....   | 105 |
| Figura 33. Hietograma Estación El Delirio .....                                       | 106 |
| Figura 34. Esquema Alcorque inundable .....   | 118 |
| Figura 35. Esquema Zona Bio-retención .....   | 119 |
| Figura 36. Principales actividades de mantenimiento de los alcorques inundables ..... | 125 |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

## LISTADO FOTOGRAFIAS

|  |    |
|--|----|
| Fotografía 1. Registro Estación Intermedia ..... | 86 |
| Fotografía 2. Registro Estación Altamira .....   | 93 |



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.  
MOVILIDAD

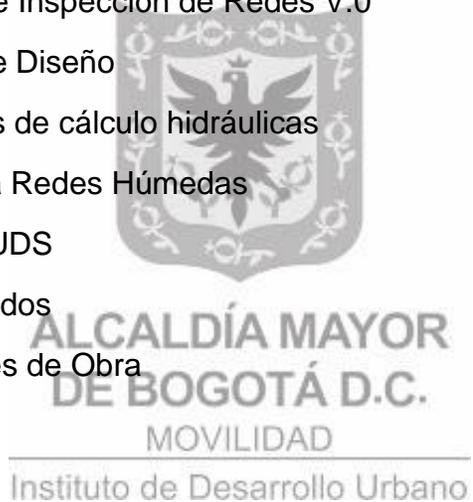
---

Instituto de Desarrollo Urbano

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|---|--|---|

## LISTADO DE ANEXOS

- ANEXO 1. Datos técnicos EAAB-ESP
- ANEXO 2. Informe de Inspección de Redes V.0
- ANEXO 3. Planos de Diseño
- ANEXO 4. Memorias de cálculo hidráulicas
- ANEXO 5. Geotecnia Redes Húmedas
- ANEXO 6. Diseño SUDS
- ANEXO 7. Comunicados
- ANEXO 8. Cantidades de Obra



## 1 INTRODUCCION

El Instituto de Desarrollo Urbano – IDU, como entidad encargada del desarrollo y el mantenimiento de infraestructura vial de transporte y de espacio público dentro del Distrito Capital, conforme a los estudios y documentos previos desarrollados mediante el contrato interadministrativo de consultoría No. 2012-1531, (CN2012-0186 para el Metro) de noviembre de 2012, suscrito entre la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá y la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Ltda., se establecieron los compromisos contractuales para el desarrollo de los estudios de factibilidad de los futuros proyectos de cable para la ciudad de Bogotá en las localidades de Ciudad Bolívar y San Cristóbal. Así las cosas, con base a este estudio, la Dirección Técnica de Proyectos avaló la suscripción del contrato de Consultoría No. 1630 de 2020 entre el Instituto de Desarrollo Urbano – IDU y el Consorcio CS, cuyo objeto corresponde a la “*Actualización, Ajustes y Complementación de la Factibilidad y los Estudios y Diseños del Cable Aéreo en San Cristóbal, en Bogotá D.C.*”

En el marco del Contrato suscrito entre el IDU y el Consorcio CS, se presenta el informe de "Diseño Redes de acueducto y alcantarillado"

Para la elaboración del informe, se utilizó la información entregada por el IDU del contrato Inter Administrativo de Consultoría No. 2012-1531, la información suministrada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado en los datos técnicos del proyecto, los datos consultados en el Sistema de Información Geográfica Unificado Empresarial –SIGUE-, el levantamiento topográfico efectuado por el Consorcio CS y la inspección de redes efectuadas.

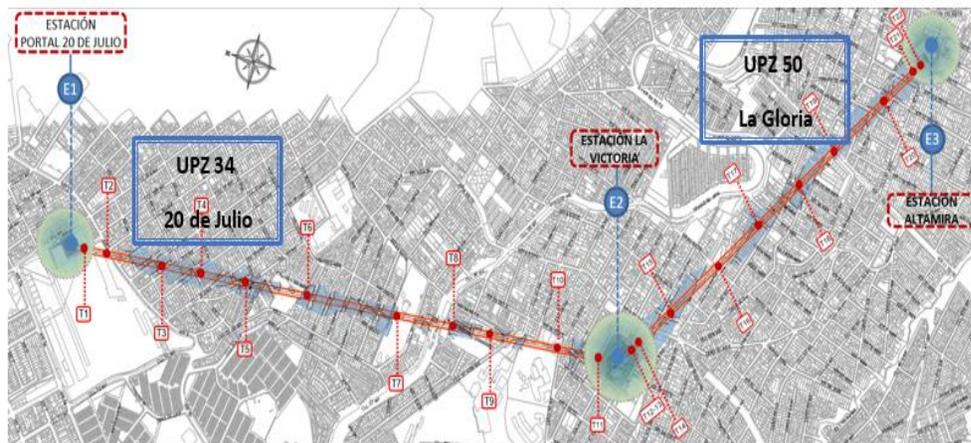
## 2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto del Cable de San Cristóbal en la localidad del mismo nombre está ubicado en el sur oriente de Bogotá, entre las localidades de Santa Fe (norte), Usme (sur), Rafael Uribe y Antonio Nariño (occidente) y por el oriente es límite metropolitano con los municipios de Choachí y Ubaque. Entre las veinte localidades ocupa el quinto lugar en extensión, tiene suelo tanto urbano como rural, este último corresponde a la estructura ecológica principal de los cerros orientales de Bogotá.

El sistema de transporte mediante cable aéreo de San Cristóbal tiene una longitud en planta de 2.802,56 aproximadamente, y cuenta con tres estaciones: 20 de julio (Estación de Transferencia), La Victoria (Estación Intermedia) y Altamira (Estación Retorno), la primera de ella conecta con el Portal 20 de Julio del sistema de Transmilenio, y la Victoria corresponde a la estación motriz del Cable.

En la Figura 1. Localización del proyecto, se presenta la configuración esquemática del trazado del cable en planta, el cual contara con 22 pilonas a lo largo de su recorrido con soporte intermedio. Las pilonas 1 y 2 se encuentran en el Portal del Sistema de Transmilenio, las pilonas 3-13, entre las estaciones 20 de Julio y la Victoria; y las pilonas 14-22 entre las estaciones La Victoria y Altamira.

**Figura 1. Localización del proyecto**



Fuente: Elaboración propia

### 3 REDES DE ACUEDUCTO EXISTENTES

#### 3.1 DATOS TÉCNICOS

La Empresa de Acueducto de Alcantarillado de Bogotá – EAAB-ESP, en el memorando interno No. 2541001-2020-1738 de agosto 3 de 2020, entregó los datos técnicos de las redes matrices de acueducto a considerar en el desarrollo del proyecto.

De acuerdo con la información suministrada por la DRM -EAAB-ESP, en la zona de influencia del proyecto del Cable San Cristóbal existen siete líneas matrices de acueducto, las cuales varían en diámetro entre 24” a 16”. De estas líneas matrices, las que tienen interés para el proyecto porque se encuentran más próximas a la infraestructura del Cable son:

- Línea Desvío Vitelma – Jalisco – Portal 20 de Julio. Línea matriz de D. 24” (CCP), se localiza en el Portal del 20 de Julio, entre las plataformas de los buses alimentadores del Sistema de Transmilenio. En los diseños de la estación del Cable, así como las pilonas proyectadas, esta línea matriz no será afectada.
- Conducción Vitelma – Tanque Fiscalá. Línea matriz de D. 24” (CCP), el trazado del cable se encuentra con esta línea matriz a la altura de la carrera 1 Este, entre calles 36 I Sur y 37 Sur. El trazado del Cable no afecta esta línea matriz.
- Tanque Monteblanco. Línea matriz de D. 20” (CCP), el trazado del cable intercepta esta línea matriz en la carrera 2 Este entre calles 36 I Sur y 37 Sur. El trazado del Cable no afecta esta línea matriz.
- Línea Alpes (B) – Quindío (B). Línea matriz de D. 24” (CCP), esta línea se encuentra en el sector de Moralba, a la altura de la carrera 16 A Este, entre calles 41B sur y 42C Sur. Con el proyecto, no se evidencia interferencia de la estación Moralba (Alternativa en estudio) con esta línea matriz.
- Las otras tres líneas matrices mencionadas en los datos técnicos, no se localizan en el área de estudio, y por lo anterior, no serán afectadas por el proyecto.

En la Tabla 1. Redes matrices localizadas en la zona de estudio, se relacionan las redes matrices de acueducto que existen a lo largo del trazado del proyecto del cable.

**Tabla 1. Redes matrices localizadas en la zona de estudio**

| NOMBRE DE LA LÍNEA                                  | DIAMETRO | MATERIAL | NÚMERO DE PROYECTO |
|---|----------|----------|--------------------|
| Desvío línea Vitelma – Jalisco. Portal 20 de Julio. | Ø24”     | CCP      | 20361              |
| Línea Vitelma – Jalisco. Portal 20 de Julio.        | Ø24”     | CCP      | RMAC-038           |
| Cond. Vitelma – TQ Fiscalá                          | Ø24”     | HD       | No. De obra 11221  |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

| NOMBRE DE LA LÍNEA                 | DIAMETRO | MATERIAL | NÚMERO DE PROYECTO  |
|------------------------------------|----------|----------|---|
|                                    |          |          | No. De proyecto 1724 (Temporalmente fuera de servicio por estabilidad geotécnica) |
| Tanque Monteblanco                 | Ø20"     | CCP      | No. De Diseño 31166   |
| Refuerzo San Vicente – La Victoria | Ø16"     | CCP      | RMAC-081  |
| Dist. Tanque Alpes                 | Ø16"     | CCP      | RMAC-045  |
| Alpes (B) – Quindío (B)            | Ø24"     | CCP      | RMAC-045  |

De igual forma, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado suministró los planos récord de obra de las redes de distribución, entre otros de los siguientes proyectos:

- Récord de Obra No. 15111 de junio de 2000, del sector del Patio Portal del 21 de julio.
- Récord de Obra No. 16942 de julio de 2001, del sector del barrio la Victoria.
- Récord de Obra No. 15120 de junio de 2000, del sector del barrio Altamira.
- Récord de Obra No. 18741 de julio de 2003, del sector del barrio Altamira.
- Récord de Obra No. 11253, del sector de la carrera 2ª con calle 31B Sur.

En el Anexo 1 se presentan la información suministrada por la EAAB-ESP como datos técnicos del proyecto para las redes menores de acueducto.

### 3.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN – RAI.

El Instituto de Desarrollo Urbano con el oficio 20212361697491 de noviembre 10 de 2021, con asunto Productos RAI y Metodología V2 informó la aprobación del informe de Revisión y Análisis de Información RAI en los siguientes términos:

*“Redes de acueducto y alcantarillado y SUDS: Se les comunicad que una vez que el Especialista en SUDS asignado para este proyecto revisó la información contenida en el documento allegado al Instituto, los productos mencionados cumplen con los requisitos establecidos por el IDU en los anexos técnicos y normas vigentes, razón por la cual se considera recibido este componente.*

*El anterior concepto se emite tomando como referencia el concepto de aprobación por parte de la Interventoría CONSORCIO ARDANUY IVICSA y complementa el concepto de recepción al componente de Redes Hidrosanitarias emitido por el IDU bajo el oficio 20212251130191”.*

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

Por ende, el análisis de la información secundaria recopilada para el desarrollo del estudio se puede consultar en el documento RAI elaborado por el Consorcio CS.

### 3.3 INSPECCIÓN DE REDES

El CONSORCIO CS Con el comunicado OF-RHS-CASC-462-21 de noviembre 5 de 2021, radicó la versión 0 del “INFORME DE INSPECCIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO”, informe que contiene:

- Informe de inspección de redes hidrosanitarias.
- Anexo 1. Catastro de Redes
- Anexo 2. Inspección CCTV
- Anexo 3. Memorias de Cálculo hidráulicas.

El IDU con el oficio 20212361764531 de noviembre 24 de 2021, manifestó lo siguiente:

*“Sin embargo, considerando la premura que presenta para el Distrito el presente proyecto, el Instituto ha remitido el producto del asunto a la EAAB-ESP para su revisión. Lo anterior con el fin de conocer el respectivo concepto técnico y recomendaciones de la EAAB-ESP relacionadas al **producto aprobado por la Interventoría**”. Y en el oficio posteriormente se concluye: “Se requiere que en la próxima entrega de los productos para una segunda revisión del IDU se incluya el respectivo documento de respuesta a cada una de las observaciones realizadas por el Instituto y eventualmente por la EAAB ESP con el fin de corroborar en la próxima revisión el cumplimiento de las correcciones realizadas”; por lo tanto, el INFORME DE INSPECCIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO fue aprobado por la Interventoría, previa remisión al IDU.*

Con lo expuesto en el párrafo anterior, es pertinente reiterar que el informe de inspección de redes fue aprobado por el Consorcio Interventor y copia de este se presenta en el Anexo 2. Informe de Inspección de Redes.

### 3.4 CATASTRO DE REDES

La elaboración de los planos de redes existentes de acueducto se efectuó a partir de los archivos Shape y planos récord de Obra suministrados por la EAAB, la información de la inspección de campo, el levantamiento topográfico y verificaciones realizadas en sitio.

En el Anexo 2, se presentan los planos de catastro de las redes de acueducto.

## 4 DISEÑO REDES DE ACUEDUCTO

### 4.1 DESCRIPCIÓN INFRAESTRUCTURA DE ACUEDUCTO

- Estación de Transferencia.

La estación de Transferencia se proyecta en el parqueadero de vehículos particulares del Portal 20 de julio ubicado al costado izquierdo de la losa de estacionamiento de articulados sobre la calle 30ª Sur. De la inspección e información recopilada de las redes de acueducto del sector se tiene lo siguiente:

- De acuerdo con el récord de Obra No. 15111 de junio de 2000, la estación interfiere con un anillo de distribución de PVC 4" localizado entre las calles 30 sur y 31 sur y entre la carrera 4 y 5. Esta tubería se encuentra al interior del portal del 20 de julio y deberá ser trasladada para la construcción de la estación.
- La pylona 1, localizada al interior del Portal de Transmilenio, afecta una red interna de acueducto de PVC 4", esta red se traslada en el proyecto como solución a la interferencia.
- Red Matriz. En el patio Portal de Transmilenio del 20 de Julio se encuentra el Desvío de la línea matriz Vitelma – Jalisco de Ø 24", red matriz que no será afectada por la Estación del Cable.
- Estación Intermedia

La estación intermedia se localiza en el barrio La Victoria entre las calles 40 Sur y 41 Sur y las carreras 3ª y 3C Este. Las redes de acueducto que existen en sector referido se encuentran en andén en tubería de PVC 4" (Estas redes cumplen las normas de la EAAB-ESP), con excepción de la red de PVC 3" localizada por la calle 40ª: esta tubería no cumple con el diámetro mínimo 4". No obstante lo anterior, esta red no requiere ser trasladada, porque con el proyecto esta red sale de servicio.

Con el proyecto se afecta las redes de 4" PVC que existen por la calle 41 sur y carrera 3ª Este, por ende, con el proyecto se relocalizan estas redes en igual diámetro.

- Estación Retorno

El inventario de las redes de acueducto y alcantarillado efectuado en la zona de la futura estación Retorno, calles 43A Sur a 42B Sur y carreras 12B Este a 12ª Este, evidenció que las redes de acueducto se encuentran constituidas por tuberías en material de PVC de 4",

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Supering<br/>Colombia S.A.S.</p> |
|---|--|---|

con excepción de la carrera 12ª Este, en donde (andén del costado occidental) existen dos redes de PVC de 8"; redes instaladas según récord de Obra No. 15120 y 18741 de la EAAB.

Cabe anotar, que la implantación del proyecto afecta la red de 4" PVC de la carrera 12 B Este, por ende, esta red se traslada al occidente de su posición actual, con el fin de salvar interferencias con la red de alumbrado público.

En el Anexo 2, se presentan los planos de catastro de las redes de acueducto.

- Implantación de pilonas.

La construcción de las pilonas del sistema afecta la pila 3, localizada en la con carrera 2ª con calle 31B sur. En este sector existe una red de PVC 3" que sería afectada por la cimentación de la pila, por lo anterior, se propone realizar un desvío a la red y renovarla en material PVC 4", con el fin de cumplir el diámetro mínimo especificado por la EAAB para las redes menores de acueducto.

Por otra parte, en las pilonas 15 y 18 se evidencia que las redes de acueducto se encuentran constituidas en material de AC, por lo tanto, se propone renovar estas tuberías a PVC; en la pila 15 en diámetro de 12" y en la pila 18, Ø 4".

#### 4.2 NORMAS DE DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO

En el diseño de las redes de acueducto aplican las siguientes normas:

- NS-023. Empates de tuberías en redes de acueducto.
- NS-024. Instalación de acometidas domiciliarias de acueducto diámetros ½" y ¾".
- NS-028. Presentación de estudios y diseños de sistemas de acueducto.
- NS-035. Requerimientos para cimentación de tuberías.
- NS-036. Criterios para diseño de red de acueducto secundaria y menor de distribución.
- NS-060. Criterios de diseño para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-084. Criterios para selección de válvulas.
- NS-090. Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-123. Criterios para selección de materiales para redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-139. Criterios para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Supering<br/>Colombia S.A.S.</p> |
|---|--|---|

#### 4.3 DESCRIPCIÓN METODOLOGIA DE CALCULO Y CRITERIOS DE SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS

Establecido el catastro de las redes de acueducto, las intervenciones en las redes menores de acueducto se definieron con base en los siguientes criterios:

- Criterios de diseño norma NS -036. Criterios para diseño de red de acueducto secundaria y menor de distribución. Entre los criterios evaluados se encuentran:
  - Diámetros mínimos de las tuberías. El diámetro interno mínimo de las redes menores de distribución debe ser de 4 pulgadas y el máximo de 6"; sin embargo, en algunos sectores existen tuberías con diámetros inferiores a 4", según la normativa anteriormente utilizada por la Empresa.
  - Profundidad mínima de instalación a clave de tuberías de distribución. La profundidad mínima a clave a la cual deben instalarse las tuberías de la red de distribución no debe ser menor a 1.00 m para calzada y 0.80 m para zona verde, medidas desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno. Cabe agregar, que la profundidad máxima de instalación de estas redes debe ser inferior a 1.50 m, medidos desde la clave de la tubería.
  - Las redes menores de distribución deben ir localizadas por andén, excepto en el cruce de las vías.
- Relocalizar y/o proteger las tuberías de acueducto afectadas por las obras del Cable.
- Las redes de acueducto no pueden quedar bajo elementos de amoblamiento urbano del espacio público.
- Localización de Hidrantes. Los criterios para la revisión y proyección de hidrantes en el proyecto se encuentran consignados en la Norma NS-036, la cual establece lo siguiente: "Los hidrantes deben tener un diámetro mínimo de 75 mm (3 pulgadas). Cada hidrante llevará su propia válvula para aislarlo de la red. Se deben ubicar con preferencia en las esquinas, en las intersecciones de dos calles y sobre la acera, para un mejor acceso. En las zonas industriales y comerciales de alto valor, e institucionales como edificios públicos, escuelas, colegios, entre otros, debe ponerse un hidrante en cada bocacalle y a una distancia no mayor de 100 m.

Los diámetros nominales para emplear en los hidrantes son  $\varnothing 4"$  y  $\varnothing 6"$ , para la instalación se deberá incluir por parte del constructor los accesorios: codos, uniones, la válvula de aislamiento del hidrante, torre hidrante, tee de derivación y un niple para extender al borde de sardinel la torre.

Siguiendo los criterios mencionados, en el proyecto se identificaron interferencias en las redes de acueducto en las estaciones del sistema y pilonas 3, 15 y 18. La descripción de las intervenciones en las redes de acueducto se presenta según los tramos definidos en el estudio:

- Tramo 1, El tramo 1 se encuentra comprendido entre las Estaciones de Transferencia e Intermedia, incluyendo las pilonas 1 a 13.
- Tramo 2, Incluye el trazado del sistema entre las pilonas 14 a 22 y la estación de Retorno en el sector de Altamira.

#### 4.4 ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS EN REDES MENORES DE ACUEDUCTO

##### 4.4.1 Estación de Transferencia

La estación de Transferencia se localiza al costado nor-oriental del patio Portal 20 de julio, en la zona que es utilizada como parqueo de vehículos particulares.

De la revisión de la información recopilada de las redes de acueducto, se identificaron las siguientes redes de acueducto en el área de intervención de la Estación de Transferencia:

- Redes matrices.

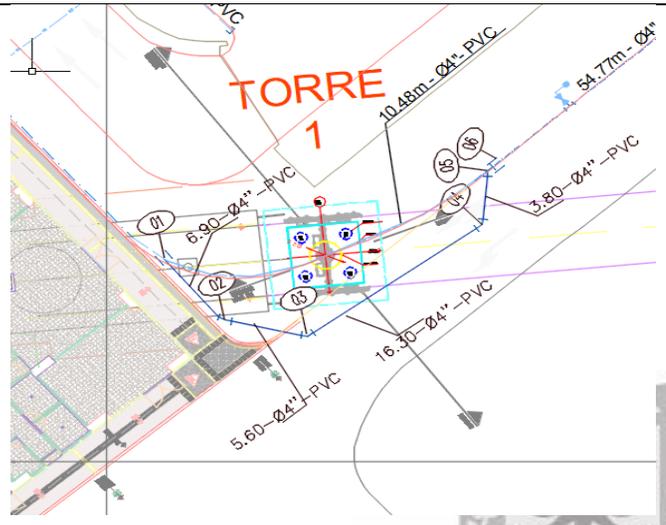
En el patio Portal de Transmilenio del 20 de Julio se encuentra el Desvío de la línea matriz Vitelma – Jalisco de  $\varnothing 24''$ ; esta línea matriz no será afectada por las obras de la Estación del Cable.

- Redes menores de acueducto.

En el patio Portal del 20 de Julio, se identificaron las siguientes redes de acueducto:

- De acuerdo con el récord de Obra No. 15111 de junio de 2000, la estación interfiere con un anillo de distribución de PVC 4" localizado entre las calles 30 sur y 31 sur y entre la carrera 4 y 5. Debido a que este anillo no figura en los planos récord de las obras de acueducto del patio Portal de Transmilenio del 20 de julio y que aparentemente los predios que abastecía esta red fueron demolidos para construir el patio Portal del 20 de Julio, se elevó consulta a la EAAB-ESP sobre el estado de servicio de esta red, para determinar si es necesario o no el traslado.
- La pylona 1, afecta una red interna de acueducto de PVC 4" localizada al interior del patio Portal de Transmilenio. En la Tabla 2. Solución Interferencia pylona 1, se presenta la solución a la interferencia entre la pylona y la red de acueducto.
- La rampa del puente peatonal que comunicará la estación del Cable con el Portal de Transmilenio afecta una red menor de distribución de 2 ½", por lo anterior, esta red se propone trasladar 1.0 m al oriente de su localización actual.

**Tabla 2. Solución Interferencia pilona 1**

| <b>INTERFERENCIA PILONA 1</b>   |  |
|---|--|
|  | <p>Pilona 1: Localización Patio Portal Transmilenio 20 de Julio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La cimentación de la pilaña afecta red de PVC 4”.</li> <li>• La solución a la interferencia es trasladar la tubería de PVC 4” al sur de su posición actual.</li> </ul> |

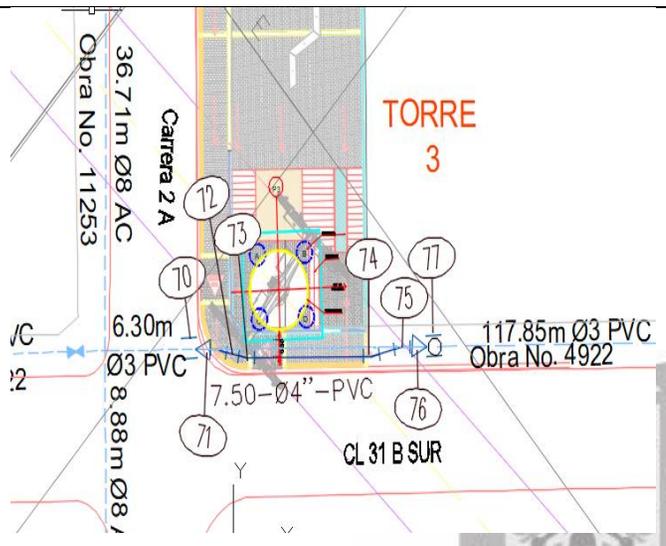
#### 4.4.2 Pilonas tramo 1

Las pilonas se proyectaron en áreas de espacio público y/o predios privados que serán adquiridos por el IDU para la construcción de las obras del Cable que incluye, cimentación de la pilaña y mejoramiento del espacio público con andenes más anchos.

En el tramo 1 se localizan once (11) pilonas del trazado del Cable; la pilaña 1 y 2 se ubican dentro del patio Portal de Transmilenio, las pilonas 3 a 10 en zonas de espacio público y predios privados y la pilaña 11 en la zona de la futura estación Intermedia del barrio La Victoria. En este tramo, en la zona de intervención de la pilaña 3 ubicada en la calle 31B sur con carrera 2ª, existe una red de 3” PVC, la cual quedaría localizada a una distancia de 0.40 m de la cimentación de la pilaña, por lo anterior se propone renovar la tubería a PVC 4” y desplazar hacia el sur de su posición actual, con lo cual la distancia entre la tubería y la cimentación sería de 0.80 m en la horizontal y 0.61 m en la vertical.

En la Tabla 3. Solución Interferencia pilaña 3, se presenta la solución a la interferencia de la pilaña con la red de acueducto.

**Tabla 3. Solución Interferencia pila 3**

| <b>INTERFERENCIA PILONA 3</b>   |  |
|---|--|
|  | <p>Pilona 3: Localización Calle 31B sur x Carrera 2A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La red de PVC 3" quedaría a una distancia de 0.40 m de la cimentación de la pila.</li> <li>• Se propone renovar la tubería a PVC 4" y desplazar la red al sur de su posición actual.</li> </ul> |

#### 4.4.3 Estación Intermedia La Victoria

La estación intermedia se localiza en el barrio La Victoria entre las calles 40 Sur y 41 Sur y las carreras 3ª y 3C Este. Las redes de acueducto presentes en el sector referido son:

- Redes matrices.

En la zona de intervención de la estación no se encuentran redes matrices de acueducto.

- Redes menores de acueducto.

Las redes de acueducto localizadas en las vías adyacentes a la estación Intermedia se encuentran en la zona de andén en tubería de PVC 4" (Estas redes cumplen las normas de la EAAB-ESP), con excepción de la red de PVC 3" localizada por la calle 40 A Sur entre carreras 3ª Este y 3C Este: la tubería no cumple con el diámetro mínimo de 4", sin embargo, esta red no requiere ser trasladada porque con el proyecto esta red sale de servicio.

La construcción de la Estación Intermedia presenta las siguientes interferencias con las redes de acueducto:

- Calle 40 A Sur: Retiro de tubería PVC 3".

- Calle 41 sur: Traslado de tubería PVC 4" por interferencia con elementos de amoblamiento urbano, canalizaciones de alumbrado público y paradero de buses.
- Carrera 3 A Este. Traslado de tubería PVC 4" por interferencia con elementos de amoblamiento urbano y canalizaciones de alumbrado público.

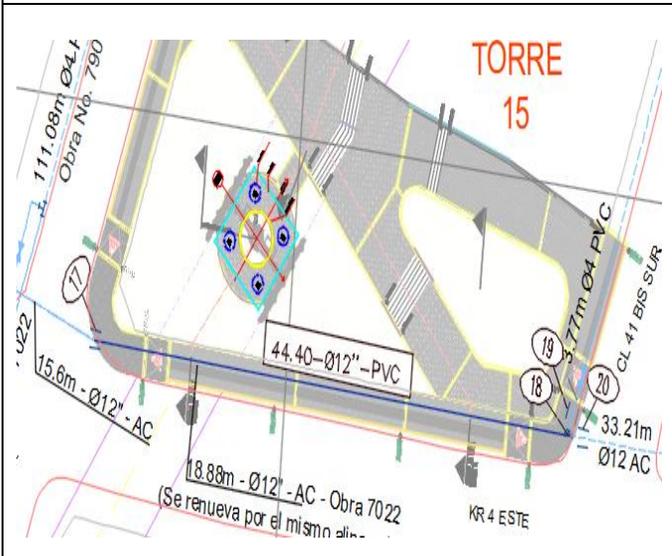
En el Anexo 3 se presentan los planos de las redes de acueducto con la solución a las interferencias mencionadas.

#### 4.4.4 Pilonas Tramo 2

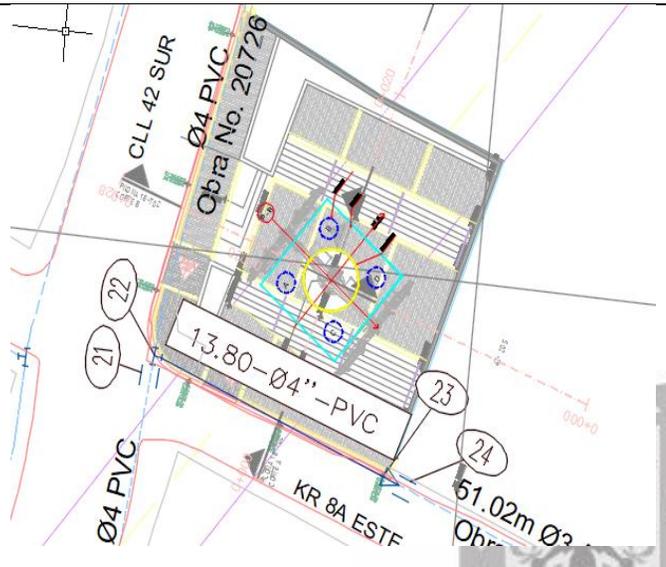
En el tramo 2, se identificaron interferencias y/o afectaciones a las redes de acueducto en las pilonas 15 y 18; en la zona de intervención de la pila 15 existe una red de AC de 12" y en la pila 18 una red AC Ø 3", por lo anterior, estas redes se deben renovar en PVC 12" y 4", respectivamente. En la Tabla 4. Solución Interferencia pila 15, se presenta la solución a la interferencia de la pila 15 con la red de acueducto, como solución se tiene renovar por el mismo corredor la red de AC 12" en una longitud aproximada de 44.40 m y empatar en los extremos a la red en servicio de AC 12".

En la Tabla 5. Solución Interferencia pila 18, se presenta la solución a la interferencia de la pila 18 con la red de acueducto, como solución se tiene renovar por el mismo corredor la red de AC 3" en una longitud aproximada de 13.80 m y empatar en los extremos a la red en servicio de AC 3".

**Tabla 4. Solución Interferencia pila 15**

| INTERFERENCIA PILONA 15   |   |
|---|---|
|  | <p>Pilona 15: Localización Carrera 4 Este entre calles 41Bis y 41 Sur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por la carrera 4 Este existe una red de AC 12".</li> <li>• Se propone renovar la red a PVC 12" entre calles 41Bis y 41 Sur. En la calle 41Bis Sur, la red se debe empatar con la red que existe de PVC 4".</li> </ul> |

**Tabla 5. Solución Interferencia pilona 18**

| <b>INTERFERENCIA PILONA 18</b>  |  |
|---|--|
|  | <p>Pilona 18: Localización Carreta 8ª Este x calle 42 Sur.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por la carrera 8ª Este existe una red de AC 3”.</li> <li>• Se propone renovar la red a PVC 4”.</li> <li>• El empate de la red se debe efectuar a con la tubería de PVC 4” de la calle 42 Sur.</li> </ul> |

#### 4.4.5 Estación Retorno - Altamira

El inventario de las redes de acueducto efectuado en la zona de la futura estación Retorno, calles 43A Sur a 42B Sur y carreras 12B Este a 12ª Este, evidenció las siguientes redes de la EAAB-ESP:

- Redes matrices.

En la zona de intervención de la estación no se encuentran redes matrices de acueducto.

- Redes menores de acueducto.

En la zona de interés, las redes de acueducto se encuentran constituidas por tuberías en material de PVC de 4”, con excepción de la carrera 12ª Este, donde en el andén del costado occidental existen dos redes de acueducto PVC de 8”; redes instaladas según récord de Obra No. 15120 y 18741 de la EAAB.

En la calle 42 B Sur, existe una manija en tubería de PVC 4”, que distribuye el servicio de agua a los predios localizados al costado sur de la calle 42B sur, como estos predios pasarán a ser parte de la futura estación del cable, se propone retirar de servicio esta red.

Adicional a lo anterior, la red de la carrera 12 B Este, se deberá trasladar al occidente de su posición actual, con el fin de salvar interferencias con los postes de alumbrado público.

En el anexo 3, se presentan los planos de las redes existentes y proyectadas del sistema de acueducto.

#### 4.5 REDES MATRICES DE ACUEDUCTO

En el capítulo 3 se describieron las redes matrices de acueducto localizadas en la zona de estudio, de estas son de interés particular en el estudio:

- Línea Desvío Vitelma – Jalisco – Portal 20 de Julio. Línea matriz de D. 24” (CCP), se localiza en el Portal del 20 de Julio, entre las plataformas de los buses alimentadores del Sistema de Transmilenio.
- Línea Regadera Vitelma Optimización a conducto existente en 34” Concreto - (Abscisa K17+150 a K18+000) – RMAC 146. El trazado del Cable cruza esta línea matriz a la altura de la carrera 11 Este con calle 42ª Bis sur, zona en la cual se proyecta la piona 19. En los planos del proyecto No. 32042 de la EAAB-ESP, abscisas K17+150 a K18+000, sobre la carrera 11 Este se encuentran una purga de D. 6” y una ventosa D. 4” con las características y localización registradas en Tabla 6. Línea Matriz Regadera - Vitelma - Accesorios K17+800 a **K18+000**.

**Tabla 6. Línea Matriz Regadera - Vitelma - Accesorios K17+800 a K18+000**

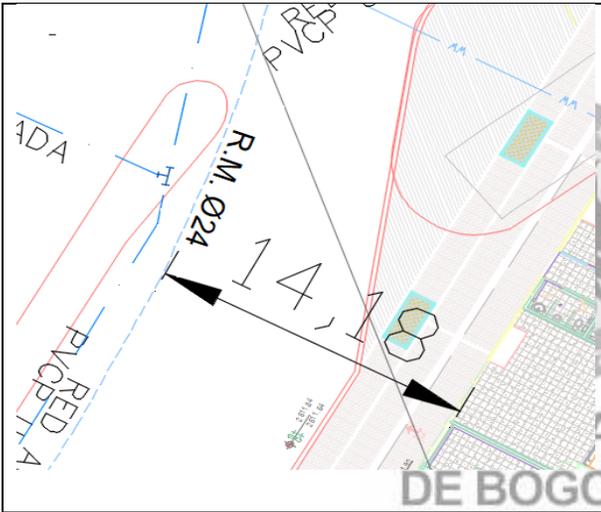
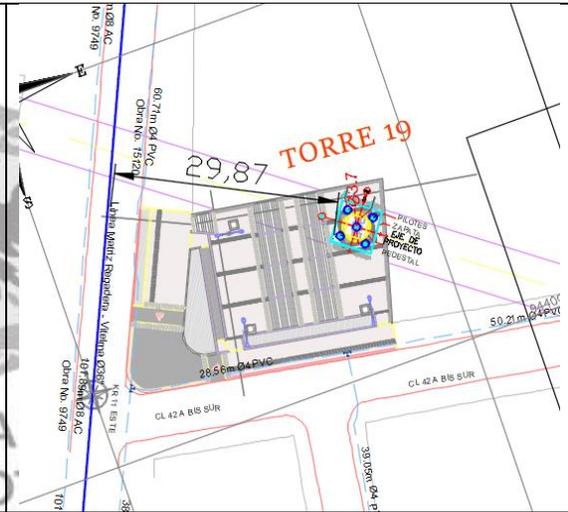
| ABSCISA                            | Coordenada |          | Cota    | Cota    | Profundidad<br>lomo - m |
|------------------------------------|------------|----------|---------|---------|-------------------------|
|                                    | Este       | Norte    | Terreno | Lomo    |                         |
| (17+800)                           |            |          | 2835.50 | 2834.80 | 0.70                    |
| Purga D. 6” –<br>P33-65 (17+810)   | 98875.80   | 94356.73 |         |         |                         |
| Ventosa D. 4” –<br>V33-55 (17+992) | 98950.55   | 94522.27 |         |         |                         |
| (18+000)                           |            |          | 2842.18 | 2840.06 | 2.12                    |

En la carrera 11 con calle 42ª Bis sur, el proyecto prevé la construcción del urbanismo del andén oriental y cimentación de la piona 19; según los planos de la Línea Regadera Vitelma, las obras de urbanismo se localizan entre las abscisas K17+870 a K17+890 de la línea matriz, en donde el lomo de la tubería se encuentra a una profundidad promedio de 1.20 m.

La información de las líneas matrices de acueducto recopilada durante el desarrollo del estudio permitió verificar la implantación del proyecto del Cable con respecto a estas redes y se determinó:

- En el portal del 20 de Julio, la estación de Transferencia se proyecta a una distancia de 14.18 m de la línea matriz Vitelma – Jalisco Ø 24” CCP, tubería que frente a la estación se encuentra a una profundidad media de 3.0 m a lomo.
- En los planos de acueducto se presenta la localización de la línea matriz Regadera – Vitelma Ø 34” a la altura de la carrera 11 Este con calle 42ª Bis sur, se evidencia que la cimentación de la pila 19 quedará a una distancia de 29.87 m de la línea matriz.

**Tabla 7. Localización obras con respecto a las líneas matrices de acueducto**

|  |   |
|--|---|
|  |  |
| <p>Estación Transferencia. Línea matriz Vitelma – Jalisco Ø 24”.</p>               | <p>Pila 19- Carrera 11 Este x Calle 42ª Bis sur, RMAC 146 Ø 34”.</p>                |

#### 4.5.1 Derecho de vía

La norma NS-139. Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado, en la Tabla 1 especifica las distancias libres de las líneas matrices a considerar según el diámetro de la tubería:

- Tuberías entre 24” a 30”: 4.8 m a lado y lado de la tubería
- Tuberías entre 30” a 48”: 5.8 m a lado y lado de la tubería

En el apartado anterior, se detallaron las distancias que existirá entre las estructuras del Cable con las líneas matrices, por ende, con el proyecto del Cable se respetan las distancias libres especificadas en la norma NS-0139 y no se proyectan estructuras en esta franja.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

#### 4.5.2 Plan de instrumentación y monitoreo de redes matrices

En el numeral 4.4 se describe la localización y características de las líneas matrices de acueducto que cruzan el trazado del proyecto del cable y la distancia a la cual quedarán estas líneas matrices de la estación de Transferencia y cimentación de la pila 19. Al comparar las distancias determinadas con lo especificado en la norma NS-139 Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado, se tiene:

- La norma NS 139 especifica una distancia mínima de 2.0 m entre la cara exterior de la tubería y el borde de una cimentación.

En el proyecto, las distancias de las estructuras son superiores a la distancia mínima especificada en la norma NS-139.

El proyecto no tiene diseñadas estructuras dentro del derecho de vía y la distancia que existirá entre la cimentación a la estación de Transferencia (14.18 m) y la pila 19 (29.87 m) garantizan que estas redes no serán afectadas con las obras del proyecto y por lo anterior, no aplica el desarrollo de un Plan de instrumentación y monitoreo de las redes matrices.



## 5 INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA ELABORAR LOS DISEÑOS DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO

### 5.1 DATOS TÉCNICOS

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, suministró los datos técnicos de las redes de acueducto, alcantarillado y red matriz con los oficios y/o comunicados:

- Oficios 3050001-S-2020-263444 y 3050001-S-2021-023388 de la Dirección Apoyo Técnico de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- Memorando interno No. 2541001-2020-1738 de agosto 3 de 2020, entregó los datos técnicos de las redes matrices de acueducto.
- Memorando interno No. 2541001-2020-1426 de agosto 12 de 2020, entregó los datos técnicos de las redes de alcantarillado.
- Memorando interno No. 3431003-2020-21 de julio 30 de 2020, la Dirección de Servicio Acueducto y Alcantarillado de la Zona 4 informa los proyectos y contratos que se adelantan en la zona de estudio.

La Empresa de Acueducto de Alcantarillado de Bogotá – EAAB-ESP, en el memorando interno No. 2541001-2020-1426 de agosto 12 de 2020, entregó los datos técnicos de las redes de alcantarillado. De lo informado por la Dirección Red Troncal de Alcantarillado en el memorando se destacan los siguientes aspectos:

1. *“Revisando el área de intervención del proyecto, se encuentra en el costado sur del polígono de intervención la Quebrada Seca y la Quebrada Chiguaza, también cruzan dos colectores pluviales, uno por la Calle 41 Sur de 1.6 m de diámetro y otro por la Calle 43 Sur de 1.3 m de diámetro que se unen en la Carrera 3 Este. En el costado norte cruza el Interceptor Albina de 1.0 – 1.7 m de diámetro”.*
2. *“Actualmente la DRTA no cuenta con proyectos en ejecución, como tampoco se tiene proyectado intervenir la zona a mediano o largo plazo”.*

Adicional a lo anterior, la Dirección de Servicio Acueducto y Alcantarillado de la Zona 4 EAAB-ESP, con el memorando interno No. 3431003-2020-21 de julio 30 de 2020, informó los proyectos y contratos que la EAAB ejecuta en la zona de estudio, información que se relaciona en la Tabla 8. Registro Récord de Obra Alcantarillado.

**Tabla 8. Registro Récord de Obra Alcantarillado**

| BARRIOS   | NUMERO DE CONTRATO   | ESTADO    |
|---|----------------------|-----------|
| REHABILITACIÓN DE REDES LOCALES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DEL BARRIO BELLO HORIZONTE- FASE II | 1-01-34100-1245-2013 | EJECUTADO |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <b>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</b> |  |
|---|--|---|

| BARRIOS  | NUMERO DE CONTRATO   | ESTADO          |
|--|----------------------|-----------------|
| RENOVACION DE LAS REDES LOCALES DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL BARRIO ALTOS DEL POBLADO DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE LA ZONA 4 DEL ACUEDUCTO DE BOGOTA  | 1-01-34100-1159-2017 | EJECUTADO       |
| RENOVACIÓN DE LOS COLECTORES SAN MIGUEL Y LOS TOCHES FASE I-EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA CHIGUAZA UBICADOS DENTRO DEL AREA DE COBERTURA DE LA ZONA 4 DEL ACUEDUCTO DE BOGOTÁ. (SAN MARTIN SUR, LA GLORIA ORIENTAL, LA GLORIA OCCIDENTAL, LA VICTORIA, BELLAVISTA SUR) | 1-01-34100-1188-2017 | EN EJECUCIÓN    |
| RENOVACIÓN DE LAS REDES LOCALES DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL BARRIO, ALTAMIRA Y OBRAS ANEXAS DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE LA ZONA 4 DEL ACUEDUCTO DE BOGOTÁ (ALTAMIRA, LA GLORIA).   | 1-01-34100-1045-2018 | EN EJECUCIÓN    |
| RENOVACIÓN DE LAS REDES LOCALES DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL BARRIO CANADA GUIRA Y SECTORES AFERENTES DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE LA ZONA 4 DEL ACUEDUCTO DE BOGOTÁ  | 1-01-34100-0995-2019 | EN EJECUCIÓN    |
| RENOVACIÓN DE LAS REDES LOCALES DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL PINAR DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE LA ZONA 4 DEL ACUEDUCTO DE BOGOTA   | 1-01-34100-0119-2020 | PTE POR INICIAR |
| RENOVACIÓN DE LAS REDES LOCALES DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, PARA EL BARRIO LA VICTORIA.  |                      | EN FORMULACIÓN  |

De los proyectos relacionados en la tabla anterior, son de interés en el estudio los récord de obra:

- Estación de Transferencia:
  - Redes de Alcantarillado: Récord No. 3595.
- Estación Intermedia.
  - Redes de Alcantarillado: Récord No. 3820.
  - Redes de Alcantarillado: Diseño No. proyecto 8043 de 2014.
- Estación Retorno
  - Redes de Acueducto: Récord No. 15120, 18741.

Cabe agregar, que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá a través del Contrato de Consultoría No. 1-02-34100-0100-2013, realizó los diseños “*Para la rehabilitación de redes locales de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial del colector San Miguel y sus redes aferentes en la localidad San Cristóbal dentro del área de cobertura de la Zona 4 del acueducto de Bogotá*”, los cuales incluyeron los diseños para la renovación de las redes locales de alcantarillado sanitario y pluvial del barrio La Victoria, Proyecto No.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

8403 aprobado por la DITG. Y de acuerdo con el récord de Obra No. 3820 de mayo de 2014, la EAAB-ESP renovó las redes de alcantarillado sanitario y pluvial de la calle 41Sur y carrera 3ª Este entre las calles 40ª sur y 41 sur; las redes de alcantarillado se renovaron a PVC 8" y el alcantarillado pluvial a PVC 12", información que es consistente con los registros de la inspección de campo.

Y por otra parte, con el memorando interno 3431003-2021-0316 de agosto 31 de 2020, la EAAB-ESP informó que rehabilitó las redes de alcantarillado del barrio Altamira, incluidas las redes del sector en donde se proyecta construir la estación Retorno.

En el Anexo 1. Datos técnicos, se adjunta la información suministrada por la EAAB-ESP.

## 5.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN – RAI.

El Instituto de Desarrollo Urbano con el oficio 20212361697491 de noviembre 10 de 2021, con asunto Productos RAI y Metodología V2 informó la aprobación del informe de Revisión y Análisis de Información RAI en los siguientes términos:

*“Redes de acueducto y alcantarillado y SUDS: Se les comunicad que una vez que el Especialista en SUDS asignado para este proyecto revisó la información contenida en el documento allegado al Instituto, los productos mencionados cumplen con los requisitos establecidos por el IDU en los anexos técnicos y normas vigentes, razón por la cual se considera recibido este componente.*

*El anterior concepto se emite tomando como referencia el concepto de aprobación por parte de la Interventoría CONSORCIO ARDANUY IVICSA y complementa el concepto de recepción al componente de Redes Hidrosanitarias emitido por el IDU bajo el oficio 20212251130191”.*

Por ende, el análisis de la información secundaria recopilada para el desarrollo del estudio se puede consultar en el documento RAI elaborado por el Consorcio CS.

## 5.3 INSPECCIÓN DE REDES

El CONSORCIO CS Con el comunicado OF-RHS-CASC-462-21 de noviembre 5 de 2021, radicó la versión 0 del “INFORME DE INSPECCIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO”, informe que contiene:

- Informe de inspección de redes hidrosanitarias.
- Anexo 1. Catastro de Redes
- Anexo 2. Inspección CCTV

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDÍA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|---|--|---|

- Anexo 3. Memorias de Cálculo hidráulicas.

El IDU con el oficio 20212361764531 de noviembre 24 de 2021, manifestó lo siguiente:

*“Sin embargo, considerando la premura que presenta para el Distrito el presente proyecto, el Instituto ha remitido el producto del asunto a la EAAB-ESP para su revisión. Lo anterior con el fin de conocer el respectivo concepto técnico y recomendaciones de la EAAB-ESP relacionadas al **producto aprobado por la Interventoría**”. Y en el oficio posteriormente se concluye: “Se requiere que en la próxima entrega de los productos para una segunda revisión del IDU se incluya el respectivo documento de respuesta a cada una de las observaciones realizadas por el Instituto y eventualmente por la EAAB ESP con el fin de corroborar en la próxima revisión el cumplimiento de las correcciones realizadas”; por lo tanto, el INFORME DE INSPECCIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO fue aprobado por la Interventoría, previa remisión al IDU.*

Con lo expuesto en el párrafo anterior, es pertinente reiterar que el informe de inspección de redes fue aprobado por el Consorcio Interventor y copia de este se presenta en el Anexo 2. Informe de Inspección de Redes.

### 5.3.1 Información secundaria

Con el objeto de investigar la infraestructura existente de redes de acueducto y alcantarillado en el área de influencia directa del proyecto; de las tres estaciones y las pilonas del sistema, como un primer paso se procedió a consultar los datos técnicos suministrados por la EAAB.

Como un segundo paso, de la página WEB de la EAAB en su aplicativo *sigue.map*, sistema de información geográfico, se consultó para cada estación las redes existentes y sus principales atributos relacionados con el tipo de red, diámetro, material, planos récord de obra, etc.

Como complemento al paso anterior, también se consultó la página WEB del IDU en su aplicativo “*repositorio institucional*”, del cual se descargó información referente a los planos de los proyectos de redes de alcantarillado, récord de obra, etc., información que en conjunto con la obtenida en los datos técnico y página WEB de la EAAB, constituyo la base para elaborar el inventario de las redes.

Por último, la información digital recopilada, se confrontó con las planchas de las redes de alcantarillado suministradas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado, con lo cual se pudo validar la infraestructura existente con la información tomada en campo.

### 5.3.2 Inspección de redes de alcantarillado mediante CCTV

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

### 5.3.2.1 Estación de Transferencia

En la estación de Transferencia, se investigó los tramos del alcantarillado entre los pozos PZ11-9 a CMP134035, tramos que fueron seleccionados a raíz de la necesidad que surge del proyecto para relocalizar el tramo PZ-5 a CMP117577, por presentar interferencia con la Estación del Cable; este tramo se relocalizó hacia el pozo PZ11-9. En la inspección con CCTV, esta tubería presenta un Grado Estructural de 2 para el tramo de 20" y 1 para los tramos que existen en tubería de concreto de 24", por lo anterior la tubería se mantiene en servicio. En la tabla 9 se presenta la calificación de los tramos inspeccionados y la recomendación respectiva con base en el Grado Estructural del tramo.

### 5.3.2.2 Estación Intermedia

En la estación Intermedia, las redes de alcantarillado seleccionadas para investigar mediante CCTV se localizan en el cuadrante que forman las calles 40 Sur a 41 Sur y carreras 3ª Este y 3C Este.

Las redes del alcantarillado pluvial localizadas por la carrera 3ª Este, en tubería PVC de 900 mm, presenta un Grado estructural de 5, al igual que la red que existe por la carrera 3ª Este entre calle 40Sur y 40 A Sur; por la calificación del grado estructural de los tramos, las tuberías se deben rehabilitar.

El tramo PMP 125889 a PMP 125890, conformado por tubería de PVC de 12" recibió una calificación de 1, por lo tanto, esta red se puede mantener en servicio.

En cuanto a las redes del alcantarillado sanitario, la inspección arrojó Grado estructural entre 4 y 5 para las tuberías de gres 8", por lo tanto, estas redes se deben rehabilitar a corto plazo, al igual que el tramo CMP130317 a CMP130251, tramo en PVC 8", que presenta un Grado Estructural de 5.

De acuerdo con la inspección de CCTV, el tramo del alcantarillado que puede mantenerse en servicio se ubica por la calle 41 Sur, en donde existe una tubería de PVC 8".

El tramo de la calle 40A Sur, en tubería de Gres de 8", sale de servicio por interferencia con la estación.

En la tabla 10 se presenta la calificación de los tramos inspeccionados y la recomendación respectiva con base en el Grado Estructural del tramo.

### 5.3.2.3 Estación Retorno

En la estación Retorno se investigaron las redes del alcantarillado pluvial y sanitario; la calificación del Grado Estructural se presenta en la tabla 20 y la recomendación respectiva.

Las redes del alcantarillado sanitario, en material de PVC y concreto de diámetro 8", presenta Grado Estructural entre 4 y 5, por lo tanto, estas redes se deben rehabilitar a corto

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

plazo. El colector pluvial que existe por la carrera 12B Este y que posteriormente continúa por la calle 42B sur, en tubería PVC de 1.0 y 1.20, presenta una calificación de 1, por lo tanto, esta tubería no requiere reparaciones y o intervenciones a corto plazo.

En la tabla 11 se presenta la clasificación de los tramos inspeccionados y la recomendación respectiva con base en el Grado Estructural del tramo.

### 5.3.3 Planos de Catastro de redes

La elaboración de los planos de redes existentes de alcantarillado se efectuó a partir de los archivos Shape y planos récord de Obra suministrados por la EAAB, la información de la inspección de campo, el levantamiento topográfico y verificaciones realizadas en sitio.

En los planos de catastro de alcantarillado, los pozos se identificaron con el código asignado por la EAAB-ESP y los tramos tienen la siguiente información: longitud, diámetro, material de las tuberías.

En el Anexo 2, se presentan los planos de catastro de las redes de alcantarillado.



|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDÍA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|---|--|---|

**Tabla 9. Resultados Inspección CCTV – Estación de Transferencia**

| No. Pozo Aguas Arriba | No. Pozo Aguas Abajo | Material                           | Diámetro mm | Grado Estructural | Grado Operacional | Grado Estructural Diagnóstico      | Grado Mantenimiento Diagnóstico    | Observaciones         |
|-----------------------|----------------------|------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| PZ1-69                | PMP117577            | Tubería de Concreto (no-reforzado) | 500         | 2                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |
| PMP117577             | PMP117576            | Tubería de Concreto (no-reforzado) | 600         | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |
| PMP117577             | PMP134035            | Tubería de Concreto (no-reforzado) | 600         | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10. Resultados Inspección CCTV – Estación Intermedia**

| No. Pozo Aguas Arriba | No. Pozo Aguas Abajo | Material                           | Diámetro mm | Grado Estructural | Grado Operacional | Grado Estructural Diagnóstico | Grado Mantenimiento Diagnóstico    | Observaciones         |
|-----------------------|----------------------|------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| PMP77975              | PMP78120             | Tubería de Concreto (no-reforzado) | 900         | 5                 | 3                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| PMP77975              | PMP77724             | tubería de Concreto (no-reforzado) | 900         | 5                 | 3                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |

| No. Pozo Aguas Arriba | No. Pozo Aguas Abajo | Material                           | Diámetro mm | Grado Estructural | Grado Operacional | Grado Estructural Diagnóstico      | Grado Mantenimiento Diagnóstico    | Observaciones         |
|-----------------------|----------------------|------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| PMP78745              | PMP77970             | tubería de Concreto (no-reforzado) | 300         | 5                 | 5                 | Atención Inmediata                 | Atención Inmediata                 | Tramo por rehabilitar |
| PMP78745              | PMP77970             | Tubería de Arcilla Vitrificada     | 300         | 5                 | 1                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Largo Plazo | Tramo por rehabilitar |
| PMP125889             | PMP125890            | Polietileno                        | 300         | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tramo por conservar   |
| CMI79879              | CMP130234            | Tubería de Arcilla Vitrificada     | 200         | 5                 | 5                 | Atención Inmediata                 | Atención Inmediata                 | Tramo por rehabilitar |
| CMI79879              | CMP130234            | Tubería de Arcilla Vitrificada     | 200         | 5                 | 3                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP130178             | CMP130251            | Tubería de Arcilla Vitrificada     | 300         | 4                 | 3                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP130317             | CMP130251            | Polietileno                        | 200         | 5                 | 5                 | Atención Inmediata                 | Atención Inmediata                 | Tramo por rehabilitar |
| CMP130317             | CMP130251            | Tubería de Arcilla Vitrificada     | 200         | 5                 | 4                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Corto Plazo |                       |
| CMI79879              | CMP130362            | Tubería de Arcilla Vitrificada     | 200         | 5                 | 5                 | Atención Inmediata                 | Atención Inmediata                 | Tramo por rehabilitar |
| CMI79879              | CMP130362            | Tubería de Arcilla Vitrificada     | 200         | 5                 | 3                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP130234             | CMP130178            | Tubería de Arcilla Vitrificada     | 200         | 5                 | 5                 | Atención Inmediata                 | Atención Inmediata                 | Tramo por rehabilitar |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p><b>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.</b><br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p><b>CONSORCIO CS</b><br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|--|--|--|

| No. Pozo Aguas Arriba | No. Pozo Aguas Abajo | Material                       | Diámetro mm | Grado Estructural | Grado Operacional | Grado Estructural Diagnóstico      | Grado Mantenimiento Diagnóstico    | Observaciones         |
|-----------------------|----------------------|--------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| CMP130234             | CMP130178            | Tubería de Arcilla Vitrificada | 200         | 4                 | 5                 | Atención Inmediata                 | Atención Inmediata                 |                       |
| CMP130362             | CMP130317            | Polietileno                    | 200         | 1                 | 4                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por conservar   |
| CMP130346             | CMP130330            | Tubería de Arcilla Vitrificada | 200         | 4                 | 3                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP130330             | CMP130346            | Tubería de Arcilla Vitrificada | 200         | 5                 | 3                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP130330             | CMI79879             | Tubería de Arcilla Vitrificada | 200         | 4                 | 3                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP130330             | CMI79879             | Tubería de Arcilla Vitrificada | 200         | 4                 | 1                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Largo Plazo |                       |

Fuente: Elaboración propia

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDÍA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|---|--|---|

**Tabla 11. Resultados Inspección CCTV – Estación Retorno**

| No. Pozo Aguas Arriba    | No. Pozo Aguas Abajo | Material                           | Diámetro mm | Grado Estructural | Grado Operacional | Grado Estructural Diagnóstico | Grado Mantenimiento Diagnóstico    | Observaciones         |
|--------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| CMI80268                 | CMP13179 6           | tubería de Concreto (no-reforzado) | 200         | 5                 | 2                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Largo Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMI80268                 | CMP13179 6           | tubería de Concreto (no-reforzado) | 200         | 5                 | 3                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Corto Plazo |                       |
| CMP13179 6               | CMP13176 3           | tubería de Concreto (no-reforzado) | 200         | 4                 | 3                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP13176 3 - CMP 78819A  | CMP13175 0           | tubería de Concreto (no-reforzado) | 200         | 5                 | 4                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP13175 0A - CMP13175 0 | CMP13173 2           | Polietileno                        | 250         | 5                 | 1                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Largo Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMI80265                 | CMP13173 2           | tubería de Concreto (no-reforzado) | 200         | 5                 | 5                 | Atención Inmediata            | Atención Inmediata                 | Tramo por rehabilitar |
| CMI80265                 | CMP13173 2           | tubería de Concreto (no-reforzado) | 200         | 5                 | 1                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Largo Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP13179 6-1             | CMP13176 3-1         | Polietileno                        | 200         | 5                 | 1                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Largo Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP13176 3-1             | CMP13173 2           | Polietileno                        | 200         | 5                 | 1                 | Atención Inmediata            | Atención Programable a Largo Plazo | Tramo por rehabilitar |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|---|--|---|

| No. Pozo Aguas Arriba | No. Pozo Aguas Abajo | Material                           | Diámetro mm | Grado Estructural | Grado Operacional | Grado Estructural Diagnóstico      | Grado Mantenimiento Diagnóstico    | Observaciones         |
|-----------------------|----------------------|------------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| CMP13194-6-1          | CMP13194-6           | tubería de Concreto (no-reforzado) | 200         | 4                 | 1                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Largo Plazo | Tramo por rehabilitar |
| CMP13194-6            | CMP13191-6           | tubería de Concreto (no-reforzado) | 200         | 5                 | 3                 | Atención Inmediata                 | Atención Programable a Corto Plazo | Tramo por rehabilitar |
| PMP79084              | PMP78067             | Otro                               | 1000        | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |
| PMP78067              | PMP79319             | Otro                               | 1000        | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |
| PMP79319              | PMP78819             | Otro                               | 1000        | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |
| PMP78819              | PMP79737             | Otro                               | 1000        | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |
| PMP79737              | PMP79054             | Otro                               | 1000        | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |
| PMP79054-1            | PMP79054             | Otro                               | 1000        | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |
| PMP79054-1            | PMP78059             | Otro                               | 1000        | 1                 | 1                 | Atención Programable a Largo Plazo | Atención Programable a Largo Plazo | Tubería por conservar |

Fuente: Elaboración propia

## 6 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO

### 6.1 DESCRIPCIÓN INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO

#### 6.1.1 Estación Intermedia

La futura estación Intermedia del Cable de San Cristóbal proyectada entre las calles 41 sur y 40 A sur y entre carreras 3C Este y 3ª Este, de acuerdo con la inspección de redes, en el sector descrito se encuentran las siguientes tuberías de alcantarillado sanitario:

- Calle 41 sur. Se encuentra una tubería de PVC de 8" de diámetro, red que da continuidad al sistema de alcantarillado que proviene de la parte oriental del barrio La Victoria. Según el récord de obra No. 3820, el alcantarillado sanitario de la calle 41 sur fue rehabilitado en el año 2014 en tubería de PVC 8", lo cual es consistente con la información tomada en campo.
- Calle 40 A sur entre carreras 3C Este y 3ª Este. En los planos de catastro la red existente se localiza entre los pozos 79879 y 130251; tramo de longitud 110.83 m en tubería de gres de 8" de diámetro. Cabe anotar, que este tramo por la implantación de la estación se propone sacar de servicio.
- Calle 40 sur entre carreras 3C Este y 3ª Este. En la calle 40 sur se encuentra una red similar al tramo de la calle 40ª sur; tramo de longitud 110.87 m en tubería de gres de 8" de diámetro.
- Carrera 3C este entre calles 41 sur a 40 sur. Las redes encontradas por la carrera 3C, se encuentran en material de gres de 8"; alcantarillado con sentido de flujo hacia la calle 41 sur.
- Carrera 3A este entre calles 41 sur a 40 sur. El alcantarillado sanitario está conformado por dos tramos; entre los pozos 130178 – 130251 el tramo tiene una longitud de 50 m en tubería de gres de 8" y entre los pozos 130317 – 130251, el tramo tiene longitud de 50.83 m en tubería PVC de 8".

Aunque el proyecto no afecta estas redes, no obstante la inspección con circuito cerrado de televisión indica que estas redes se encuentran en Grado Estructural 5 y por ende, con el proyecto se propone la renovación de las redes de alcantarillado sanitario.

#### 6.1.2 Estación Retorno

El alcantarillado sanitario identificado en el área de la estación Altamira se encuentra constituido por las siguientes redes:

- Carrera 12 B Este entre calles 43A Sur y 42B Sur. Las redes se encuentran constituidas por materiales de PVC de diámetro 8".

- Calle 43ª sur entre carrera 12ª Este y 12 Este. Las redes se encuentran en concreto de diámetro 8”.
- Calle 42B sur entre carrera 12ª Este y 12 Este. Por esta calle existen dos redes en material PVC de diámetro 8” y 10”.

Aunque el proyecto no afecta estas redes, no obstante la inspección con circuito cerrado de televisión indica que estas redes se encuentran en Grado Estructural 5 y por ende, con el proyecto se propone la renovación de las redes de alcantarillado sanitario.

### 6.1.3 Pilonas

La construcción de las pilonas del sistema no afectará redes de alcantarillado sanitario y/o pluvial que existen a lo largo del trazado del cable; las pilonas se implantarán en predios que hoy son de particulares y/o de la ciudad y que serán adquiridos para la construcción del sistema del Cable.

## 6.2 NORMAS DE DISEÑO ALCANTARILLADO

El diseño de las redes de alcantarillado se desarrolló considerando entre otras, las normas que se citan de la EAAB-ESP:

- NS-029. Pozos de inspección.
- NS-035. Requerimientos para cimentación de tuberías.
- NS-047. Sumideros.
- NS-054. Presentación de diseños de sistemas de alcantarillado.
- NS-057. Cunetas y canaletas de drenaje superficial.
- NS-060. Criterios de diseño para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-068. Conexiones domiciliarias de alcantarillado.
- NS-085. Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado.
- NS-090. Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-123. Criterios para selección de materiales para redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-139. Criterios para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado.

## 6.3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y CRITERIOS DE SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS

### 6.3.1 Criterios Generales

La revisión de la capacidad hidráulica de las tuberías y cálculo hidráulico de las mismas se efectuó mediante la expresión de flujo uniforme o ecuación de Manning, la cual se expresa como:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

Q caudal en m<sup>3</sup>/s  
n, coeficiente de rugosidad  
S, pendiente del conducto.  
A, área de flujo

- Pendiente del Conducto: La pendiente de la tubería será la estimada en el levantamiento topográfico, verificando que los esfuerzos tractivos no sean menores a 0.12 Kg/m<sup>2</sup> para el caudal máximo para alcantarillado de aguas residuales y 0.3 Kg/m<sup>2</sup> en el caso del sistema pluvial; norma NS-085.
- Diámetro mínimo. Para sistemas sanitarios el diámetro nominal mínimo permitido es de 200 mm y para sistemas pluviales el diámetro nominal mínimo permitido es de 300 mm.
- Velocidad Mínima: La velocidad mínima debe ser aquella que permita condiciones de autolimpieza que de acuerdo la norma NS-085 de la EAAB indica que, para sistemas Sanitarios la velocidad mínima es aquella que garantice el valor de esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1.2 N/m<sup>2</sup> (0.12 Kg/m<sup>2</sup>) para el caudal máximo horario, en cuanto al sistema pluvial el parámetro mínimo de esfuerzo tractivo es de 0.3 Kg/m<sup>2</sup>.
- Velocidad Máxima: Según la norma vigente NS-085 de la E.A.B: Los valores máximos permisibles para la velocidad en los colectores y canales dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión. Para tuberías en concreto fundido la velocidad máxima permisible son 5 m/s, concreto prefabricado 6 m/s, PVC – PEAD 9 m/s y GRP 4 m/s.

Adicionalmente, el diseño de la tubería debe cumplir con los siguientes criterios:

- ✓ Capacidad a tubo lleno menor del 85%
- ✓ Velocidad real mayor a 0,45 m/s
- ✓ Fuerza Tractiva mayor a 0,15 Kg/m<sup>2</sup>
- ✓ Distancia entre pozos menores o iguales a 100 m.
- ✓ Recubrimiento mínimo de 1 m.
- ✓ Protección para la tubería con recubrimiento menores a 0,70 m.

### 6.3.2 Criterios de diseño alcantarillado sanitario

Como se indica en la norma NS-085 (sección 4.2.2.3), el caudal de diseño sanitario se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{DT} = Q_{MHf} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Donde,

- QDT: Caudal de diseño para cada tramo de la red (l/s)
- QMHf: Caudal máximo horario a saturación (l/s)
- QINF: Caudal por infiltraciones (l/s)
- QCE: Caudal por conexiones erradas (l/s)

Si el caudal de diseño del tramo es menor que 1.5 l/s, debe tomarse este valor como caudal de diseño.

- El caudal por infiltración, QINF, es función de la edad de la tubería, material de la tubería y tipos de juntas y profundidad del nivel freático. De acuerdo al Anexo A de la norma NS-085, la EAB dividió la ciudad en dos sectores, asignándoles un valor unitario de aporte por infiltración así:

Infiltración Alta: 0.20 l/s-Ha  
Infiltración Baja: 0.10 l/s-Ha

- El caudal de conexiones erradas, QCE, depende de varios factores que hacen su estimación muy compleja. Sin embargo, el aporte máximo de las conexiones erradas debe ser de hasta 0.2 l/s-Ha.
- Para el caudal máximo horario a saturación, QMHf, se tiene la siguiente ecuación:

$$Q_{MHf} = F \cdot Q_{MD}$$

Donde,

- QMHf: Caudal máximo horario a saturación (l/s)
- QMD: Caudal medio diario de aguas residuales (l/s)
- F: Factor de maximización (adimensional)

A su vez, el factor de maximización se calcula con la siguiente expresión:

$$F = 5.43Q_{MD}^{-0.174}$$

Si el factor de maximización obtenido es mayor a 3, se toma este último valor.

El caudal medio diario de aguas residuales, QMD, éste es el resultado de la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

$$Q_{MD} = Q_D + Q_i + Q_C + Q_{IN}$$

Donde,

- QMD: Caudal medio diario de aguas residuales (l/s)  
 QD: Caudal de aguas residuales domésticas (l/s)  
 Qi: Caudal de aguas residuales industriales (l/s)  
 QC: Caudal de aguas residuales comerciales (l/s)  
 QIN: Caudal de aguas residuales institucionales (l/s)

Caudal de aguas residuales domésticas, QD

Para el cálculo de este caudal se utiliza la proyección de la población en la zona objeto de diseño.

$$Q_D = \frac{C_R \cdot P \cdot D_{Neta\ Real}}{86400}$$

Donde,

- QD: Caudal de aguas residuales domésticas (l/s)  
 CR: Coeficiente de retorno (adimensional)  
 P: Población proyectada al periodo de diseño.

DNeta Real: Demanda neta real de agua potable proyectada por habitante (l/hab-día)  
 También se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{C_R \cdot P_S \cdot D_{Neta\ Facturada}}{(1 - p) \cdot 30}$$

Donde,

- PS: Número de suscriptores proyectados al periodo de diseño  
 DNeta Facturada: Demanda neta facturada de agua potable proyectada (m3/suscriptor-mes)  
 p: Porcentaje de pérdidas comerciales en la red de distribución de agua potable (decimal)

El coeficiente de retorno CR, para zonas residenciales se adoptó de 0.85

En el diagnóstico Socioeconómico elaborado por el Consorcio CS, informe técnico No. INF-DCC-CASC-118-21 de fecha octubre de 2021, se presentó el diagnóstico socioeconómico de localidad de San Cristóbal. En este informe se incluyó el análisis de población y densidad de habitantes en la UPZ (34) 20 de julio y UPZ (50) La Gloria, información que se presenta en la Tabla 12 Densidad de Población DANE 2020 – 2024.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor<br/>Colombia S.A.S. Supering</p> |
|---|--|---|

Con base en los análisis de población referidos, en el estudio se adopta una densidad de saturación de 260 Hab/Ha.

**Tabla 12 Densidad de Población DANE 2020 – 2024.**

| AÑO  | 20 de Julio/Población | 20 de Julio/Densidad | La Gloria/Población | La Gloria/Densidad |
|------|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 2020 | 79.921                | 311.82               | 95.420              | 250.6              |
| 2021 | 80.363                | 313.54               | 96.020              | 252.18             |
| 2022 | 80.655                | 314.68               | 96.400              | 253.18             |
| 2023 | 81.050                | 316.23               | 96.862              | 254.39             |
| 2024 | 81.433                | 317.72               | 97.310              | 255.57             |

Fuente: DANE. Proyecciones de población por unidades de planeamiento Zonal

### 6.3.3 Conexiones Domiciliarias

El diseño de las redes internas de aguas lluvias y residuales de cada estación se presenta en un Informe aparte; documento del cual se han extraído las memorias de cálculo de diseño de las conexiones de aguas residuales y lluvias que se presentan en el Anexo 4.3. Conexiones Domiciliarias de las estaciones Transferencia, Intermedia y Retorno.

## 6.4 ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

En el Tramo 1, sector comprendido entre las estaciones de Transferencia e Intermedia, se proyectan intervenir las redes de alcantarillado sanitario en los sectores que a continuación se describen.

### 6.4.1 Estación Intermedia, sector La Victoria

Las intervenciones en las redes de alcantarillado sanitario y pluvial se establecieron a partir de la información secundaria recopilada durante el estudio y las inspecciones de campo efectuadas para validar las características de las redes y determinar el estado estructural de la infraestructura del sistema de alcantarillado. La información secundaria que sirvió de soporte para desarrollar los diseños de las redes de alcantarillado sanitario se cita a continuación:

- Datos técnicos del proyecto suministrados por la EAAB-ESP.
- Contrato de Consultoría No. 1-02-34100-0100-2013 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, con objeto “Rehabilitación de redes locales de acueducto,

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDÍA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|---|--|---|

alcantarillado sanitario y pluvial del colector San Miguel y sus redes aferentes en la localidad San Cristóbal dentro del área de cobertura de la Zona 4 del acueducto de Bogotá”. En este contrato, se elaboraron incluyeron los diseños para la renovación de las redes locales de alcantarillado sanitario y pluvial del barrio La Victoria, Proyecto aprobado por DITG con el No. 8403.

- Récord de Obra No. 3820 de mayo de 2014, corresponde a la renovación de redes de alcantarillado sanitario y pluvial de la calle 41Sur y carrera 3ª Este entre calles 40ª sur y 41 sur.

La revisión de los documentos mencionados, la Inspección de redes de alcantarillado con CCTV elaborado por el Consorcio CS y los diseños del Proyecto de Cable de San Cristóbal, permitió identificar intervenciones en las redes de alcantarillado:

- Renovación de redes de alcantarillado sanitario. Mediante el Contrato de Consultoría No. 1-02-34100-0100-2013 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, la EAAB-ESP contrató la rehabilitación del alcantarillado sanitario y pluvial del barrio la Victoria. En el estudio, se incorporaron los diseños del alcantarillado sanitario suministrado por la EAAB-ESP, previa verificación de la capacidad hidráulica de las redes proyectadas y ajuste de las cotas de las tuberías para hacerlas compatibles con los datos del informe de inspección de redes elaborado por el Consorcio CS.
- Retirar de servicio la tubería de alcantarillado de 8” en gres, que existe por la calle 40A Sur, entre carrera 3C Este y 3ª Este. Esta tubería se debe sacar de servicio, para dar paso a la construcción de la Estación Intermedia.
- Renovar la tubería de alcantarillado sanitario de 8” PVC, de la calle 41 Sur, entre carrera 3C Este y 3ª Este: esta tubería en la inspección realizada mediante CCTV arrojó un resultado de Grado Estructural 5.
- Renovar la tubería de alcantarillado sanitario de 8” PVC, de la carrera 3A Este entre calle 40ª Sur y 41 Sur: la tubería presenta un Grado Estructural 5.
- Conexiones domiciliarias. Con la renovación de las redes de alcantarillado, se deberán actualizar las conexiones domiciliarias de las viviendas conectadas a estas redes y por otra parte, instalar las dos conexiones domiciliarias proyectadas para esta estación: Una primera conexión con capacidad de 6.0 l/seg hacia la calle 41 sur y una segunda conexión con igual capacidad hacia la carrera 3ª Este.

En la Tabla 13. *Tramos de Alcantarillado sanitario proyectado – Estación Intermedia* se presentan los tramos a renovar en el sector de la Victoria.

**Tabla 13. Tramos de Alcantarillado sanitario proyectado – Estación Intermedia**

| INFORMACIÓN TRAMOS A RENOVAR |           |         |                    |            |         |          |               |               |       |              |
|------------------------------|-----------|---------|--------------------|------------|---------|----------|---------------|---------------|-------|--------------|
| POZO                         |           | SUBTIPO | LONGITUD TRAMO (m) | COTA CLAVE |         | PEND (%) | SECCION TRAMO | RECUBRIMIENTO |       | DIAMETRO (") |
| INICIAL                      | FINAL     |         |                    | INICIAL    | FINAL   |          |               | INICIAL       | FINAL |              |
| 130362                       | 130317A   |         | 39,63              | 2738,53    | 2735,04 | 9,50     | CIRC          | 1,82          | 2,85  | 8            |
| 130317A                      | 130317    |         | 70,36              | 2734,93    | 2729,30 | 8,80     | CIRC          | 2,96          | 1,51  | 8            |
| VICS-141                     | 79879     |         | 55,38              | 2743,50    | 2739,62 | 7,00     | CIRC          | 2,20          | 1,92  | 8            |
| 79879                        | 130362    |         | 49,85              | 2739,62    | 2738,73 | 1,79     | CIRC          | 1,92          | 1,62  | 8            |
| 79879                        | 130234    |         | 51,12              | 2740,08    | 2738,88 | 2,34     | CIRC          | 1,46          | 1,41  | 8            |
| 130234                       | VICS-130A |         | 54,91              | 2737,63    | 2732,69 | 9,00     | CIRC          | 2,66          | 1,97  | 10           |
| VICS-130A                    | 130178    |         | 55,40              | 2732,67    | 2727,41 | 9,50     | CIRC          | 1,99          | 1,78  | 10           |
| 130178                       | VICS-132  |         | 48,08              | 2727,21    | 2725,48 | 3,60     | CIRC          | 1,98          | 2,02  | 10           |
| 130317                       | 130251    |         | 50,83              | 2729,44    | 2727,32 | 4,18     | CIRC          | 1,37          | 1,64  | 8            |
| 130178                       | 130251    |         | 50,10              | 2727,89    | 2727,16 | 1,46     | CIRC          | 1,30          | 1,80  | 8            |
| PVA-01                       | PVA-02    |         | 6,14               | 2728,85    | 2728,73 | 2,00     | CIRC          | 1,86          | 1,82  | 8            |
| PVA-02                       | 130251    |         | 11,23              | 2728,05    | 2727,37 | 6,00     | CIRC          | 1,46          | 1,41  | 8            |
|                              |           |         |                    |            |         |          |               |               |       |              |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

#### 6.4.2 Estación Retorno, sector Altamira

En el tramo 2, las intervenciones en las redes de alcantarillado sanitario se proyectaron de acuerdo con la información suministrada por la la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en el memorando interno 3431003-2021-0316 de agosto 31 de 2020 y el informe de inspección de redes de alcantarillado elaborado por el Consorcio CS.

- La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en el memorando interno 3431003-2021-0316 de agosto 31 de 2020, informó: “*Para el caso de Altamira, la Empresa ya ejecutó la rehabilitación de las redes de dicho sector*”.
- Informe de Inspección de redes de Alcantarillado elaborado por el Consorcio CS, en el cual se presenta el diagnóstico Estructural de las redes de alcantarillado del sector de la Estación Retorno, en el barrio Altamira.

La revisión de los documentos mencionados, la Inspección de redes de alcantarillado con CCTV elaborado por el Consorcio CS y los diseños del Proyecto de Cable de San Cristóbal, permitió identificar intervenciones en las redes de alcantarillado localizadas en las siguientes vías:

- Carrera 12B Este entre calles 42B sur y 43ª Sur: Renovación tubería de alcantarillado de Conc. 8” a PVC 8”. La rehabilitación de la tubería se debe hacer, porque en el informe de inspección con CCTV, la tubería presenta un Grado Estructural de 5.
- Carrera 12A Este entre calles 42B sur y 43ª Sur: Renovación tubería de alcantarillado de Conc. 8” a PVC 8”. La rehabilitación de la tubería se debe hacer, porque en el informe de inspección con CCTV, la tubería presenta un Grado Estructural de 5.
- Calle 42B sur entre carrera 12B Este a 12ª Este: En este tramo vial se encuentran dos redes de alcantarillado sanitario; una se localiza en calzada en tubería de PVC 10” y la segunda en el andén del costado sur en tubería de PVC 8”. En la inspección con CCTV se obtuvo Grado Estructural de 5 para los dos tramos, por lo tanto, se proyecta rehabilitar las redes en PVC 10” y 8” respectivamente.
- Calle 43A Sur entre carrera 12B Este a 12ª Este: Renovación tubería de alcantarillado de Conc. 8” a PVC 8”. La rehabilitación de la tubería se debe hacer, porque en el informe de inspección con CCTV, la tubería presenta un Grado Estructural 5.
- Conexiones domiciliarias. Con la renovación de las redes de alcantarillado, se deberán actualizar las conexiones domiciliarias de las viviendas conectadas a estas redes y por otra parte, instalar las dos conexiones domiciliarias proyectada hacia la carrera 12ª Este, con capacidad de 6.0 l/seg para cada salida.

En la Tabla 14. Tramos de Alcantarillado sanitario proyectado – Estación Retorno se presentan los tramos a renovar en el sector de Altamira.

**Tabla 14. Tramos de Alcantarillado sanitario proyectado – Estación Retorno**

| INFORMACIÓN TRAMO |         |         |                       |            |         |          |                  |               |       |              |
|-------------------|---------|---------|-----------------------|------------|---------|----------|------------------|---------------|-------|--------------|
| POZO              |         | SUBTIPO | LONGITUD TRAMO<br>(m) | COTA CLAVE |         | PEND (%) | SECCION<br>TRAMO | RECUBRIMIENTO |       | DIAMETRO (") |
| INICIAL           | FINAL   |         |                       | INICIAL    | FINAL   |          |                  | INICIAL       | FINAL |              |
| 131946            | 131946A |         | 7,41                  | 2877,38    | 2876,64 | 10,00    | CIRC             | 2,66          | 2,73  | 8            |
| 131946A           | 131916  |         | 51,05                 | 2876,61    | 2871,10 | 10,80    | CIRC             | 2,76          | 2,51  | 8            |
| 80268             | 131796  |         | 58,81                 | 2877,10    | 2873,28 | 6,50     | CIRC             | 2,67          | 2,98  | 8            |
| 131796            | 131732  |         | 62,58                 | 2873,09    | 2866,22 | 10,98    | CIRC             | 3,17          | 2,16  | 8            |
| 78819A            | 131750A |         | 30,30                 | 2873,30    | 2870,79 | 8,30     | CIRC             | 2,98          | 2,13  | 10           |
| 131750A           | 131732  |         | 30,16                 | 2870,29    | 2866,12 | 13,81    | CIRC             | 2,63          | 2,26  | 10           |
| 131732A           | 131732  |         | 41,14                 | 2867,75    | 2866,01 | 4,23     | CIRC             | 2,08          | 2,37  | 8            |
| 80265             | 80265A  |         | 11,92                 | 2871,16    | 2870,44 | 6,00     | CIRC             | 2,45          | 2,21  | 8            |
| 80265A            | 131732B |         | 43,78                 | 2870,35    | 2867,07 | 7,50     | CIRC             | 2,30          | 1,84  | 8            |
| PZ-V1             | 80265A  |         | 6,74                  | 2871,32    | 2871,19 | 2,00     | CIRC             | 1,08          | 1,46  | 8            |
| PZ-V2             | 131732B |         | 6,78                  | 2867,35    | 2867,21 | 2,00     | CIRC             | 1,75          | 1,70  | 8            |

## 7 DISEÑO ALCANTARILLADO PLUVIAL Y DRENAJE

### 7.1 DESCRIPCIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO Y AFECTACIÓN POR LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

#### 7.1.1 Estación de Transferencia.

La implantación de la Estación de Transferencia y pylon 1 del Cable afectan una red interna de alcantarillado combinado (D.22") del Patio Portal de Transmilenio del 20 julio. La solución planteada en el estudio es trasladar esta red al sur de su localización actual, en una longitud aproximada de 100 m, en tubería PVC de 24" de diámetro.

#### 7.1.2 Estación Intermedia

En la zona de la estación Intermedia del Cable de San Cristóbal, proyectada entre las calles 41 sur y 40 A sur y entre carreras 3C Este y 3ª Este, se localizan las siguientes tuberías de alcantarillado pluvial:

- Carrera 3C Este entre calles 40 Sur a 41 sur. Entre las calles referidas se localiza un colector del alcantarillado pluvial en tubería de concreto de 36" de diámetro; el alcantarillado drena en sentido norte – sur, hacia el colector pluvial de diámetro 1.40 m localizado por la calle 41ª sur.
- Carrera 3A Este entre calles 40 Sur a 40A sur, se encuentra una tubería de concreto de 12", red que toma hacia el occidente por la calle 40ª sur.
- Calle 41 Sur entre carrera 3C Este a 3ª. Existe una red en PVC de diámetro 12".

Con el proyecto del cable no se afectan las redes de alcantarillado pluvial, no obstante con el proyecto se propone la renovación de las redes de alcantarillado pluvial que según el informe de inspección de redes de alcantarillado con circuito cerrado de televisión arrojaron Grado Estructural 5.

#### 7.1.3 Estación Retorno

El alcantarillado pluvial identificado en el área de la estación Altamira se encuentra constituido por las siguientes redes:

- Carrera 12 B Este entre calles 43A Sur y 42B Sur, se encuentra un colector en tubería PVC de diámetro 1.0 m. A la altura de la calle 42B sur, el colector continúa por esta calle hacia el oriente en tubería PVC de diámetro 1.20 m.
- Adicional a este colector, en la calle 43ª sur entre carrera 12ª Este y 12 Este se encuentra una tubería PVC de 12" de diámetro.

Con el proyecto del cable no se afectan las redes de alcantarillado pluvial, no obstante con el proyecto se propone la renovación de las redes de alcantarillado pluvial que según el informe de inspección de redes de alcantarillado con circuito cerrado de televisión arrojaron Grado Estructural 5.

#### 7.1.4 Pilonas

La construcción de las pilonas del sistema no afecta redes de alcantarillado sanitario y/o pluvial que existen a lo largo del trazado del cable; las pilonas se implantarán en predios que hoy son de particulares y/o de la ciudad y que serán adquiridos para la construcción del sistema del Cable.

### 7.2 NORMAS DE DISEÑO ALCANTARILLADO

El diseño de las redes de alcantarillado se desarrolló considerando entre otras, las siguientes normas de la EAAB-ESP:

- NS-029. Pozos de inspección.
- NS-035. Requerimientos para cimentación de tuberías.
- NS-047. Sumideros.
- NS-054. Presentación de diseños de sistemas de alcantarillado.
- NS-057. Cunetas y canaletas de drenaje superficial.
- NS-060. Criterios de diseño para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-068. Conexiones domiciliarias de alcantarillado.
- NS-085. Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado.
- NS-090. Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-123. Criterios para selección de materiales para redes de acueducto y alcantarillado.
- NS-139. Criterios para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado.

### 7.3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y CRITERIOS SEGUIDOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS

#### 7.3.1 Criterios de diseño alcantarillado pluvial

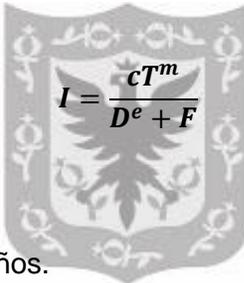
Los caudales de diseño del alcantarillado pluvial se calcularon con el método racional, el cual involucra las variables del área de drenaje, intensidad de la lluvia de diseño y coeficiente de escorrentía. El método racional es aplicable a proyectos donde el área de drenaje sea inferior a 100 ha y está dado por la siguiente expresión:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Donde:

- Q caudal en m<sup>3</sup>/s
- C, coeficiente de escorrentía
- I, Intensidad del aguacero de diseño
- A, área tributaria de la estructura de drenaje
- Intensidad del aguacero de diseño.

De acuerdo con los datos técnicos, para el dimensionamiento hidráulico de las redes pluviales y para el dimensionamiento de sumideros se tendrá en cuenta la intensidad calculada mediante las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) dada por la siguiente expresión:



$$I = \frac{cT^m}{D^e + F}$$

Donde:

- I= Intensidad en mm/hora.
- T = Período de retorno en años.
- D = Duración de tormenta en minutos.

El Consorcio CS con el comunicado OF-RHS-CASC-137-21 de abril 14 de 2021, solicitó a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá la complementación de los datos técnicos suministrados, y solicitó las curvas I-D-F de los nodos relacionados en la Tabla 15. Nodos Curvas Intensidad – Duración - Frecuencia

**Tabla 15. Nodos Curvas Intensidad – Duración - Frecuencia**

| LOCALIZACIÓN      | COORDENADAS (*) |       | LOCALIZACIÓN | COORDENADAS (*) |       |
|-------------------|-----------------|-------|--------------|-----------------|-------|
|                   | ESTE            | NORTE |              | ESTE            | NORTE |
| Est. 20 de Julio  | 97750           | 96550 | Pilas        | 97900           | 96000 |
| Est. La Victoria  | 98180           | 95000 | Pilas        | 98000           | 95500 |
| Est. Altamira 1   | 99180           | 94280 | Pilas        | 98600           | 94700 |
| Est. Altamira 3   | 99600           | 94400 | Pilas        | 99000           | 94400 |
| Est. Juan Rey - 2 | 98500           | 92400 | Pilas        | 98400           | 93600 |

Fuente: Elaboración propia.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá con el oficio 3050001-S-2021-107678 de abril 16 de 2021, suministró las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de los nodos requeridos. En la Tabla 16. Curvas Intensidad – Duración - frecuencia se presenta los coeficientes de las curvas I-D-F.

**Tabla 16. Curvas Intensidad – Duración - frecuencia**

|                | 1. Est. 20 de Julio | 2. Est. La Victoria | 3. Est. Altamira 1 | 4. Est. Altamira 2 | 5. Est. Juan Rey - 2 |
|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Coeficiente c: | 2426.1202           | 2876.7048           | 3126.4441          | 3022.3104          | 4201.8378            |
| Coeficiente e: | 1.0215              | 1.0521              | 1.0673             | 1.0560             | 1.1490               |
| Coeficiente f: | 31.9001             | 41.8278             | 46.0629            | 43.8012            | 68.4975              |
| Coeficiente m: | 0.1885              | 0.1999              | 0.2042             | 0.2041             | 0.2220               |
|                | 6. Pilas            | 7. Pilas            | 8. Pilas           | 9. Pilas           | 10. Pilas            |
| Coeficiente c: | 2550.1179           | 2699.7940           | 3142.3584          | 3126.4441          | 3642.8546            |
| Coeficiente e: | 1.0296              | 1.0397              | 1.0706             | 1.0673             | 1.1077               |
| Coeficiente f: | 34.7090             | 38.0146             | 46.7820            | 46.0629            | 57.1602              |
| Coeficiente m: | 0.1919              | 0.1958              | 0.2043             | 0.2042             | 0.2137               |

Fuente: Oficio 3050001-S-2021-107678 EAAB-ESP.

- Coeficiente de escorrentía (C).

Los coeficientes de escorrentía utilizados en los cálculos son los recomendados por la EAAB en la norma NS-085, los cuales se presentan en la Tabla 17. Coeficiente de Escorrentía.

**Tabla 17. Coeficiente de Escorrentía**

| Tipo de superficie  |      |
|---|------|
| <b>Zonas urbanas (áreas residenciales, comerciales, industriales, vías, andenes, etc)</b> | C    |
| Cubiertas   | 0.85 |
| Superficies en asfalto  | 0.80 |
| Superficies en concreto   | 0.85 |
| Superficies Adoquinadas   | 0.75 |
| Vías no pavimentadas y superficies con suelos compactados                                 | 0.60 |
| <b>Zonas Verdes (Jardines, parques, etc)</b>  |      |
| Terreno plano (Pendiente menor a 2%)  | 0.25 |

| <b>Tipo de superficie</b>   |      |
|---|------|
| <b>Zonas urbanas (áreas residenciales, comerciales, industriales, vías, andenes, etc)</b> | C    |
| Terreno promedio (Pendiente entre el 2% y 7%)   | 0.35 |
| Terreno de alta pendiente (Pendiente superior al 7%)                                      | 0.40 |

Fuente: EAAB-ESP, Norma NS-085.

- Áreas de drenaje

Las áreas de drenaje del sistema de alcantarillado se delimitaron con base en la información tomada en el levantamiento topográfico del proyecto, los diseños elaborados y la localización de la infraestructura del sistema de alcantarillado.

### 7.3.2 Pozos de inspección

Los criterios de diseño de los pozos de inspección se tomaron de la norma NS-029 de la EAAB-ESP. Para tuberías con diámetros iguales o inferiores a 0.90 m (36") se emplea el pozo de mampostería con diámetro interno de 1.20 m descrito en la norma NS-029. Cuando el diámetro de la tubería de salida es mayor de 36", se debe emplear una estructura de conexión en concreto reforzado o GRP.

### 7.3.3 Cárcamos de protección

Las protecciones de las tuberías de alcantarillado por afectación del proyecto se proponen siguiendo los parámetros de diseño de la norma NS-090. Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado.

### 7.3.4 Diseño sumideros

La norma NS-047. Sumideros, presenta los parámetros y criterios de diseño de los sumideros.

#### Diseño Sumideros en pendiente:

- Cálculo de ancho de inundación de la vía

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$T = \left[ \frac{Q \cdot n}{K_U S_X^{1.67} S_L^{0.5}} \right]^{0.375}$$

Donde,

T: Ancho de inundación de la vía (m)

$K_u$ : 0.376 (sistema métrico)

$n$ : Coeficiente de Manning, pavimento: 0.016

$Q$ : Caudal total de escorrentía ( $m^3/s$ )

$S_x$ : Pendiente transversal de la vía (m/m)

$S_L$ : Pendiente longitudinal de la vía (m/m)

- Cálculo de la profundidad del agua junto al andén

Se obtiene mediante la siguiente expresión:


$$y = T \cdot S_x$$

Donde,

$y$ : Profundidad de lámina de agua (m)

$T$ : Ancho de inundación de la vía (m)

$S_x$ : Pendiente transversal de la vía (m/m)

Si el ancho de inundación,  $T$ , es mayor al ancho de inundación permisible y la profundidad de la lámina de agua,  $y$ , es mayor a la altura del sardinel, se debe disminuir la distancia entre sumideros para que estos parámetros se cumplan.

- Cálculo del caudal interceptado por la rejilla

El caudal interceptado por la rejilla,  $Q_1$ , se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Q_1 = E \cdot Q$$

Siendo,

$E$ : Eficiencia de la rejilla

$Q$ : Caudal transportado por la vía

La eficiencia de la rejilla,  $E$ , se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$E = A \left( \frac{Q}{y} \right)^{-B}$$

Donde,

Q: Caudal transportado por la vía (m<sup>3</sup>/s)

y: Altura de flujo (m)

A y B: Parámetros de aproximación

Esta ecuación solo es válida cuando el ancho de media calzada es de 3 m, para anchos diferentes se puede consultar sus respectivas fórmulas en la tabla 2 del numeral 6.2 de la norma NS-047.

Para determinar los parámetros A y B se tienen las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{0.39}{A_g^{-0.35} \cdot p^{-0.13}} \cdot (n_t + 1)^{0.01} \cdot (n_l + 1)^{0.11} \cdot (n_d + 1)^{0.03}$$

$$B = 0.36 \cdot \frac{L}{W}$$

Donde,

L: Longitud de la rejilla (m)

W: Ancho de la rejilla (m)

A<sub>g</sub>: Área que engloba a todos los huecos (m<sup>2</sup>)

p:  $\left( \frac{\text{Área}_{\text{huecos}}}{A_{\text{total}}} \right) \cdot 100$  (%)

n<sub>t</sub>: Número de barras transversales

n<sub>l</sub>: Número de barras longitudinales

n<sub>d</sub>: Número de barras diagonales

- Cálculo del caudal captado por la apertura lateral

El caudal captado por la apertura lateral,  $Q_2$ , se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q_2 = E_C \cdot Q$$

Donde,

$E_C$ : Eficiencia de captación de la apertura lateral

$Q$ : Caudal transportado por la vía ( $m^3/s$ )

La eficiencia de captación de la apertura lateral,  $E_C$ , se determina mediante la siguiente expresión:

$$E_C = 1 - \left[ 1 - \frac{0.85}{L_T} \right]^{1.8}$$

Siendo,

0.85: Longitud de apertura lateral real de acceso para el sumidero típico contemplado en la norma NS-047

$L_T$ : Longitud de la apertura para captar el 100% del flujo en la vía.

A su vez, la longitud de la apertura para captar la totalidad del flujo en la vía,  $L_T$ , se estima mediante la siguiente fórmula:

$$L_T = K_U \cdot Q^{0.42} \cdot S_L^{0.3} \cdot \left( \frac{1}{n S_E} \right)^{0.6}$$

Donde,

$K_U$ : 0.817 (sistema métrico)

$S_E$ : Pendiente transversal equivalente de la vía ( $m^3/s$ )

$S_L$ : Pendiente longitudinal de la vía (m/m)

$n$ : Coeficiente de Manning según superficie de la vía

Caudal total interceptado

El caudal total interceptado,  $Q_{TI}$ , es la suma de los caudales captados por la rejilla,  $Q_1$ , y la apertura lateral,  $Q_2$ , como se muestra a continuación:

$$\text{Si } Q_1 + Q_2 \leq Q \quad Q_{TI} = Q_1 + Q_2$$

$$\text{Si } Q_1 + Q_2 \geq Q \quad Q_{TI} = Q$$

Caudal total no captado

El caudal no captado,  $Q_{NC}$ , por el sumidero se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Si } Q \geq Q_{TC} \quad Q_{NC} = Q - Q_{TC}$$

$$\text{Si } Q \leq Q_{TC} \quad Q_{NC} = 0$$

El caudal no captado debe sumarse al caudal tributario del siguiente sumidero para llevar a cabo el cálculo de la capacidad del sumidero.

**Diseño de sumideros en batea:**

- Diseño de sumideros en batea
- Cálculo de ancho de inundación de la vía

El ancho de inundación de la vía,  $T$ , se calcula con la ecuación 11.

- Cálculo de la profundidad del agua junto al andén

El cálculo de la profundidad del agua junto al andén,  $y$ , se obtiene mediante la ecuación 12.

- Cálculo del caudal interceptado por la rejilla

El caudal interceptado por la rejilla,  $Q_1$ , se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Q_1 = C_w \cdot P \cdot y^{1.5}$$

Siendo,

P: Perímetro de la rejilla descartando el lado junto al sardinel del andén

$C_w$ : 1.66 coeficiente de descarga

- Cálculo del caudal captado por la apertura lateral

El caudal captado por la apertura lateral,  $Q_2$ , se obtiene de la expresión:

$$Q_2 = C_W(L_A + 1.8T)y^{1.5}$$

Donde,

$C_W$ : 1.66 coeficiente de descarga

$L_A$ : Longitud de la apertura

El caudal total interceptado,  $Q_{TI}$ , y el caudal no captado,  $Q_{NC}$ , se calculan con las expresiones descritas anteriormente.

## 7.4 ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS EN REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

En el proyecto se identificaron interferencias en las redes de alcantarillado localizadas en el tramo 1, sector comprendido entre las Estaciones de Transferencia e Intermedia en los sectores que se describen a continuación.

### 7.4.1 Estación de Transferencia

Las intervenciones en las redes de alcantarillado del portal de Transmilenio del 20 de Julio obedecen a interferencias del proyecto con las redes de alcantarillado combinado del portal.

La Estación de Transferencia del proyecto Cable, interfiere con una tubería de 24" de diámetro, la pila 1 afecta un sumidero del portal y la rampa de descenso del puente peatonal interfiere con un sumidero.

En los planos de diseño de la estación de Transferencia, se presentan las soluciones adoptadas, las cuales consistieron en relocalizar la infraestructura afectada; el tramo PZ6 a PMP117577 que interfiere con la estación y pila 1, se relocaliza hacia el sur de su ubicación actual en tubería PVC diámetro 24" y los sumideros afectados, se reubican con las mismas características de los existentes.

En la Tabla 18. Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Transferencia se presentan los tramos a renovar en el patio Portal del 20 de Julio.

**Tabla 18. Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Transferencia**

| INFORMACIÓN TRAMOS |        |         |                    |            |         |          |               |               |       |              |
|--------------------|--------|---------|--------------------|------------|---------|----------|---------------|---------------|-------|--------------|
| POZO               |        | SUBTIPO | LONGITUD TRAMO (m) | COTA CLAVE |         | PEND (%) | SECCION TRAMO | RECUBRIMIENTO |       | DIAMETRO (") |
| INICIAL            | FINAL  |         |                    | INICIAL    | FINAL   |          |               | INICIAL       | FINAL |              |
| PZ6                | PZ4    |         | 38,74              | 2611,90    | 2611,13 | 2,00     | CIRC          | 2,28          | 1,97  | 24           |
| PZ4                | PZ11-6 |         | 54,97              | 2611,13    | 2610,03 | 2,00     | CIRC          | 1,97          | 1,34  | 24           |
| PZ11-6             | PZ7    |         | 7,60               | 2610,03    | 2609,95 | 1,00     | CIRC          | 1,34          | 1,42  | 24           |
| PZ7                | 117577 |         | 29,84              | 2609,95    | 2609,65 | 1,00     | CIRC          | 1,42          | 1,87  | 24           |
| PZ8                | PZ7    |         | 6,02               | 2610,04    | 2609,97 | 1,10     | CIRC          | 1,33          | 1,40  | 10           |
| PZ9                | PZ10   |         | 21,39              | 2611,12    | 2610,86 | 1,20     | CIRC          | 1,00          | 0,86  | 10           |
| PZ10               | 117576 |         | 8,20               | 2610,82    | 2610,74 | 1,00     | CIRC          | 0,90          | 0,54  | 10           |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

#### 7.4.2 Estación Intermedia La Victoria

Las intervenciones en las redes de alcantarillado sanitario y pluvial se establecieron a partir de la información secundaria recopilada durante el estudio y las inspecciones de campo efectuadas para validar las características de las redes y determinar el estado estructural de la infraestructura del sistema de alcantarillado. La información secundaria que sirvió de soporte para desarrollar los diseños de las redes de alcantarillado pluvial se cita a continuación:

- Datos técnicos del proyecto suministrados por la EAAB-ESP.
- Contrato de Consultoría No. 1-02-34100-0100-2013 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, con objeto “Rehabilitación de redes locales de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial del colector San Miguel y sus redes aferentes en la localidad San Cristóbal dentro del área de cobertura de la Zona 4 del acueducto de Bogotá”. En este contrato, se elaboraron incluyeron los diseños para la renovación de las redes locales de alcantarillado sanitario y pluvial del barrio La Victoria, Proyecto aprobado por DITG con el No. 8403.
- Récord de Obra No. 3820 de mayo de 2014, corresponde a la renovación de redes de alcantarillado sanitario y pluvial de la calle 41 Sur y carrera 3ª Este entre calles 40ª sur y 41 sur.

De acuerdo con la información suministrada por la EAAB-ESP, del Contrato de Consultoría No. 1-02-34100-0100-2013 de la EAAB-ESP se incorporan al Proyecto de Cable la renovación del alcantarillado pluvial del segmento vial localizado por la calle 40ª Sur entre carrera 3ª Este y 3 Este; tramo a renovar a PVC 14”. En el informe de inspección de redes se evidencia que la tubería existente es gres de 12”, la tubería se debe renovar a PVC 14”.

Por otra parte, de acuerdo con el informe de inspección de redes elaborado por el Consorcio CS, en el cual se presenta el resultado de la inspección de redes de alcantarillado mediante CCTV, se debe intervenir las redes de alcantarillado pluvial en los siguientes sectores:

- Renovar la tubería de alcantarillado pluvial de concreto D. 36”, de la carrera 3C Este entre calles 40 Sur a 41: la tubería presenta un Grado Estructural 5.
- Renovar la tubería de alcantarillado pluvial de gres 12”, de la carrera 3A Este entre calles 40 Sur a 40A Sur: la tubería presenta un Grado Estructural 5.

Las intervenciones del alcantarillado pluvial en el sector de la estación se complementan con la instalación de una manija en la calle 41 Sur, para conectar los sumideros proyectados al sistema de alcantarillado.

En la Tabla 19. Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Intermedia **Tabla 18. Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Transferenciase** presentan los tramos a renovar en el sector de la Victoria.

**Tabla 19. Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Intermedia**

| INFORMACIÓN TRAMOS |         |         |                    |            |         |          |               |               |       |              |
|--------------------|---------|---------|--------------------|------------|---------|----------|---------------|---------------|-------|--------------|
| POZO               |         | SUBTIPO | LONGITUD TRAMO (m) | COTA CLAVE |         | PEND (%) | SECCION TRAMO | RECUBRIMIENTO |       | DIAMETRO (") |
| INICIAL            | FINAL   |         |                    | INICIAL    | FINAL   |          |               | INICIAL       | FINAL |              |
| PV-01              | PV-02   |         | 10,09              | 2735,40    | 2735,25 | 1,50     | CIRC          | 1,00          | 2,29  | 12           |
| PV-02              | 125889  |         | 14,58              | 2735,25    | 2735,03 | 1,50     | CIRC          | 2,29          | 1,37  | 12           |
| 125889             | 125890  |         | 53,53              | 2734,05    | 2729,77 | 8,00     | CIRC          | 2,35          | 0,94  | 12           |
| 78120              | 77975   |         | 50,07              | 2739,41    | 2738,86 | 1,10     | CIRC          | 0,98          | 2,77  | 36           |
| 77975              | 77724   |         | 50,46              | 2738,83    | 2738,37 | 0,91     | CIRC          | 2,80          | 2,26  | 36           |
| 78745              | 77970   |         | 51,41              | 2728,17    | 2727,15 | 2,00     | CIRC          | 1,14          | 1,90  | 12           |
| 77970              | VCP-163 |         | 75,95              | 2726,46    | 2721,60 | 6,40     | CIRC          | 2,59          | 0,97  | 12           |
| PV-03              | 78745   |         | 65,15              | 2733,80    | 2727,94 | 9,00     | CIRC          | 1,20          | 1,37  | 12           |
| PV-05              | PV-06   |         | 28,52              | 2748,40    | 2746,97 | 5,00     | CIRC          | 1,40          | 1,13  | 12           |
| PV-06              | 79268   |         | 9,80               | 2746,97    | 2746,58 | 4,00     | CIRC          | 1,13          | 1,16  | 12           |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDÍA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Supering<br/>Colombia S.A.S.</p> |
|---|--|---|

#### 7.4.2.1 Sumideros.

Debido a las características que presentan las vías a intervenir, al igual que los andenes en la zona de estudio, de la norma NS-047. Sumideros se seleccionaron los sumideros “DE REJILLA CAJA DOBLE EN LA VÍA”; estos sumideros se construyen en vía con doble caja, la primera caja va alojada la rejilla y en la segunda caja la tapa de acceso para mantenimiento de los sumideros.

En el Anexo 4.2, se presenta el cálculo de los sumideros y tuberías de conexión de estos al sistema de alcantarillado.

#### 7.4.3 Pilonas tramo 1

Las pilonas se proyectaron en áreas de espacio público y/o predios privados que serán adquiridos por el IDU para la construcción de las obras del Cable, lo cual incluye la cimentación de la pylona, mejoramiento del espacio público con andenes más amplios y obras para el manejo de la escorrentía superficial de estas áreas.

En el tramo 1 se localizan once (11) pilonas del trazado del Cable; la pylona 1 y 2 se ubican en el Patio Portal de Transmilenio del 20 de Julio, las pilonas 3 a 10 en zonas de espacio público y predios privados y la pylona 11 en la zona donde se proyecta la estación Intermedia en el barrio La Victoria.

Como complemento al diseño global del Cable de San Cristóbal se presenta este estudio del diseño de drenaje superficial de las pilonas que hacen parte del proyecto.

El drenaje superficial se realiza teniendo en cuenta los lineamientos de la Norma de NS-085 Criterios de diseño sistemas de alcantarillado y NS-047 Sumideros de la EAAB.

El diseño del drenaje superficial se adelantó teniendo en cuenta parámetros como:

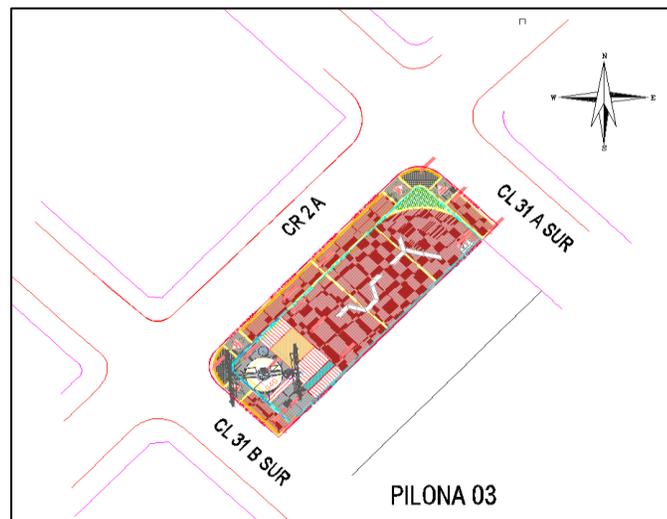
- Áreas de drenaje: Se verificó la definición y asignación de las áreas que llegaran a las estructuras de captación. Las obras de manejo de la escorrentía superficial se diseñan para un período de retorno de 10 años.
- Tipo de estructura de captación: El diseño plantea implementar cunetas tipo IDU A-120 y canales prefabricados para conducción del flujo superficial hasta una estructura de captación y efectuar la entrega al sistema de alcantarillado pluvial o calzada; lo anterior depende de la infraestructura que exista de alcantarillado en la zona de interés.
- Localización de las estructuras de captación: Se verificó la correcta localización de las estructuras, ya sea en pendiente o en punto bajo; Las estructuras propuestas se encuentran avaladas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y el Instituto de desarrollo Urbano IDU.

#### 7.4.3.1 Pilona 3

La pilona 3 se localiza en la con carrera 2ª con calle 31B sur, la infraestructura que existe de alcantarillado pluvial se localiza por la carrera 2ª (tubería PVC 27”), calle 31B sur (tubería PVC 12”), además de una red en PVC 12” por la calle 31ª sur.

En la Figura 2. Urbanismo Pilona 3, se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona.

**Figura 2. Urbanismo Pilona 3**



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20. Áreas drenaje Pilona 3 se presenta el área de drenaje del área a intervenir en la pilona.

**Tabla 20. Áreas drenaje Pilona 3**

| <b>PILONA 3</b>        |            |
|------------------------|------------|
| <b>CUADRO DE AREAS</b> |            |
| AREA No                | Valor (Ha) |
| 1                      | 0,024      |

Los caudales de las áreas aferentes a la Pilona 3 fueron calculados con el método racional: el coeficiente de escorrentía se tomó de la tabla No. 10, de acuerdo con el acabado de la superficie del espacio público y la intensidad se estimó para un Tr= 10 años según la ecuación:

$$I = \frac{cT^m}{D^e + F}$$

Donde:

I= Intensidad en mm/hora.

T = Período de retorno de 10 años.

D = Duración de tormenta en minutos. = 15 min

|   |           |
|---|-----------|
| c | 2550,1179 |
| e | 1,0296    |
| f | 34,709    |
| m | 0,1919    |

$$I = \frac{2550.1179 \times 100^{0.1919}}{15^{1.0296} + 34.709}$$

$$I = 77,844 \text{ mm/h (2.77) } = 215,627 \text{ Lt/ha/s}$$

El valor de intensidad se reemplaza en la ecuación del método racional:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Donde:

Q caudal en m3/s

C, coeficiente de escorrentía.

I, Intensidad del aguacero de diseño

A, área tributaria de la estructura de drenaje.

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

$$Q_1 = 0.75 \times 215.627 \text{ lps/ha/s} \times 0.024 \text{ ha} = 3.9 \text{ l/s}$$

De acuerdo con el caudal de diseño estimado, se proyecta un canal prefabricado para recolectar las aguas lluvias y conducir las a la una caja de recolección y efectuar la entrega al sistema de alcantarillado de la carrera 2B mediante tubería PVC 10”.

En la Tabla 21. Caudales de diseño Pilon 3, se presenta el caudal de diseño estimado para el área de drenaje estimada para la pilon 3.

**Tabla 21. Caudales de diseño Pilon 3**

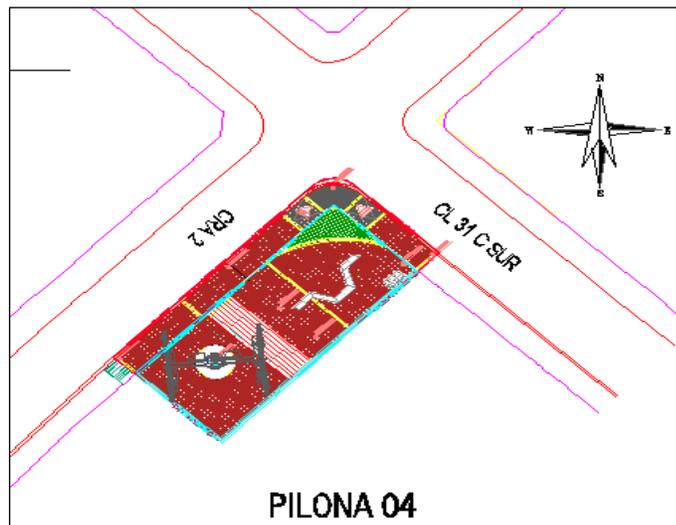
| Área No. | Valor (Ha) | Coeficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) – I/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.024      | 0.75                       | 215.627                           | 3.9          |

#### 7.4.3.2 Pilona 4

La pilona 4 localizada en la carrera 2 con calle 31D sur, existe una red pluvial de PVC 12" por la calle 31D sur, por lo tanto, el manejo de la escorrentía superficial se conducirá hacia esta vía.

En la Figura 3. Urbanismo Pilona 4, se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona referida.

**Figura 3. Urbanismo Pilona 4**



Fuente: Elaboración propia.

Instituto de Desarrollo Urbano

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pilona 4 su área de drenaje se maneja por escorrentía superficial en sentido de la calle 31C sur. De acuerdo con el área de drenaje y caudal de diseño estimado, se proyecta un canal prefabricado para recolectar las aguas lluvias y conducir las a una caja de recolección y efectuar la entrega al sistema de alcantarillado de la calle 31 C sur mediante tubería PVC 10".

En la Tabla 22. Caudales de diseño Pilona 4, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 4; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

**Tabla 22. Caudales de diseño Pilona 4**

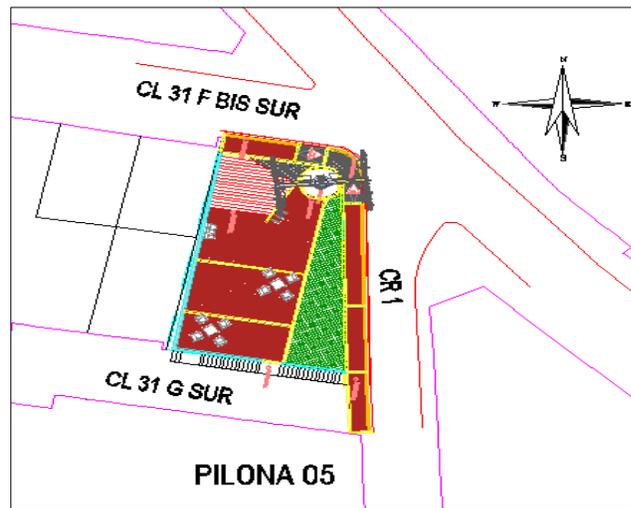
| Área No. | Valor (Ha) | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) - I/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.017      | 0.75                        | 215.627                           | 2.7          |

#### 7.4.3.3 Pilona 5

La pilona 5 localizada en la carrera 1ª con calle 31F sur, existe una red pluvial de PVC 12" por la calle 31F sur, por lo tanto, el manejo de la escorrentía superficial se efectúa hacia esta vía.

En la Figura 4. Urbanismo Pilona 5, se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona.

**Figura 4. Urbanismo Pilona 5**



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pilona 5, se plantea instalar un canal prefabricado para conducir la escorrentía superficial hacia una caja recolectora y mediante tubería PVC 10" realizar la entrega al alcantarillado pluvial de la calle 31F Sur.

En la Tabla 23. Caudales de diseño Pilona 5, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 5; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

**Tabla 23. Caudales de diseño Pilona 5**

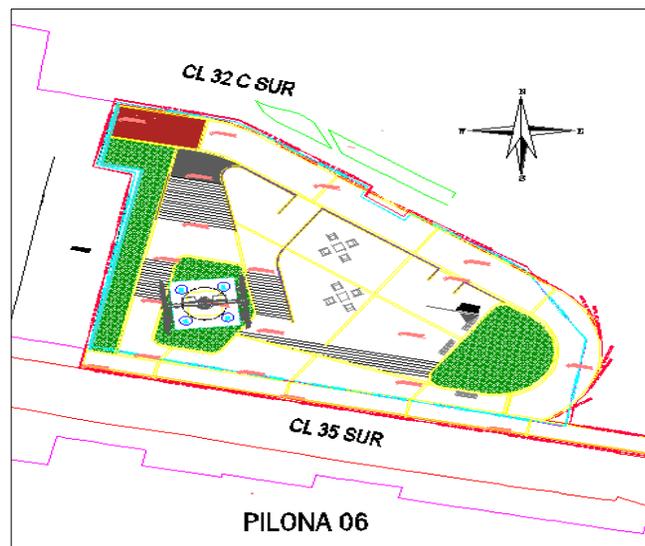
| Área No. | Valor (Ha) | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) - l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.019      | 0.75                        | 215.627                           | 3.1          |

#### 7.4.3.4 Pilona 6

La pilona 6 se localiza entre la calle 32C sur y calle 35Sur con carreras 1; en la zona de interés, se evidencia una red pluvial por la calle 32C sur, la cual drena en sentido del colector combinado de la carrera 1 de 32" de diámetro. El manejo de la escorrentía superficial se efectúa hacia la calle 32C sur, para conectar los drenajes a la tubería pluvial que existe de PVC 12".

En la Figura 5. Urbanismo Pilona 6, se presenta el diseño de arquitectura de la Pilona.

**Figura 5. Urbanismo Pilona 6**



Instituto de Desarrollo Urbano  
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pilona 6, se plantea instalar sendos canales prefabricados para conducir la escorrentía superficial de las áreas de drenaje No. 1 y 2 hacia cajas recolectoras y mediante tubería PVC 10" realizar la conexión al alcantarillado pluvial de la calle 32C sur. El área de drenaje No. 3 se proyecta realizar la entrega a la calzada de la calle 35C sur; esta vía no tiene sistema de alcantarillado pluvial.

En la Tabla 24. Caudales de diseño Pilona 6, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 6; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

Cabe agregar, que en la zona que será intervenida con la pilona 6 se encuentra un alcantarillado sanitario en gres de 18" y 20" el cual se renovará en PVC 18" por calzada.

**Tabla 24. Caudales de diseño Pilona 6**

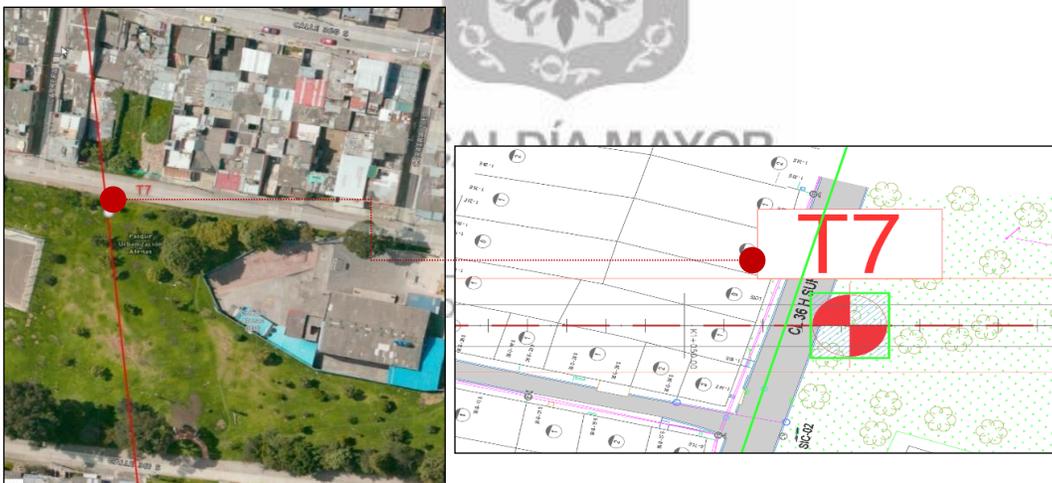
| Área No. | Valor (Ha) | Coficiente de Escorrentía | de Intensidad (Tor= 10 años) - l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------|
| 1        | 0.021      | 0.75                      | 215.627                               | 3.4          |
| 2        | 0.029      | 0.75                      | 215.627                               | 4.7          |
| 3        | 0.021      | 0.75                      | 215.627                               | 3.4          |

#### 7.4.3.5 Pilona 7

La Pilona 7 se localiza en la calle 36 H Sur entre las carreras 1 Este y carrera 2 Este. Esta se implantará en la zona verde del Parque Urbanización Atenas, por tal razón no requiere diseñar drenajes superficiales. Para su implantación se afectará un área de 100.00 m<sup>2</sup> del Parque.

En la Figura 6. Urbanismo Pilona 7, se presenta el diseño de arquitectura de la Pilona.

**Figura 6. Urbanismo Pilona 7**



Fuente: Elaboración propia

#### 7.4.3.6 Pilona 8

La pilona 8 se localiza entre la calle 37 sur con carrera 2ª Este; en la zona de interés no se evidencian redes del alcantarillado pluvial, no obstante, por la carrera 2ª Este existe una red de alcantarillado combinado de 12" y por la calle 37 Sur una tubería combinada de 12" de diámetro; el manejo de la escorrentía superficial se proyecta manejar mediante dos entregas al alcantarillado combinado referido.

En la Figura 7. Urbanismo Pilona 8, se presenta el diseño de arquitectura de la Pilona.

**Figura 7. Urbanismo Pilonas 8**



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pilonas 8, el manejo de la escorrentía superficial de las áreas 1,2 y 3 se conducirá mediante canales prefabricados y caja recolectora al alcantarillado combinado de la carrera 2ª Este, con entrega en tubería PVC 10". La escorrentía superficial del área de drenaje No. 4, se lleva al alcantarillado combinado de la carrera 37Sur, mediante un canal prefabricado y caja recolectora con entrega al alcantarillado combinado mediante tubería PVC de 10" de diámetro.

En la Tabla 25. Caudales de diseño Pilonas 8, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilonas 8; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilonas 3.

**Tabla 25. Caudales de diseño Pilonas 8**

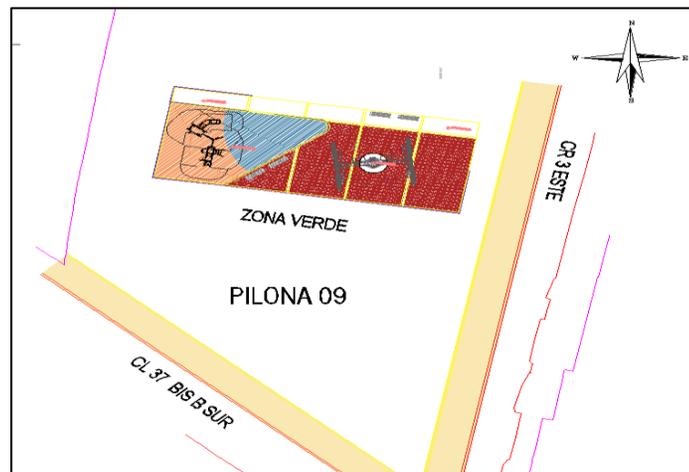
| Área No. | Valor (Ha) | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (Tor= 10 años) - I/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------|
| 1        | 0.014      | 0.75                        | 214.53                             | 2.3          |
| 2        | 0.015      | 0.75                        | 214.53                             | 2.4          |
| 3        | 0.006      | 0.75                        | 214.53                             | 1.0          |
| 4        | 0.007      | 0.75                        | 214.53                             | 1.1          |

#### 7.4.3.7 Pilona 9

La pilona 9 se localiza en un parque localizado entre las calles 37 D sur y calle 37Bis B sur con carrera 3 Este; en la zona de interés no se evidencian redes del alcantarillado pluvial, ni combinado, por lo anterior, el manejo de la escorrentía superficial se proyecta entrega a la zona verde del parque.

En la Figura 8. Urbanismo Pilona 9, se presenta el diseño de arquitectura de la Pilona.

**Figura 8. Urbanismo Pilona 9**



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pilona 9, se plantea instalar sendos canales prefabricados para conducir la escorrentía superficial de las áreas de drenaje No. 1 y 2 hacia cajas recolectoras y mediante tubería PVC 10" realizar la conexión al alcantarillado pluvial de la calle 32C sur. El área de drenaje No. 3 se proyecta realizar la entrega a la calzada de la calle 35C sur; esta vía no tiene sistema de alcantarillado pluvial.

En la Tabla 26. Caudales de diseño Pilona 9, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 9; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

**Tabla 26. Caudales de diseño Pilona 9**

| Área No. | Valor (Ha) | Coefficiente de Escorrentía | de Intensidad (Tr= 10 años) - l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------|
| 1        | 0.014      | 0.75                        | 214.53                               | 2.3          |
| 2        | 0.019      | 0.75                        | 214.53                               | 3.1          |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

Las áreas de la Pilona 9 se drenarán a través de tubería de 4” en PVC, a zonas verdes ubicadas en el costado sur de la Pilona.

#### 7.4.4 Estación Retorno - Altamira

Las intervenciones en el sistema de alcantarillado pluvial, dentro del límite de afectación de la estación Retorno, localizada entre las calles 43A Sur a 42B Sur y carreras 12B Este a 12ª Este, se presentan a continuación.

##### 7.4.4.1 Colectores.

Las intervenciones en las redes de alcantarillado sanitario y pluvial se establecieron a partir de la información secundaria recopilada durante el estudio y las inspecciones de campo que permitieron validar las características y estado de la infraestructura del sistema de alcantarillado. Los documentos que sirvieron de análisis y caracterización de las redes de alcantarillado fueron:

- La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en el memorando interno 3431003-2021-0316 de agosto 31 de 2020, informó: “*Para el caso de Altamira, la Empresa ya ejecutó la rehabilitación de las redes de dicho sector*”.
- Informe de Inspección de redes de Alcantarillado elaborado por el Consorcio CS, en el cual se presenta el diagnóstico Estructural de las redes de alcantarillado del sector de la Estación Retorno, en el barrio Altamira.

De acuerdo con la información referida, en el área de la Estación Retorno localizada en el barrio Altamira, se proyectan las siguientes intervenciones en las redes de alcantarillado:

- Calle 43A Sur entre carrera 12B Este a 12ª Este: Instalar manija en PVC 12” para conectar los sumideros proyectados al sistema de alcantarillado.
- Carrera 12A Este entre calles 42B sur y 43ª Sur: Instalar manija en PVC 12” para conectar los sumideros proyectados al sistema de alcantarillado.
- Carrera 12B Este con calle 42B Sur: Instalar manija en PVC 12” para conectar los sumideros proyectados al sistema de alcantarillado.

Tabla 27. Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Retorno se presentan los tramos a renovar en el sector de Altamira.

**Tabla 27. Tramos de Alcantarillado pluvial proyectado – Estación de Retorno**

| INFORMACIÓN TRAMOS |       |         |                    |            |         |          |               |               |       |              |
|--------------------|-------|---------|--------------------|------------|---------|----------|---------------|---------------|-------|--------------|
| POZO               |       | SUBTIPO | LONGITUD TRAMO (m) | COTA CLAVE |         | PEND (%) | SECCION TRAMO | RECUBRIMIENTO |       | DIAMETRO (") |
| INICIAL            | FINAL |         |                    | INICIAL    | FINAL   |          |               | INICIAL       | FINAL |              |
| PA-01              | PA-02 |         | 33,71              | 2871,80    | 2868,43 | 10,00    | CIRC          | 1,10          | 1,20  | 12           |
| PA-02              | 78059 |         | 20,75              | 2868,38    | 2867,55 | 4,00     | CIRC          | 1,25          | 1,07  | 12           |
| PA-03              | 78315 |         | 24,96              | 2875,74    | 2872,74 | 12,00    | CIRC          | 1,20          | 1,11  | 12           |
| PA-04              | 78059 |         | 8,75               | 2867,35    | 2867,18 | 2,00     | CIRC          | 1,75          | 1,45  | 12           |
| PA-05              | 78819 |         | 11,14              | 2875,18    | 2874,96 | 2,00     | CIRC          | 1,20          | 1,24  | 12           |
| PA-06              | 78812 |         | 8,59               | 2847,20    | 2846,34 | 10,00    | CIRC          | 1,30          | 1,07  | 12           |

#### 7.4.4.2 Sumideros.

Debido a las características que presentan las vías a intervenir, al igual que los andenes en la zona de estudio, de la norma NS-047. Sumideros se seleccionaron los sumideros “DE REJILLA CAJA DOBLE EN LA VÍA”; estos sumideros se construyen en vía con doble caja, la primera caja va alojada la rejilla y en la segunda caja la tapa de acceso para mantenimiento de los sumideros.

En el Anexo 4.2, se presenta el cálculo de los sumideros y tuberías de conexión de estos al sistema de alcantarillado.

#### 7.4.5 Pilonas Tramo 2

Las pilonas se proyectaron en áreas de espacio público y/o predios privados que serán adquiridos por el IDU para la construcción de las obras del Cable que incluye, cimentación de la pylona, obras de mejoramiento del espacio público con andenes más amplios y manejo de la escorrentía superficial de estas áreas. En este tramo se localizan once (8) pilonas del sistema del Cable; la pylona 14 frente a la estación Intermedia y las pilonas 15 a 22 en zonas de espacio público y/o predios privados que serán adquiridos para la construcción del proyecto.

El drenaje superficial se realiza teniendo en cuenta los lineamientos de la Norma de NS-085 Criterios de diseño sistemas de alcantarillado y NS-047 Sumideros de la EAAB.

##### 7.4.5.1 Pylona 14

La pylona 14 se ubica al oriente de la Estación Intermedia, carrera 3C Este entre calles 40ª sur y 41 sur. El drenaje del espacio público de la pylona será por escorrentía superficial en sentido de un canal monolítico proyectado para recolectar las aguas lluvias y entregarlas al alcantarillado pluvial mediante una tubería PVC 10” al colector pluvial de la carrera 3C Este.

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pylona 14, se plantea instalar un canal prefabricado para captar la escorrentía superficial y conducirla hasta el alcantarillado pluvial de la carrera 3C Este mediante tubería PVC 10”.

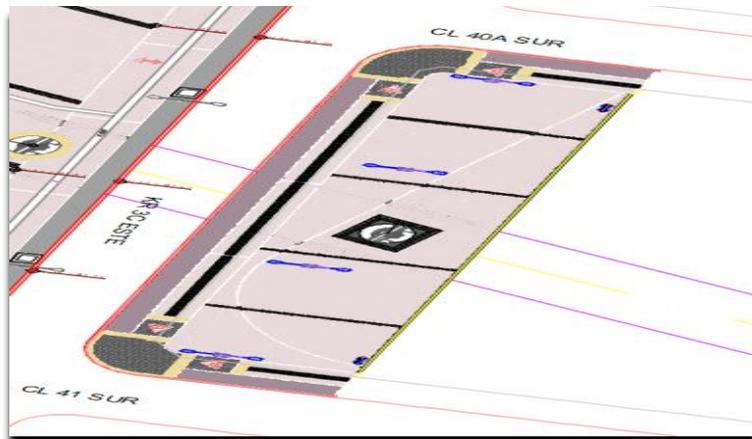
En Tabla 28. Caudales de diseño Pylona 14, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pylona 14; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pylona 3.

**Tabla 28. Caudales de diseño Pylona 14**

| Área No. | Valor (Ha) | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) – l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.034      | 0.75                        | 213.63                            | 5.4          |

En la Figura 9. Urbanismo Pilona 14, se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona.

**Figura 9. Urbanismo Pilona 14**

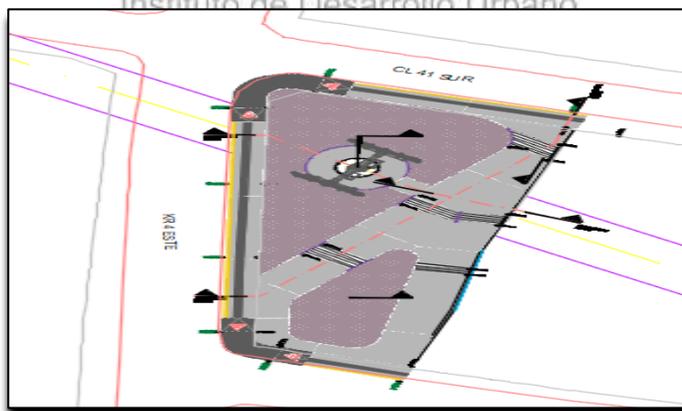


Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4.5.2 Pilona 15

La pilona 15 se proyecta en la calle 41 sur con carrera 4 Este; en la zona de interés, se evidencia una red pluvial de 12" por la carrera 4 Este. Por las características topográficas del sector, el manejo de la escorrentía superficial se efectúa en sentido de la calle 41 Bis sur. En la Figura 10. Urbanismo Pilona 15 se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona.

**Figura 10. Urbanismo Pilona 15**



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pilona 15, se plantea instalar sendos canales prefabricados para conducir la escorrentía superficial de las áreas de drenaje No. 1 y 2 hacia cajas recolectoras y mediante tubería PVC 10" realizar la conexión al

alcantarillado pluvial de la calle 32C sur. El área de drenaje No. 3 se proyecta realizar la entrega a la calzada de la calle 35C sur; esta vía no tiene sistema de alcantarillado pluvial.

En la Tabla 29. Caudales de diseño Pilona 15, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 15; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

**Tabla 29. Caudales de diseño Pilona 15**

| Área No. | Valor (Ha) | Coficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) - l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.021      | 0.75                      | 215.627                           | 3.4          |
| 2        | 0.029      | 0.75                      | 215.627                           | 4.7          |
| 3        | 0.021      | 0.75                      | 215.627                           | 3.4          |

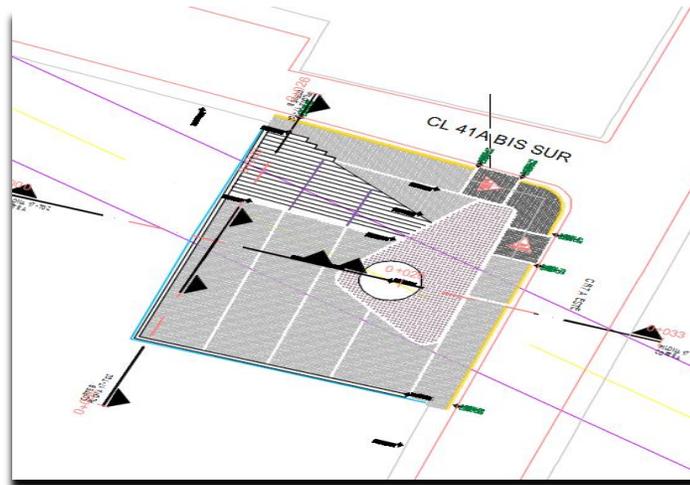
#### 7.4.5.3 Pilona 16

La pilona 16 se proyecta en un parque localizado en la carrera 6 Este entre calles 41Bis sur y 41ª Bis sur; con el proyecto no se realizará intervención de áreas del espacio público.

#### 7.4.5.4 Pilona 17

La pilona 17 se localiza en la calle 41ª B Bis sur con carrera 7 Este; en la zona de interés, no se evidencian redes de alcantarillado pluvial, existen de alcantarillado sanitario de 8" por la calle 41 B Bis sur y 10" por la carrera 7ª Este. El manejo del drenaje se efectuará por escorrentía superficial en sentido de la calle 41ª B Bis sur. En la Figura 11. Urbanismo Pilona 17, se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona.

  
 Instituto de Desarrollo Urbano  
**Figura 11. Urbanismo Pilona 17**



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pilona 17, se plantea manejar por escorrentía superficial el drenaje del espacio público a intervenir en la pilona; se proyecta instalar una cañuela A -120 que capte la escorrentía superficial y realizar la entrega a la calzada de la vía.

En la Tabla 30. Caudales de diseño Pilona 17 , se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 17; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

**Tabla 30. Caudales de diseño Pilona 17**

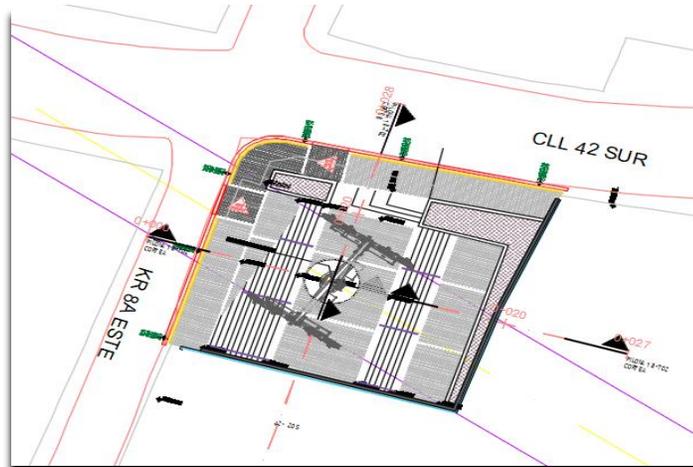
| Área No. | Valor (Ha) | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) - l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.024      | 0.75                        | 213.63                            | 3.8          |

#### 7.4.5.5 Pilona 18

La pilona 18 se localiza entre la calle 42 sur con carrera 8ª Este; en la zona de interés, existe por la calle 42sur una tubería de alcantarillado pluvial de 12" de diámetro, sin embargo, las características topográficas de la zona marcan la tendencia del drenaje hacia la carrera 8A Este, vía que no tiene redes del alcantarillado pluvial. Por lo anterior, el manejo del drenaje de la pilona se efectúa por escorrentía superficial hacia la calzada de la carrera 8ª Este.

En la Figura 12. Urbanismo Pilona 18, se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona.

**Figura 12. Urbanismo Pilona 18**



Fuente: Elaboración propia.

El manejo del drenaje de la pilona se plantea llevarlo a cabo por escorrentía superficial mediante cañuelas A-120 y realizar la entrega de esta hacia la calzada de la carrera 8ª Este.

En la Tabla 31. Caudales de diseño Pilona 18, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 18; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

**Tabla 31. Caudales de diseño Pilona 18**

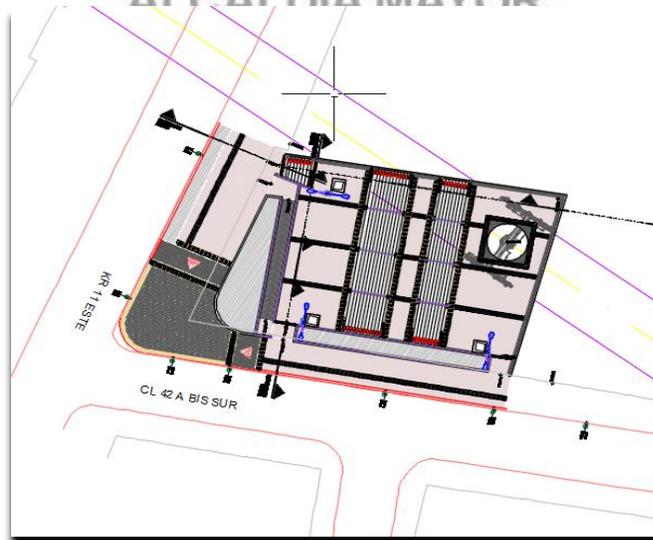
| Área No. | Valor (Ha) | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) - l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.018      | 0.75                        | 213.63                            | 2.9          |

#### 7.4.5.6 Pilona 19

La pilona 19 se localiza en la calle 42ª Bis Sur con carrera 11Este; en la zona de interés, el alcantarillado pluvial se evidencia por la carrera 11 Este; existe tubería pluvial PVC de 12”.

En la Figura 13. Urbanismo Pilona 19, se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona.

**Figura 13. Urbanismo Pilona 19**



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la arquitectura urbanística de la Pilona 19, se proyecta un canal monolítico para captar la escorrentía superficial, el cual entrega a una caja de recolección y mediante una tubería de 10” realizar la conexión del drenaje al alcantarillado pluvial de la zona.



En la Tabla 33. Caudales de diseño Pilona 20, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 20; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

**Tabla 33. Caudales de diseño Pilona 20**

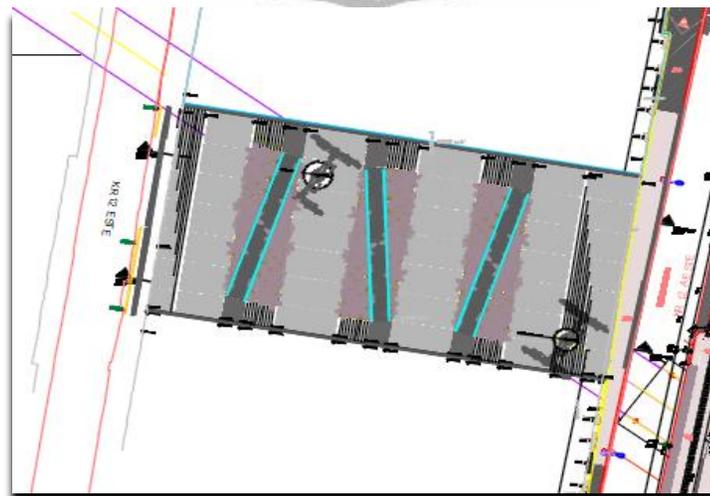
| Área No. | Valor (Ha) | Coeficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) - l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.025      | 0.75                       | 215.90                            | 4.0          |

#### 7.4.5.8 Pilona 21

La pilona 21 se localiza en la carrera 12 Este entre calles 42B sur y 43ª Sur del barrio Altamira. En este sector del barrio Altamira, se evidencia una red pluvial por carrera 12 Este, la cual drena en sentido del colector pluvial de la calle 42B sur.

En la Figura 15. Urbanismo Pilona 21, se presenta el diseño de arquitectura urbanística de la Pilona.

**Figura 15. Urbanismo Pilona 21**



Fuente: Elaboración propia.

Las características topográficas del sector de interés marcan la tendencia del escurrimiento en sentido oriente – occidente, por consiguiente, el manejo del drenaje de la pilona será por escorrentía superficial en sentido de la carrera 12 Este, en donde se proyecta instalar un canal monolítico que capta las aguas lluvias para su posterior entrega al sistema de alcantarillado pluvial de la carrera 12 Este.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

En la Tabla 34. Caudales de diseño Pilona 21, se presenta los parámetros de cálculo del caudal de diseño de la pilona 21; los criterios asumidos para calcular el caudal de diseño son similares a los descritos para la pilona 3.

**Tabla 34. Caudales de diseño Pilona 21**

| Área No. | Valor (Ha) | Coeficiente de Escorrentía | Intensidad (Tr= 10 años) - l/Ha/s | Caudal - lps |
|----------|------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1        | 0.105      | 0.75                       | 215.90                            | 17.0         |

En el Anexo 3. Planos de diseño, se presentan los planos de las redes existentes y proyectadas de alcantarillado sanitario.

En el Anexo 4.1. Memorias de cálculo, se presentan el diseño hidráulico de las redes proyectadas.

## 7.5 REDES TRONCALES DE ALCANTARILLADO

### 7.5.1 Derecho de vía

La norma NS-139. Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado, especifica la distancia libre a considerar según el diámetro de la tubería:

- Tuberías entre 24" a 30": 4.8 m a lado y lado de la tubería
- Tuberías entre 30" a 48": 5.8 m a lado y lado de la tubería

En la Tabla 35. Distancia libre a Redes Troncales Alcantarillado, se registran las redes troncales presentes en el trazado y la distancia libre a las estructuras proyectadas:

**Tabla 35. Distancia libre a Redes Troncales Alcantarillado**

| ESTRUCTURA         | RED                  | DISTANCIA -m | NORMA NS-139- DISTANCIA MINIMA |
|--------------------|----------------------|--------------|--------------------------------|
| Est. Transferencia | Combinado – Ø 1.20 m | 6.32         | 5.80                           |
| Pilona 14          | Pluvial – Ø 36"      | 7.25         | 5.80                           |
| Pilona 16          | Pluvial – Ø 1.0 m    | 5.50 - 4.60  | 5.80                           |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

En la estación de Transferencia y pylon 14, la estructuras proyectadas cumplen con la distancia libre especificada en la norma NS-139, no obstante, en la pylon 16 la tubería del alcantarillado pluvial de 1.0 m de diámetro quedará a una distancia variable entre 5.50 m a 4.60 m.

### 7.5.2 Plan de instrumentación y monitoreo de redes troncales

En el numeral anterior se identificaron las redes troncales de alcantarillado que cruzan el trazado del proyecto del cable y la distancia a la cual quedarán estas tuberías de la estación de Transferencia y cimentación de las pilonas 14 y 16. Al comparar las distancias determinadas con lo especificado en la norma NS-139 Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado, se tiene:

- La norma NS 139 especifica una distancia mínima de 2.0 m entre la cara exterior de la tubería y el borde de una cimentación.

En el proyecto, las distancias de las estructuras cumplen con la distancia mínima especificada en la norma NS-139.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.  
MOVILIDAD  
Instituto de Desarrollo Urbano

## 8 CIMENTACIÓN DE REDES

El presente capítulo, corresponde al capítulo 15 del documento INF-GEO—CASC-043-21 “Informe de diseños definitivos de Geotecnia – V0” documento que contiene los diseños definitivos del área de geotecnia y riesgo para el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.”

### 8.1 CAPACIDAD PORTANTE

La capacidad de soporte neta se define como el peso total de la tubería llena de agua hasta su máximo nivel, incrementado por el peso de la cimentación y el peso del relleno sobre esta, restando el peso unitario del suelo excavado en el ancho de la zanja, correspondiente al peso unitario del suelo existente.

Para las tres estaciones se realizó el cálculo de la capacidad de soporte neta del terreno sobre el suelo de fundación; de acuerdo con esto, para ninguno de los casos el esfuerzo generado por la combinación de carga viva y muerta sobre el suelo de fundación deberá superar la capacidad mencionada anteriormente. En el Anexo 5 se presenta el cálculo de esta.

Tabla 36 Capacidad portante redes

| Estación           | Tipo de red         | Prof. apoyo mínima (m) | q adm (kN/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|
| Portal 20 de julio | Combinada           | 1.27                   | 195.0                      |
| La Victoria        | Pluvial y sanitaria | 1.37                   | 126.1                      |
| Altamira           | Pluvial y sanitaria | 1.40                   | 83.2                       |

### 8.2 CIMENTACIÓN

De acuerdo con el tipo de tuberías (diámetro, material, etc.) y la profundidad de apoyo de estas, se realizó el análisis de cargas y se obtuvo el tipo de cimentación más adecuado. En el Anexo 5 aparece discriminado para cada una de las estaciones y los tramos, la evaluación de cargas, la profundidad y el tipo de cimentación recomendada.

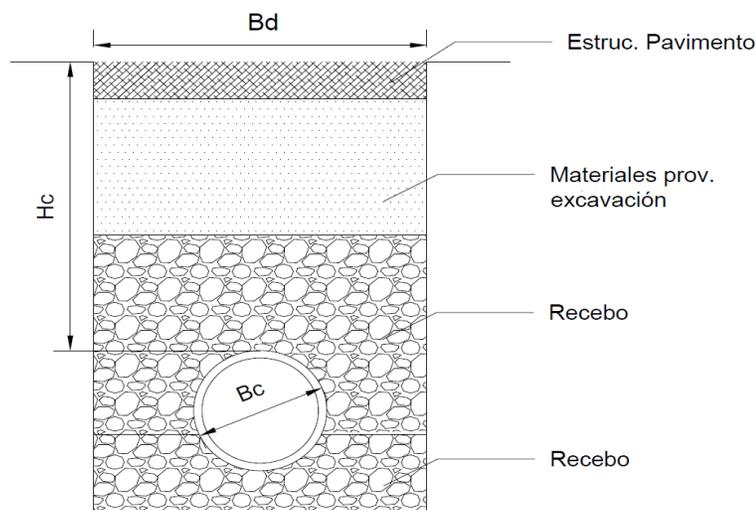
El análisis de cargas muertas causadas por el peso del suelo se hizo considerando el peso del prisma del suelo directamente sobre la tubería, menos las fuerzas cortantes de fricción que se transfieren a este prisma por los suelos adyacentes. En cuanto al análisis de cargas vivas debidas al tránsito, se realizó un análisis como se estipula en el Numeral 4.6.3. de la Norma NS-035 de la EAB-ESP, según el cual el camión de diseño es el C40-95 que aplica una carga de 8000 Kg en un área de 0.25 x 0.50 m. En el proyecto no se presupuesta que existan otras cargas que puedan afectar a las tuberías.

Por otra parte, se determinó que la tubería cumpliera con la condición límite de deflexión y pandeo, exigidas por la Normalización Técnica de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (NS-035) para tuberías de PVC. Los materiales a utilizar para la cimentación de

las tuberías y los rellenos sobre estas deberán cumplir las normas y especificaciones vigentes de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. De esta manera, la cimentación a implementar se presenta en el Anexo 5.

Finalmente, teniendo en cuenta el diseño y materiales de cimentación para tuberías recomendados en la norma NS-035, se presenta el diseño típico de la misma. Los espesores para cada tramo de la red se pueden observar en el Anexo 5.

**Figura 16. Cimentación recomendada**



DE BOGOTÁ D.C.  
 MOVILIDAD  
 Instituto de Desarrollo Urbano

### 8.3 ENTIBADOS

Las excavaciones para las zanjas con alturas superiores a 1.00 m se realizarán en forma vertical empleando entibados dependiendo de la altura de la misma. Para las excavaciones con alturas inferiores e iguales a 3.00 m, se utilizará un entibado tipo E1. Para excavaciones con alturas superiores a 3.00 m, se empleará un entibado tipo E2.

Esto con el fin de evitar deslizamientos, garantizar la seguridad para el personal de obra, además del manejo y operación segura de los equipos. Para los casos en los cuales se presencien en las excavaciones suelos naturales de densidad suelta, se debe poner a criterio del interventor de obra el uso de otro tipo de entibado siguiendo las especificaciones de la norma del acueducto.

En los casos que la condición límite de pandeo no cumpla, se debe emplear cárcamo de protección. Los esquemas de los entibados deberán cumplir las especificaciones de la norma NS-072 de la EAAB-ESP; los mismos pueden consultarse en el Anexo 5 y podrán definirse de acuerdo con lo establecido en el.

En el Anexo 5 se presenta la memoria respectiva para la determinación de la altura de excavación crítica para la red de cada estación, calculada mediante la siguiente ecuación.

$$Z_c = \frac{2 \cdot Cu}{FS \cdot \gamma}$$

En donde Cu es la resistencia al corte no drenado, FS el factor de seguridad y  $\gamma$  el peso unitario del suelo.

A continuación, se presenta la altura crítica para cada estación.

**Tabla 37 Altura Crítica**

| Estación           | Tipo de red         | Zc (m) |
|--------------------|---------------------|--------|
| Portal 20 de julio | Combinada           | 7.97   |
| La Victoria        | Pluvial y sanitaria | 2.12   |
| Altamira           | Pluvial y sanitaria | 1.33   |



## 9 SISTEMAS DE DRENAJES SOSTENIBLES - SUDS

En el área de estudio, las zonas que pueden ser susceptibles para la implementación de estructuras complementarias de drenaje como son los SUDS, se ubican en proximidades de las estaciones del proyecto; las pilonas por afectar áreas reducidas del espacio público no se justifica el desarrollo de SUDS y por otra parte, en varios sectores en donde se construirán las pilonas, el sistema de alcantarillado funciona como combinado o no existen redes pluviales que permitan la implementación de SUDS.

En el numeral 6.1 se presenta la caracterización urbana de las estaciones en donde se puede implementar SUDS, estación Intermedia y Retorno; la Estación de Transferencia por estar localizada en el Patio Portal del 20 de Julio del sistema de Transmilenio, no se proyectan SUDS por ser un predio privado (De acuerdo con la norma NS-166, los SUDS son estructuras que deben entregarse a la EAAB para su operación y mantenimiento y por ende, los SUDS deben construirse en áreas públicas, que no tengan restricciones para el ingreso del personal que realiza el mantenimiento y/o reparación).

### 9.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

#### 9.1.1 Estación de Transferencia – 20 De Julio

En la estación de Transferencia no aplica el Diseño de SUDS; las estructuras de SUDS deben implantarse en zonas de espacio público de fácil acceso, en las cuáles la EAAB ESP pueda ingresar para efectuar la operación y mantenimiento de los SUDS. En la estación de Transferencia, al estar localizada dentro del Portal del 20 de Julio y bajo la administración de Transmilenio, no se cumple con esa condición.

#### 9.1.2 Estación Intermedia – La Victoria

- Urbanismo.

La estación La Victoria, se ubica sobre dos manzanas inscritas entre la Calles 40 y 41sur, y las Carreras 3C Este y 3A Este, donde por el tipo de implantación prevista para la edificación será necesario cerrar la Calle 40ª Sur, lo cual favorece el tránsito peatonal en torno a la edificación. La implantación de la estación ocupa en principio dos manzanas, afectando 54 predios según la base catastral de Bogotá, sin considerar inmuebles de propiedad horizontal.

La topografía predominante en el sector presenta pendientes superiores al 10% en sentido oriente occidente y en sentido norte sur es menor, variando en el rango de 2% a 4%. Las vías perimetrales a la estación se encuentran en regular estado de conservación al igual que los andenes. En la Tabla 38. Características vías Estación Intermedia y Fotografía 1. Registro Estación Intermedia, el estado y geometría de las vías adyacentes a la estación:

- ✓ Calle 40 Sur. La vía se encuentra en concreto con un deterioro importante de las losas, los andenes son angostos en donde se alojan las redes de servicios públicos.
- ✓ Calle 41 Sur. La vía ha sido intervenida recientemente con buena demarcación, los andenes están en buen estado aunque angostos.
- ✓ Carrera 3C Este. Estación proyectada al lado derecho de la foto 2. Vía en buen estado aunque los andenes del lado opuesto a la Estación son angostos y con las redes de servicio público sobre la franja de circulación peatonal.
- ✓ Carrera 3A Este. Aunque la vía presenta señalización horizontal y está en buen estado, los andenes, especialmente en el lado opuesto a la manzana donde se propone implantará la Estación son angostos.

**Tabla 38. Características vías Estación Intermedia**

| Via           | Carriles | Ancho Calzada | Ancho Total | Sentido   | Observaciones       |
|---------------|----------|---------------|-------------|-----------|---------------------|
| Cra 3A Este   | 2        | 5.50          | 10.90       | Doble vía | Servicio particular |
| Cra 3C Este   | 2        | 5.45          | 10.75       | Doble vía | Servicio particular |
| Calle 40 Sur  | 2        | 5.70          | 11.20       | Doble vía | Servicio público    |
| Calle 41 Sur  | 2        | 5.90          | 11.00       | Doble vía | Servicio público    |
| Calle 40A Sur | 2        | 5.60          | 11.00       | Doble vía | Servicio particular |

**Fotografía 1. Registro Estación Intermedia**





Foto 3. Calle 41 Sur – Cra 3C.  
Fuente: Google Earth



Foto 4. Carrera 3C Este – Calle 41 Sur.  
Fuente: Google Earth

La Estación Intermedia ocupará un área aproximada de 9104 m<sup>2</sup>; de los cuales en 2233 m<sup>2</sup> serán ocupados por el bloque de la estación y en el área restante se desarrollará el espacio público con andenes más amplios, zonas verdes, caminos peatonales en adoquín para el acceso peatonal a la estación. En la Figura 17. Esquema Estación Intermedia se presenta el plano general de urbanismo de la estación.

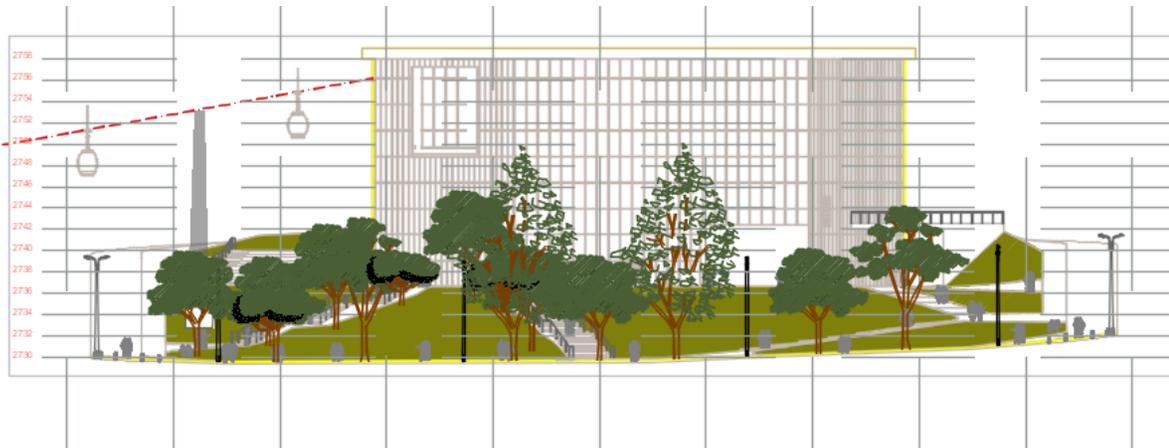
Figura 17. Esquema Estación Intermedia



Fuente: Elaboración Consorcio CS

En los cortes de las fachadas 3 y 4 se aprecia que las zonas verdes permiten la transición entre el nivel de terminado de la estación y la zona de espacio público; diferencia de nivel que puede variar entre centímetros y varios metros. Esta diferencia de nivel sumada a la pendiente longitudinal de las vías de acceso, originan que las zonas verdes generadas por el proyecto presenten pendientes tanto longitudinal como transversal elevada y no sean aptas para la implantación de SUDS.

**Figura 18. Perfil Fachada 3 (Carrera 3A Este) - Estación Intermedia**



ALCALDÍA MAYOR  
 DE BOGOTÁ D.C.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 19. Perfil Fachada 4 (Calle 41 Sur) - Estación Intermedia**



Fuente: Elaboración Consorcio CS

- Características de los suelos.

En el informe “Avance de Factibilidad – Geotecnia, INF-GEO-CASC-074-21”, el perfil estratigráfico de la Estación intermedia se describió; En el primer metro se encuentra un relleno de material orgánico con arena fina y escombros de construcción, en su parte inferior se logra identificar un depósito en matriz arcillosa limosa y/o arcillo arenosa, en el estrato inmediatamente inferior se encuentra un depósito fluvio-glaciario en matriz arcillosa de alta plasticidad con presencia de gravas, subyace un suelo residual arcilloso de baja plasticidad, es muy posible que en la parte inferior a este suelo residual se pueda encontrar arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores.

✓ Nivel Freático

En los sondeos ejecutados se realizaron tomas de nivel de agua durante el inicio y al finalizar las actividades que se realizan diariamente, encontrando un nivel freático a una profundidad de 2.0 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

✓ Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado

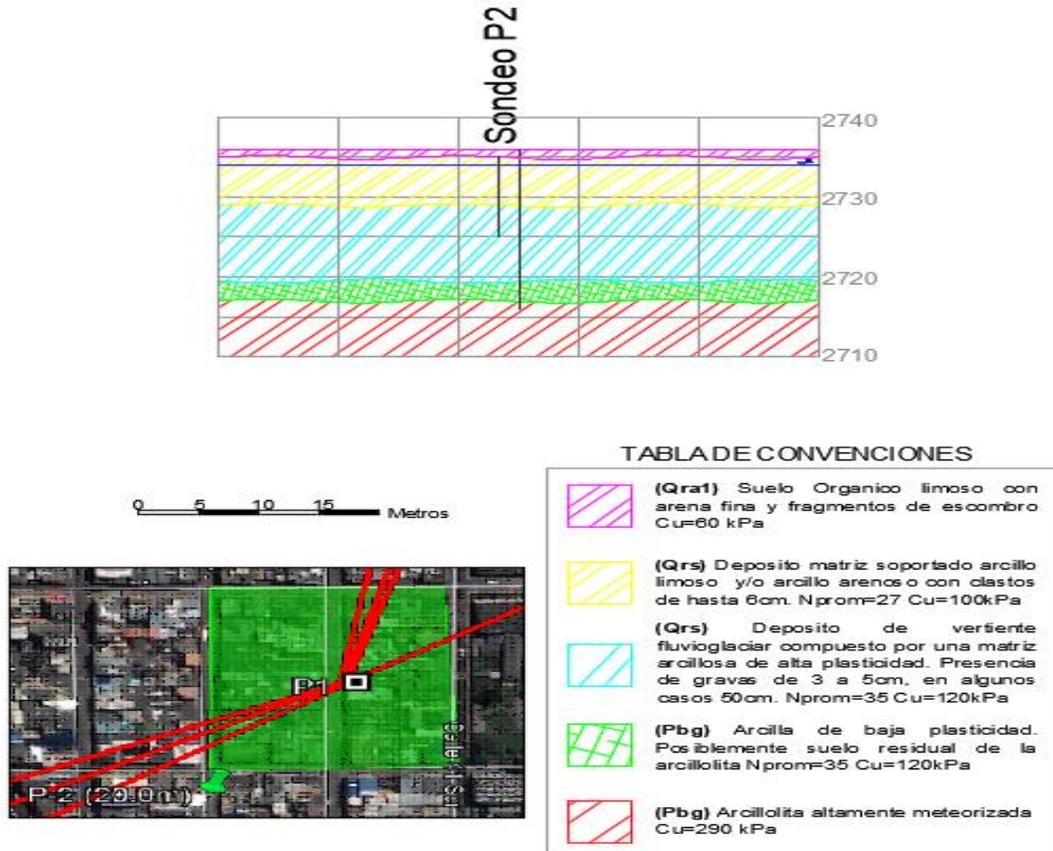
Se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos, así como bajos o nulos porcentajes de arenas y gravas.

Superficialmente se logra evidenciar que en el primer metro se cuenta con un suelo de relleno con material orgánico y con residuos de construcción, desde el primer metro y hasta los 7 m se encuentra con un relleno en matriz arcilloso limosa y/o arcillo arenosa en la cual se encuentra clastos sub redondeados hasta de 6 cm, en la parte inferior por debajo de los 7 m y hasta los 16.5 m se encuentra un depósito fluvio-glaciario de arcilla de alta plasticidad (CH) con presencia de clastos de 3 cm hasta 50 cm en algunos casos, desde los 16.5 m y hasta los 19 m el suelo se encuentra mucho más homogéneo contando con arcillas de baja plasticidad (CL) y algún porcentaje menor de gravas cerca a los 19 m de profundidad.

En la Figura 20. Perfil Estratigráfico Estación Intermedia se presenta la información estratigráfica de la estación.

Figura 20. Perfil Estratigráfico Estación Intermedia

Alternativa 1 Estación "La Victoria"



Fuente: informe "Avance de Factibilidad – Geotecnia, INF-GEO-CASC-074-21.

✓ Capacidad de infiltración

Para los suelos identificados en el perfil estratigráfico de la estación Intermedia, el coeficiente de permeabilidad se puede asumir según los valores reportados en la literatura técnica, como los registrados en la Tabla 39. Valores Coeficiente de permeabilidad. Para el estrato clasificado como orgánico limoso con arena fina y fragmentos de escombros (Qra1), el coeficiente de permeabilidad (k) puede encontrarse en el rango de  $10^{(-3)}$  a  $10^{(-5)}$  y para el segundo estrato (Qrs), depósito matriz soportado en arcilla limosa y/o arcilla arenosa, el valor de k puede variar entre  $10^{(-4)}$  a  $10^{(-5)}$ .

**Tabla 39. Valores Coeficiente de permeabilidad**

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD<br>k (cm/s) | 10 <sup>(2)</sup>      | 10 <sup>(1)</sup>   | 10 <sup>(0)</sup> | 10 <sup>(-1)</sup> | 10 <sup>(-2)</sup>  | 10 <sup>(-3)</sup> | 10 <sup>(-4)</sup> | 10 <sup>(-5)</sup> | 10 <sup>(-6)</sup>   | 10 <sup>(-7)</sup> | 10 <sup>(-8)</sup> | 10 <sup>(-9)</sup> |
|--|------------------------|---|-------------------|--------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| DRENAJE                                  | BUENO                  |   |                   |                    |   |                    | POBRE              |                    | SUELO IMPERMEABLE  |                    |                    |                    |
| TIPO DE SUELO                            | Grava Gruesa (Cascajo) | Arena Limpia, arena mezclada con grava                                    |                   |                    | Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenosos y arcilla |                    |                    |                    | Suelos impermeable modificado por efecto de la vegetación Y la intemperización |                    |                    |                    |
|  |                        | Suelo impermeable; arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización |                   |                    |   |                    |                    |                    |  |                    |                    |                    |

Fuente: Elaboración propia.

- Ensayos de infiltración.

En el desarrollo de los estudios del Cable, el CONSORCIO CS efectuó los estudios geotécnicos que permitieron caracterizar los suelos presentes en la zona de estudio de la estación Retorno. Las exploraciones geotécnicas realizadas en la zona describen el perfil estratigráfico de la estación: el estrato superior de aproximadamente 1 metro de espesor corresponde a un suelo orgánico limoso con arena fina y fragmentos de escombros (Qra1) y el segundo estrato entre 1 a 7 m de profundidad, se describe como un depósito de matriz soportado en arcilla limosa y/o arcilla arenosa (Qrs).

En la campaña y exploración geotécnica llevada a cabo en los estudios para caracterizar y analizar los suelos presentes en la estación, se efectuaron ensayos de infiltración en tres apiques para evaluar la tasa de infiltración en sitio; en la Tabla 40. Ensayos de permeabilidad en campo se presenta la ubicación de los ensayos y los resultados obtenidos.

**Tabla 40. Ensayos de permeabilidad en campo**

| APIQUE | LOCALIZACIÓN                  | COORDENADAS |           | K (mm/H) |
|--------|-------------------------------|-------------|-----------|----------|
|        |                               | N           | E         |          |
| 1      | CARRERA 3C ESTE CALLE 40A SUR | 4°55'03"    | 74°09'34" | 19.5     |
| 2      | CARRERA 3C ESTE CALLE 40A SUR | 4°55'16"    | 74°09'44" | 10.7     |
| 3      | CALLE 41 SUR CARRERA 3C ESTE  | 4°55'03"    | 74°09'34" | 10.5     |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

|  |          |  |  |       |
|--|----------|--|--|-------|
|  | PROMEDIO |  |  | 13.60 |
|--|----------|--|--|-------|

- Pendiente media.

La pendiente media de la zona adyacente a las estaciones se determinó con base en la información topográfica tomada durante la ejecución de los estudios y los diseños de geometría vial elaborados por el Consorcio CS:

- ✓ Calle 40 Sur. Entre las carreras 3C Este a 3ª Este, la pendiente es fuerte con valores elevados que oscilan entre 8.88% a 12.40% en la parte media del trazado, no obstante, en las intersecciones la pendiente disminuye a valores de 2.76%.
- ✓ Calle 41 Sur. Como en el caso anterior, entre las carreras 3C Este a 3ª Este la pendiente es fuerte, con valores superiores al 10% en la parte media del trazado.
- ✓ Carrera 3C Este. Entre calles 40ª sur a 41 Sur, la pendiente es moderada con valores en el rango entre 2.50% (calles 40 sur a 40ª sur) y 2.38% (calles 40A sur a 41 sur).
- ✓ Carrera 3A Este. Entre calles 41 sur a 40ª sur, al inicio del tramo la pendiente es fuerte (13.46%), disminuyendo a partir de la abscisa K0+000 a valores entre 3.68% a 5.72%. Entre las calles 40 sur a 40ª, la pendiente es moderada, variando entre 2.57% a 1.26%.

En la Tabla 41. Pendiente media vías Estación Intermediase relacionan las pendientes antes mencionadas.

**Tabla 41. Pendiente media vías Estación Intermedia**

| VIA          | PENDIENTE               |
|--------------|-------------------------|
| Calle 40 Sur | Variable: 8.8% a 12.40% |
| Calle 41 Sur | Superior 10 %           |
| Cra 3ª Este  | Variable: 1.26% a 5.72% |
| Cra 3C Este  | Variable: 1.76% a 3.14% |

### 9.1.3 Estación Retorno – Altamira

- Urbanismo.

La estación Altamira, se ubica según la factibilidad, sobre una manzana inscrita entre la Calles 43 A Sur y Calle 43 sur, y las Carreras 12B y 12A Este. La topografía predominante permite determinar que la pendiente del área de implantación se aproxime al 16%. La

imagen siguiente, ilustra la posible localización y ocupación de la estación en el suelo útil resultante, tras su delimitación a partir de los perfiles viales existentes, los cuales se consideran como referencia mínima admisible dado que con ello se da continuidad longitudinal a los andenes del entorno objeto de intervención, que se reconoce así el contexto inmediato.

Las vías perimetrales están en regular estado lo mismo que los andenes; las características de las vías se describen a continuación y en la tabla 44 se registra el resumen.

- ✓ Carrera 12B Este. Vía en losas de concreto en buen estado. Los andenes opuestos a la estación están en relativo buen estado, aunque la circulación peatonal se ve interrumpida por los accesos (escaleras) a los predios y rampas de accesos vehiculares.
- ✓ Carrera 12A Este. La vía se encuentra en buen estado y está en losas de concreto. Los andenes del lado izquierdo son angostos pero están del lado de la Estación proyectada. Los andenes del lado opuesto, aunque en buen estado, son angostos y están invadidos por redes de servicios y rampas y accesos vehiculares.
- ✓ Calle 43 A Sur. Estación proyectada en la mazana del lado izquierdo de la vía. Del lado derecho los andenes con casi inexistentes con un ancho que no alcanza un metro de longitud.
- ✓ Calle 42 B Sur. Esta vía peatonal (con acceso vehicular restringido) está recientemente construida en adoquín de concreto. Hasta la parte final de la vía en la cual no se hizo intervención y se quedó un espacio verde. La Estación estaría al lado izquierdo.

**Fotografía 2. Registro Estación Altamira**



Foto 5. Calle 43A Sur.



Foto 6. Calle 42B Sur.



Foto 7. Cra 12B Este – Calle 43ª A Sur.  
Fuente: Google Earth



Foto 8. Cra 12A Este - Calle 42B Sur.  
Fuente: Google Earth

La tipología de las vías adyacentes a la estación se presentan en la Tabla 42. Características vías Altamira.

**Tabla 42. Características vías Altamira**

| Vía           | Carriles | Ancho Calzada | Ancho Total | Sentido      | Observaciones         |
|---------------|----------|---------------|-------------|--------------|-----------------------|
| Cra 12B Este  | 2        | 5.90          | 10.70       | Doble vía    | Servicio particular   |
| Calle 42B Sur | 1        | 3.30          | 11.00       | Vía Peatonal | Vehicular restringida |
| Cra 12A Este  | 2        | 5.80          | 10.20       | Doble vía    | Servicio público      |
| Calle 43A Sur | 2        | 5.80          | 10.80       | Doble vía    | Servicio público      |

Fuente: Elaboración propia.

La Estación de Retorno de Altamira ocupará una manzana con área aproximada de 4004 m<sup>2</sup>; de los cuales en 2090 m<sup>2</sup> serán ocupados por el bloque de la estación y en el área restante se desarrollará el espacio público con andenes de 4.00 m de ancho, zonas verdes, caminos peatonales en adoquín y el acceso peatonal de la estación. En la Figura 21. Esquema Estación Retorno, se presenta el plano general de urbanismo de la estación.

**Figura 21. Esquema Estación Retorno**



Fuente: Elaboración propia.

En el corte de las fachadas de la estación por la calle 43ª sur y carrera 12ª este se aprecia que las zonas verdes permiten la transición entre el nivel de terminado de la estación y la zona de espacio público; diferencia de nivel que puede variar entre centímetros y varios metros. Esta diferencia de nivel sumada a la pendiente longitudinal de las vías de acceso, originan que las zonas verdes generadas por el proyecto presenten pendientes tanto longitudinal como transversal elevada y no sean aptas para la implantación de SUDS.

**Figura 22. Perfil Fachada (Calle 43A Sur) - Estación Retorno**



Fuente: Elaboración Consorcio CS

Figura 23. Perfil Fachada (Carrera 12ª Este) - Estación Retorno



Fuente: Elaboración Consorcio CS

- Características de los suelos.

El perfil estratigráfico para la Estación de Altamira contiene en el primer metro un relleno arcillo limoso que contiene fragmentos de ladrillos y escombros de construcción, luego subyace una pequeña capa de un material en matriz arcillo arenosa de consistencia blanda, después de este estrato se identifica un material arcillo arenoso de consistencia mucho más dura que la anterior con presencia de clastos, en la parte inferior a este estrato se identifica una arcilla de baja plasticidad posiblemente sea un suelo residual de arcillolita.

El perfil se definió a partir de la geología, geomorfología y de información secundaria de exploración geotécnica de estudios anteriores.

- ✓ Nivel Freático

En el sondeo ejecutado se realizó toma de nivel de agua freática durante el inicio de las actividades diarias y al finalizar la jornada de trabajos, se obtuvo una medida de nivel freático a 3 m, valor base para los análisis geotécnicos correspondientes.

- ✓ Composición granulométrica y clasificación de suelos por el método unificado

Se evidencia la homogeneidad de los suelos en la zona, los cuales se componen de un gran porcentaje de finos y en menor medida de arenas.

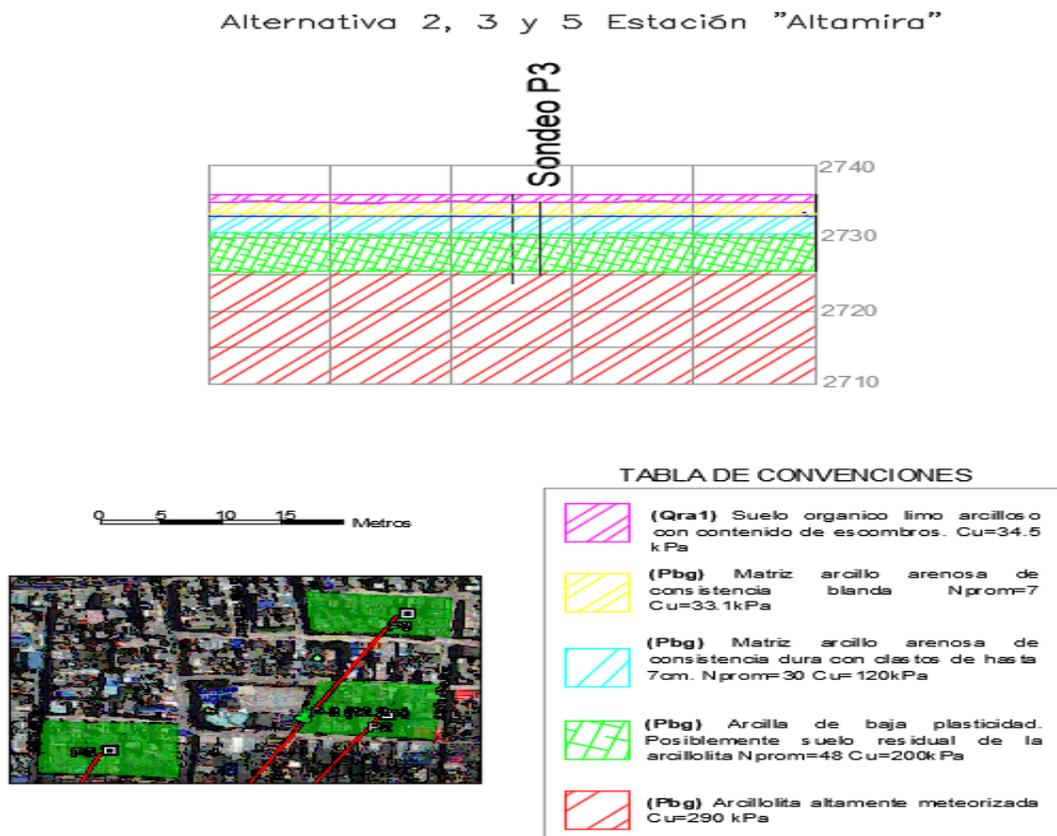
Superficialmente en la primera capa se encuentra un relleno orgánico limo arcilloso con presencia de material de construcción, bajo esta capa se encuentra una capa de 1.7 m de

espesor que se caracteriza como un material en matriz arcillo arenosa de consistencia blanda, desde los 2.7 m y hasta los 5.52 m se encuentra un estrato de un material arcillo arenoso de consistencia dura y donde se pueden encontrar clastos hasta de 7cm, subyace a esta capa un estrato de arcilla de baja plasticidad (CL), en el último tramo se logra encontrar roca arcillolita.

✓ Perfil geotécnico promedio

El perfil estratigráfico típico de la estación se presenta en la Figura 24. Perfil Estratigráfico Estación Retorno.

**Figura 24. Perfil Estratigráfico Estación Retorno**



Fuente: informe "Avance de Factibilidad – Geotecnia, INF-GEO-CASC-074-21.

✓ Capacidad de infiltración

Para los suelos identificados en el perfil estratigráfico de la estación Retorno, el coeficiente de permeabilidad se puede asumir según los valores reportados en la literatura técnica, como los registrados en la Tabla 39. Valores Coeficiente de permeabilidad. Para el estrato

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <b>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</b> |  |
|---|--|---|

clasificado como orgánico limoso con contenido de escombros (Qra1), el coeficiente de permeabilidad (k) puede encontrarse en el rango de  $10^{(-3)}$  a  $10^{(-5)}$  y para el segundo estrato (Pbg), depósito matriz arcilla arenosa de consistencia blanda, el valor de k puede variar en el rango de  $10^{(-4)}$  a  $10^{(-5)}$ .

- Pendiente media.

La pendiente media de la zona adyacente a las estaciones se determinó con base en la información topográfica tomada durante la ejecución de los estudios y los diseños de geometría vial elaborados por el Consorcio CS:

En la Tabla 43. Pendiente media vías Estación Retorno se presenta el cálculo de la pendiente media de las vías adyacentes a la estación.

**Tabla 43. Pendiente media vías Estación Retorno**

| VIA           | LONGITUD | COTA SUPERIOR | COTA INFERIOR | PENDIENTE |
|---------------|----------|---------------|---------------|-----------|
| Calle 42B Sur | 59.50    | 2876.10       | 2868.30       | 13.10%    |
| Calle 43A Sur | 59.50    | 2879.80       | 2873.60       | 10.40%    |
| Cra 12ª Este  | 73.50    | 2873.60       | 2868.30       | 7.20%     |
| Cra 12B Este  | 73.50    | 2879.80       | 2876.10       | 5.00%     |

Fuente: Elaboración propia

## 9.2 ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS

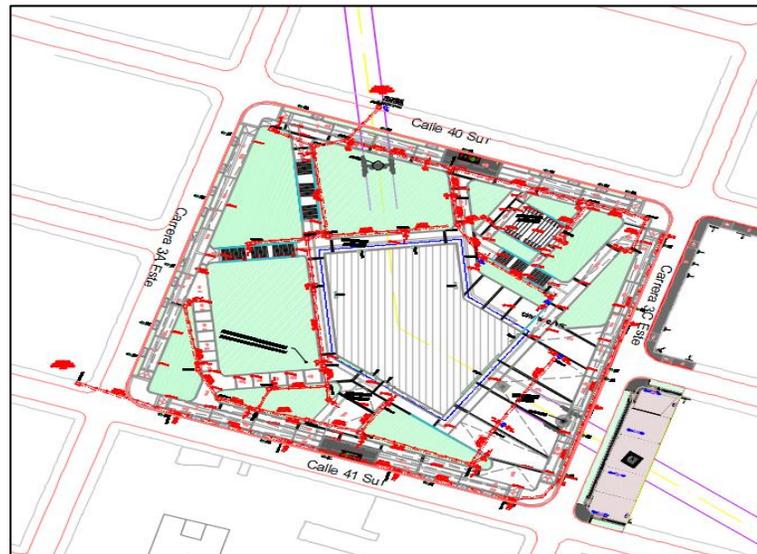
### 9.2.1 Estación Intermedia

Las interferencias que pueden presentarse en la estación para la implantación de los SUDS están relacionadas con la infraestructura existente y/o proyectada de las empresas de servicios públicos. En la Figura 25. Estación Intermedia – Redes alumbrado público se presenta las canalizaciones de alumbrado público proyectadas en 2Ø3" por la franja de amoblamiento urbano por la calle 41 sur y carrera 3C Este, en la calle 40 sur las canalizaciones se proyectaron por la franja de circulación peatonal y por la carrera 3ª este no se proyectaron canalizaciones; por lo anterior, las zonas verdes propuestas en la franja de amoblamiento urbano de la carrera 3ª Este se puede utilizar para implantar alguna de las tipología de SUDS.

Con relación a las redes de alcantarillado sanitario y pluvial, en la Figura 26. Estación Intermedia – Redes alcantarillado se aprecian las redes de alcantarillado existentes y proyectadas; estas redes por localizarse en las calzadas de las vías no presentan interferencias para la implantación de alguna de las tipología de SUDS, aunque, en la intersección de la calle 40ª sur con carrera 3ª Este, se proyectó la conexión domiciliaria de

la estación y el pozo de recibo de la conexión se ubica en la zona de espacio público. Cabe agregar, que en el sector las redes de acueducto se encuentran constituidas por tuberías en PVC Ø4" y estas han sido reubicadas en el andén y por lo anterior, no se evidencia interferencias para la proyección de los SUDS.

**Figura 25. Estación Intermedia – Redes alumbrado público**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 26. Estación Intermedia – Redes alcantarillado**



Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar, que la empresa Vanti tiene infraestructura de Gas Natural en polietileno de 3/4", redes que saldrán de servicio por la demolición de los predios que actualmente se surten de estas redes.

### 9.2.2 Estación Retorno

En la Figura 27. Estación Retorno – Redes alumbrado público se presenta la localización general de las canalizaciones de media tensión y acometida eléctrica previstas en el estudio de redes secas; las canalizaciones se proyectan por las calles 42B sur y 43A Sur (Ductos de 4Ø6") y carrera 12B Este (Ductos de 4Ø6"), por lo anterior, estas redes pueden llegar a presentar interferencia para la implantación de SUDS.

Figura 27. Estación Retorno – Redes alumbrado público



Fuente: Elaboración propia

Con relación a las redes de alcantarillado sanitario y pluvial, en la Figura 28. Estación Retorno – Redes alcantarillado se presentan las redes de alcantarillado existentes y proyectadas; en general las tuberías se localizan por calzada, con excepción del colector del alcantarillado pluvial de D. 1.20 m que existe por la calle 42B sur y las conexiones domiciliarias de aguas lluvias y residuales de la estación, localizadas en la zona de espacio público de la carrera 12ª Este con calle 42 A sur.

En cuanto a las redes de acueducto no se evidencia interferencia con la posible implantación de SUDS; las dos redes de PVC Ø8" que existen por la carrera 12ª Este se encuentran en el andén opuesto y las redes en PVC Ø4" que existen tanto por la carrera 12B Este como calle 43ª sur se relocaliza por interferencia con canalizaciones de alumbrado público.

**Figura 28. Estación Retorno – Redes alcantarillado**



Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar, que la empresa Vanti tiene infraestructura de Gas Natural en polietileno de 3/4", redes que saldrán de servicio por la demolición de los predios que actualmente surten de estas redes.

### 9.3 EVALUACIÓN ZONAS VERDES

El preinventario de zonas verdes de las alternativas analizadas en la fase de factibilidad del estudio se llevó a cabo mediante la superposición de áreas en cada una de las alternativas, respecto de la oferta de zonas verdes en el área de influencia de intervención. A continuación se presentan los datos preliminares obtenidos por tramos del proyecto.

- Tramo 1 (Estación 20 de Julio – Estación La Victoria).

En el Tramo 1 se puede observar que el trazado de la alternativa 4 afecta parques (136.94 m<sup>2</sup>) y separadores viales (39.30 m<sup>2</sup>) para un total de 176.24 m<sup>2</sup>. Ver figura 29 y Tabla 44.

Figura 29. Inventario de Zonas Verdes – Tramo 1



Fuente: Fuente: SIGAU, 2021.

Tabla 44. Preinventario de Zonas Verdes Tramo 1 – Alternativa 4

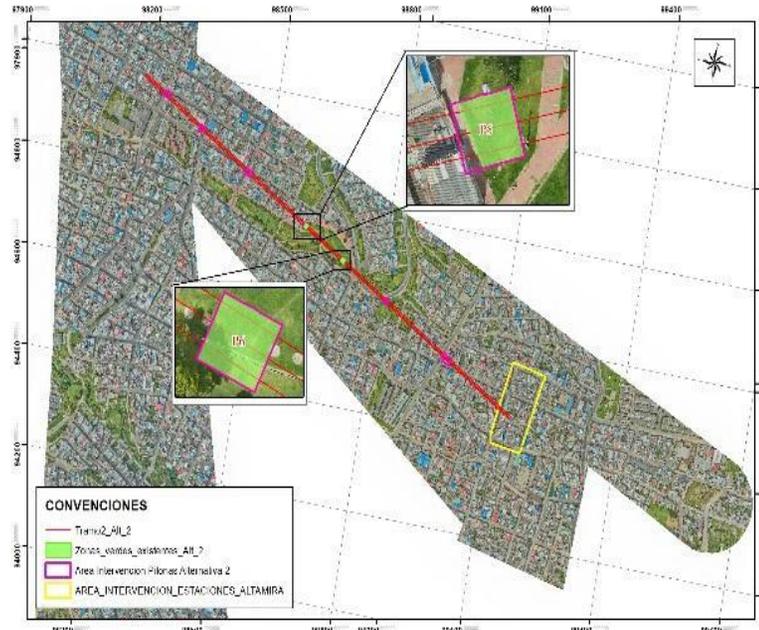
| ZONA  | DESCRIPCIÓN   | ÁREA TOTAL (ha) |
|---|---|-----------------|
|   |   | ALT. 4          |
| <b>Constitutivos Naturales</b>                  |   |                 |
| <b>Corredores ecológicos</b>                    | Corredor Ecológico de Ronda, conformado por la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental.   | 0               |
| <b>Constitutivos Artificiales o Construidos</b> |   |                 |
| <b>Articuladores de Espacio Público</b>         | Parque (Metropolitanos, Zonales, Vecinales y Bolsillo).   | 136,94          |
| <b>Circulación Peatonal y Vehicular</b>         | Corredor Ecológico Vial – Correspondiente a zonas verdes y las áreas de control ambiental de las vías urbanas V-0, V-1, V-2 y V-3 (Art. 100 Decreto 190 de 2004). | 0               |
|   | Glorieta Vial (ver párrafo 2)   | 0               |
|   | Separadores Viales (ver párrafo 2)  | 39,3            |
| <b>En espacio privado</b>                       | Antejardines en desarrollo de obras de utilidad pública.  | 0               |
| <b>ÁREA TOTAL (ha)</b>                          |   | <b>176,24</b>   |

Fuente: Basado en el Artículo 3°, Resolución conjunta 001/19.

- Tramo 2 (Estación La Victoria – Estación Retorno).

Las zonas verdes existentes encontradas en el cruce de cada alternativa del tramo 2 indican que la alternativa 2 tiene menor afectación con 114.83 m<sup>2</sup> correspondiente un separador vial (110.82 m<sup>2</sup>) y un Antejardín (14.01 m<sup>2</sup>). Ver Figura 30 y Tabla 45.

**Figura 30. Inventario de Zonas Verdes Tramo 2**



Fuente: SIGAU, 2021

**Tabla 45. Preinventario de Zonas Verdes Tramo 2 – Alternativa 2**

| ZONA  | DESCRIPCIÓN  | ÁREA TOTAL (ha) |
|---|--|-----------------|
|   |  | ALT. 2          |
| <b>Constitutivos Naturales</b>                  |  |                 |
| <b>Corredores ecológicos</b>                    | <i>Corredor Ecológico de Ronda, conformado por la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental.</i>   | 0               |
| <b>Constitutivos Artificiales o Construidos</b> |  |                 |
| <b>Articuladores de Espacio Público</b>         | <i>Parque (Metropolitanos, Zonales, Vecinales y Bolsillo.</i>  | 0               |
| <b>Circulación Peatonal y Vehicular</b>         | <i>Corredor Ecológico Vial – Correspondiente a zonas verdes y las áreas de control ambiental de las vías urbanas V-0, V-1, V-2 y V-3 (Art. 100 Decreto 190 de 2004).</i> | 0               |
|   | <i>Glorieta Vial (ver párrafo 2)</i>   | 0               |
|   | <i>Separadores Viales (ver párrafo 2)</i>  | 100,82          |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

| ZONA                   | DESCRIPCIÓN   | ÁREA TOTAL (ha) |
|------------------------|---|-----------------|
|                        |   | ALT. 2          |
| En espacio privado     | <i>Antejardines en desarrollo de obras de utilidad pública.</i> | 14,01           |
| <b>ÁREA TOTAL (ha)</b> |   | <b>114,83</b>   |

Fuente: Basado en el Artículo 3°, Resolución conjunta 001/19.

## 9.4 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

### 9.4.1 Análisis de lluvias

En la localidad de San Cristóbal, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá opera la estación pluviográfica de Juan Rey, El Delirio y Cañada Chiguaza. En la Tabla 46. Estaciones Hidrométricas se presenta la localización de las estaciones y los años de registro de la precipitación.

**Tabla 46. Estaciones Hidrométricas**

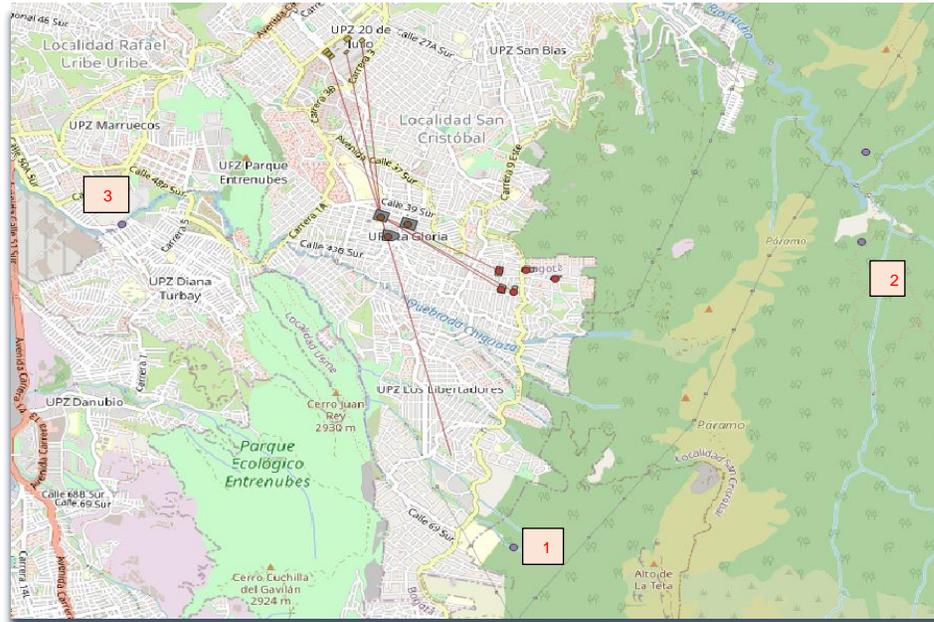
| ESTACIÓN          | Tipo          | Código       | SUBCUENCA        | LOCALIZACIÓN |          |                  | AÑOS REGISTRO |
|-------------------|---------------|--------------|------------------|--------------|----------|------------------|---------------|
|                   |               |              |                  | Latitud      | Longitud | Elevación (msnm) |               |
| Juan Rey          | Pluviográfica | 20204 - P081 | Q. Palo Blanco   | 4°31'        | 74°05'   | 2985             | 1990 -2020    |
| El Delirio        | Pluviográfica | 20013 - P035 | R. San Cristóbal | 4°33'        | 74°04'   | 3000             | 1933 -2021    |
| Canadá - Chiguaza | Limnimétrica  | 20089 - L094 | Q. Chiguaza      | 4°28'        | 74°38'   | 2800             | 1998 -2020    |

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31. Localización Estaciones pluviométricas se presenta la ubicación de las estaciones con respecto al proyecto del Cable de San Cristóbal.

La estación Juan Rey, localizada en la parte alta del barrio del mismo nombre, presenta una precipitación media anual de 1222.6 mm, con distribución de las lluvias de tipo bimodal. Los meses de mayor precipitación corresponden a junio y julio con registros de precipitación media anual de 153.1 y 154.2 mm, valores que representan el 26% del total de la precipitación anual. La época de menor precipitación se extiende entre los meses de diciembre a enero, en donde la precipitación media mensual no supera el 5% de la precipitación anual.

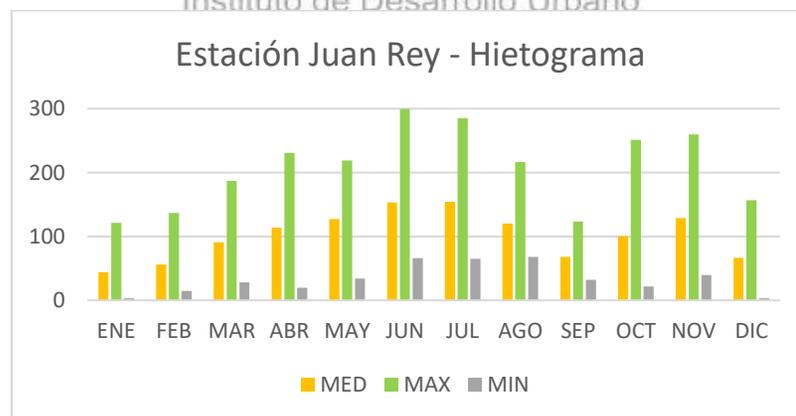
**Figura 31. Localización Estaciones pluviométricas**



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 32. Hietograma Estación Juan Rey, se presenta el hietograma de lluvias de la estación, se observa que las precipitaciones máximas se presentan en los meses de junio y julio, con valores de 299.7 mm y 285 mm, respectivamente.

**Figura 32. Hietograma Estación Juan Rey**



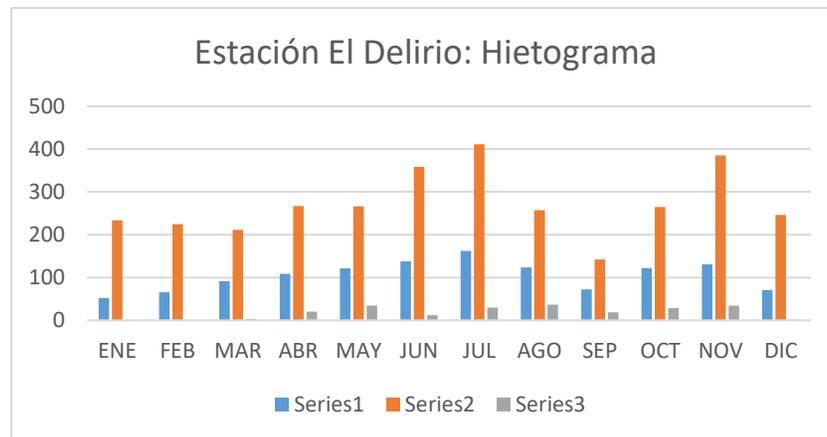
Fuente: Elaboración propia.

En la estación El Delirio, la precipitación media anual es de 1258.2 mm, con distribución de las lluvias bimodal. Los meses de mayor precipitación corresponden a junio y julio con registros de precipitación media anual de 137.3 y 162.4 mm, valores que representan el

24% del total de la precipitación anual. Al igual que la estación de Juan Rey, los meses de menor precipitación son diciembre a enero, en donde la precipitación media mensual no supera los 71 mm (6% de la precipitación anual).

En la Figura 33. Hietograma Estación El Delirio se presenta el hietograma de lluvias de la estación, se observa que las precipitaciones máximas se presentan en los meses de junio y julio, con valores de 410.9 mm y 257.1 mm, respectivamente.

**Figura 33. Hietograma Estación El Delirio**



Fuente: Elaboración propia

#### 9.4.2 Valores profundidad de lluvia

En el estudio técnico de “Investigación de las tipologías y/o tecnologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS) que más se adaptan a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C., Producto 3 – Guía técnica de diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)” del Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental CIIA, en el numeral 4.1.4 (Capítulo 4) se presentan los valores de la profundidad de lluvia (hp) estimados para las estaciones operadas por la EAAB-ESP. En la Tabla 47. Valores de profundidad de lluvia (hp) Estaciones pluviométricas se presentan los datos de las estaciones mencionadas.

**Tabla 47. Valores de profundidad de lluvia (hp) Estaciones pluviométricas operadas por la EAAB-ESP**

| ESTACIÓN   | Tipo          | Código       | COORDENADAS |         |                  | hp (mm) |
|------------|---------------|--------------|-------------|---------|------------------|---------|
|            |               |              | Este        | Norte   | Elevación (msnm) |         |
| Juan Rey   | Pluviográfica | 20204 - P081 | 991780      | 999260  | 2985             | 17.4    |
| El Delirio | Pluviográfica | 20013 - P035 | 994730      | 1002120 | 3000             | 22.3    |

Fuente: Guía técnica de diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)

### 9.4.3 Curva Intensidad Duración Frecuencia

Los parámetros de cálculo de la curva I-D-F de la zona de estudio, se pueden consultar en Tabla 16. Curvas Intensidad – Duración - frecuencia, coeficientes de cálculo suministrados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado.

## 9.5 TIPOLOGIAS DE SUDS

En la norma técnica de diseño NS-166 de la EAAB-ESP, se presentan las tipologías de sistemas urbanos de drenaje sostenible – SUDS que pueden adaptarse en la ciudad:

- (1) cunetas verdes.
- (2) cuenca seca de drenaje extendido,
- (3) alcorques inundables,
- (4) zonas de bio-retención,
- (5) tanques de almacenamiento,
- (6) pavimentos permeables y
- (7) zanjas de infiltración.

La selección de la tipología de SUDS para un proyecto depende de características propias del lugar y aspectos como:

- ✓ Espacio disponible para construir el SUDS, características topográficas y pendiente.
- ✓ Del Diseño de Urbanismo y Paisajismo.
- ✓ Del Diseño Forestal.
- ✓ Parámetros hidrológicos.
- ✓ Características de los suelos, nivel freático y permeabilidad de los suelos.
- ✓ Disponibilidad de redes de alcantarillado pluvial para efectuar el desagüe de las estructuras.

De las tipologías de SUDS recomendadas en la norma NS 166, se procede a analizar la posible implementación en el proyecto y limitaciones.

- Cunetas verdes.

*“Las cunetas verdes son tipologías de SUDS que transportan la escorrentía local y la descargan al sistema de drenaje convencional o directamente a los cuerpos de agua receptores, así como a otras tipologías de SUDS que conforman un tren de tratamiento. Consisten en depresiones del suelo en forma triangular o trapezoidal que están cubiertas de césped, a través del cual se filtra la escorrentía. Las cunetas se diseñan para un evento con un período de retorno de 3 a 5 años y la longitud mínima recomendada es de 30 m”.<sup>(1)</sup>*

Los criterios de localización y restricciones de esta tipología se presentan en la Tabla

48. Criterios localización Cunetas Verdes.

**Tabla 48. Criterios localización Cunetas Verdes**

| CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN  | Valor     | ESTACIÓN INTERMEDIA | ESTACIÓN RETORNO |
|--|-----------|---------------------|------------------|
| Zona de espacio público (*): Separadores viales, parques lineales. |           | No Cumple           | No Cumple        |
| Redes alcantarillado pluvial                                       |           | Cumple              | Cumple           |
| Cobertura Vegetal: pastos, Jardinería                              |           | Cumple              | Cumple           |
| <b>RESTRICCIÓN</b>   |           |                     |                  |
| Pendiente longitudinal**   | >1%<10%   | Cumple parcial      | Cumple parcial   |
| Distancia Nivel freático   | > 1.5m    | Cumple (2 m)        | Cumple (3 m)     |
| Tasa de infiltración   | > 13 mm/h | Cumple (13.60 mm/h) | Sin determinar   |
| Distancia a cimientos***   | > 4 m     | Cumple              | No Cumple        |

Fuente: EAAB ESP, Norma Técnica NS-166 SUDS

(\*) Con el proyecto del Cable, en las estaciones Intermedia y Retorno el espacio público será intervenido para dejar andenes más amplios, pasos peatonales en adoquín para acceso a la estación y zonas verdes, por ende, la zona no presente características adecuadas para desarrollar esta tipología de SUDS, como son “*depresiones del suelo en forma triangular o trapezoidal que están cubiertas de césped, a través del cual se filtra la escorrentía*”.

(\*\*) En la estación Intermedia (La Victoria) la pendiente longitudinal de las calles 40 sur y 41 sur son superiores al 10%, mientras en las carreras 3ª Este y 3C Este la pendiente estimada se encuentra en el rango de 1.26% a 5.72%. En la estación Retorno (Barrio Altamira) la pendiente longitudinal de las vías de acceso a la estación es: calle 42 B Sur (13.10%), calle 43ª Sur (10.40%), carrera 12ª Este (7.20%) y carrera 12B (5.00%).

(\*\*\*) En la estación Retorno, la distancia medida entre la cimentación de la estación y la zona verde proyectada en el espacio público son 2.48 m (carrera 12B Este) y 2.72 m (carrera 12ª Este). Ver Figura 21. Esquema Estación Retorno.

Por otra parte, el proyecto no prevé intervenir separadores viales, ni desarrollar parques o franjas verdes lineales en donde se pueda implementar cunetas verdes con la longitud mínima recomendada 30.0 m. Adicionalmente, en la estación retorno no se cumple con el criterio de pendiente longitudinal máxima (Ver tabla 25, en la zona las pendientes medibles son superiores al 10%).

- Cuenca seca de drenaje extendido.

“La CSDE consiste en una superficie permeable que permite el almacenamiento temporal de escorrentía. Su principal objetivo es disminuir el caudal pico y el volumen de agua que entra al sistema de drenaje convencional o a los cuerpos receptores. La cuenca se encuentra limitada por taludes, y cuenta con una estructura de salida en la parte más baja conformada por una salida controlada y una salida para excesos de escorrentía”. <sup>(1)</sup>.

Los criterios de localización y restricciones de esta tipología se presentan en la Tabla 49. Criterios localización Cuenca Seca

**Tabla 49. Criterios localización Cuenca Seca**

| CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN                          | Valor    | ESTACIÓN INTERMEDIA   | ESTACIÓN RETORNO      |
|--|----------|-----------------------|-----------------------|
| Requiere grandes áreas para su implementación (*). |          | Limitación de espacio | Limitación de espacio |
| Redes alcantarillado pluvial                       |          | Cumple                | Cumple                |
| Cobertura Vegetal: Pastos.                         |          | Cumple                | Cumple                |
| <b>RESTRICCIÓN</b>                                 |          |                       |                       |
| Pendiente longitudinal**                           | >1%<15%  | Cumple parcial        | Cumple parcial        |
| Distancia Nivel freático                           | > 3.0m   | No Cumple (2 m)       | Cumple (3 m)          |
| Tasa de infiltración                               | > 7 mm/h | Cumple (13.60 mm/h)   | Sin determinar        |
| Distancia a cimientos***                           | > 6 m    | Cumple                | No Cumple             |

Fuente: EAAB ESP, Norma Técnica NS-166 SUDS

(\*) Con el proyecto del Cable, en las estaciones Intermedia y Retorno el espacio público será intervenido para dejar andenes más amplios, pasos peatonales en adoquín para acceso a la estación y zonas verdes, por ende, la zona no presente características adecuadas para desarrollar esta tipología de SUDS; “La cuenca se encuentra limitada por taludes, y cuenta con una estructura de salida en la parte más baja conformada por una salida controlada y una salida para excesos de escorrentía”.

(\*\*) En la estación Intermedia (La Victoria) la pendiente longitudinal de las calles 40 sur y 41 sur son superiores al 10%, mientras en las carreras 3ª Este y 3C Este la pendiente estimada se encuentra en el rango de 1.26% a 5.72%. En la estación Retorno (Barrio Altamira) la pendiente longitudinal de las vías de acceso a la estación es: calle 42 B Sur (13.10%), calle 43ª Sur (10.40%), carrera 12ª Este (7.20%) y carrera 12B (5.00%).

(\*\*\*) En la estación Retorno, la distancia medida entre la cimentación de la estación y la zona verde proyectada en el espacio público son 2.48 m (carrera 12B Este) y 2.72 m (carrera 12ª Este). Ver Figura 21. Esquema Estación Retorno.

- Alcorques inundables.

*“Los alcorques inundables se instalan en las aceras y presentan un conjunto de modificaciones que permiten reducir los volúmenes de escorrentía. La implementación de los alcorques puede traer múltiples beneficios como la reducción del volumen de agua superficial, la disminución de nutrientes, el incremento de la amenidad de la zona, la reducción de la erosión del suelo y el control de la concentración de algunos contaminantes presentes en el agua. Los alcorques inundables se deben complementar con estructuras anexas de entrada y salida. Algunas de estas corresponden a: filtros en los sumideros, tubería perforada subterránea, pozo de inspección, entre otras”.<sup>(1)</sup>*

Los criterios de localización y restricciones de esta tipología se presentan en Tabla 50. Criterios localización Alcorques Inundables.

**Tabla 50. Criterios localización Alcorques Inundables**

| CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN                          | Valor    | ESTACIÓN INTERMEDIA | ESTACIÓN RETORNO |
|--|----------|---------------------|------------------|
| Zonas urbanas densas con limitación de espacio (*) |          | Cumple              | Cumple           |
| Redes alcantarillado pluvial                       |          | Cumple              | Cumple           |
| Cobertura Vegetal: Árboles y Arbustos              |          | Cumple              | Cumple           |
| <b>RESTRICCIÓN</b>                                 |          |                     |                  |
| Pendiente longitudinal**                           | < 10%    | Cumple parcial      | Cumple parcial   |
| Distancia Nivel freático                           | > 1.0m   | Cumple (2 m)        | Cumple (3 m)     |
| Tasa de infiltración                               | > 7 mm/h | Cumple (13.60 mm/h) | Sin determinar   |
| Distancia a cimientos***                           | > 2 m    | Cumple              | Cumple           |

Fuente: EAAB ESP, Norma Técnica NS-166 SUDS

(\*) El proyecto de Urbanismo del Cable prevé en las zonas de espacio público de las estaciones Intermedia y Retorno, construir andenes y accesos peatonales en adoquín con algunas zonas verdes, por ende, esta tipología de SUDS es posible desarrollar en la estación Intermedia. En la estación Retorno, en donde la pendiente longitudinal es superior al 10%, no se cumple con este criterio (Ver tabla 25, se tienen pendientes superiores al 10%).

(\*\*) En la estación Intermedia (La Victoria) la pendiente longitudinal de las calles 40 sur y 41 sur son superiores al 10%, mientras en las carreras 3ª Este y 3C Este la pendiente estimada se encuentra en el rango de 1.26% a 5.72%. En la estación Retorno (Barrio Altamira) la pendiente longitudinal de las vías de acceso a la estación es: calle 42 B Sur (13.10%), calle 43ª Sur (10.40%), carrera 12ª Este (7.20%) y carrera 12B (5.00%).

(\*\*) En la estación Retorno, la distancia medida entre la cimentación de la estación y la zona verde proyectada en el espacio público son 2.48 m (carrera 12B Este) y 2.72 m (carrera 12ª Este). Ver Figura 21. Esquema Estación Retorno.

- Zonas de bio-retención.

*“Los alcorques inundables se instalan en las aceras y presentan un conjunto de modificaciones que permiten reducir los volúmenes de escorrentía. La implementación de los alcorques puede traer múltiples beneficios como la reducción del volumen de agua superficial, la disminución de nutrientes, el incremento de la amenidad de la zona, la reducción de la erosión del suelo y el control de la concentración de algunos contaminantes presentes en el agua. Los alcorques inundables se deben complementar con estructuras anexas de entrada y salida. Algunas de estas corresponden a: filtros en los sumideros, tubería perforada subterránea, pozo de inspección, entre otras”. (1).*

Los criterios de localización y restricciones de esta tipología se presentan en la Tabla 51. Criterios localización Zonas de bio retención:

**Tabla 51. Criterios localización Zonas de bio retención**

| <b>CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN</b>                   | Valor    | ESTACIÓN INTERMEDIA | ESTACIÓN RETORNO |
|--|----------|---------------------|------------------|
| Zonas urbanas densas con limitación de espacio (*) |          | Cumple              | Cumple           |
| Redes alcantarillado pluvial                       |          | Cumple              | Cumple           |
| Cobertura Vegetal: Árboles y Arbustos              |          | Cumple              | Cumple           |
| <b>RESTRICCIÓN</b>                                 |          |                     |                  |
| Pendiente longitudinal (**)                        | < 10%    | Cumple parcial      | Cumple parcial   |
| Distancia Nivel freático                           | > 1.8m   | Cumple (2 m)        | Cumple (3 m)     |
| Tasa de infiltración                               | > 7 mm/h | Cumple (13.60 mm/h) | Sin determinar   |
| Distancia a cimientos***                           | > 6 m    | Cumple              | No Cumple        |

Fuente: EAAB ESP, Norma Técnica NS-166 SUDS

(\*) El proyecto de Urbanismo del Cable prevé en las zonas de espacio público de las estaciones Intermedia y Retorno, construir una plazoleta en adoquín con algunas zonas verdes, por ende, esta tipología de SUDS es posible desarrollar en la estación Intermedia.

(\*\*) En la estación Intermedia (La Victoria) la pendiente longitudinal de las calles 40 sur

y 41 sur son superiores al 10%, mientras en las carreras 3ª Este y 3C Este la pendiente estimada se encuentra en el rango de 1.26% a 5.72%. En la estación Retorno (Barrio Altamira) la pendiente longitudinal de las vías de acceso a la estación es: calle 42 B Sur (13.10%), calle 43ª Sur (10.40%), carrera 12ª Este (7.20%) y carrera 12B (5.00%).

(\*\*) En la estación Retorno, la distancia medida entre la cimentación de la estación y la zona verde proyectada en el espacio público son 2.48 m (carrera 12B Este) y 2.72 m (carrera 12ª Este). Ver Figura 21. Esquema Estación Retorno.

- Tanques de almacenamiento. Los tanques de almacenamiento permiten almacenar parte de la escorrentía superficial que se presenta en un evento de lluvia y entregarla en forma controlada al sistema de alcantarillado y/o usar este almacenamiento para regar jardines, plazoletas, etc. El tanque se puede ubicar en superficie o enterrados, dependiendo del uso. Es recomendable hacer uso de un sistema de pretratamiento o de un dispositivo para separar el agua de primer lavado, ya que esta fracción de la escorrentía tiene una mayor carga contaminantes.

Las limitaciones técnicas que presentan esta tipología son:

- ✓ La implementación requiere equipos de bombeo automatizados además de los trabajos técnicos relacionados con su operación y mantenimientos de equipos de automatización y control.
- ✓ Desarrollar sistemas adicionales de pretratamiento, lavado y drenaje de los sedimentos de fondo acumulados.
- ✓ Su eficiencia en cuanto a la remoción de contaminantes está limitada al pretratamiento que se le dé antes del ingreso al tanque.

En consideración, que esta tipología de SUDS requiere de una infraestructura adicional para su implementación y que en el diseño de las redes interiores de las estaciones se hará el rehuso de las aguas lluvias provenientes de las cubiertas de las estaciones (para uso de baños, riego de jardines, etc) esta tipología de SUDS no se recomienda implementar en el proyecto.

- Pavimentos permeables. Esta tipología se recomienda para parqueaderos descubiertos, bahías públicas de estacionamiento y vías con restricción de carga peatonal o vehicular.

Las restricciones de esta tipología se presentan en la Tabla 52. Criterios localización Pavimentos Permeables

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

**Tabla 52. Criterios localización Pavimentos Permeables**

| RESTRICCIÓN              | Valor     | ESTACIÓN INTERMEDIA | ESTACIÓN RETORNO |
|--------------------------|-----------|---------------------|------------------|
| Pendiente longitudinal** | >0.5%<5%  | Cumple Parcial      | No Cumple        |
| Distancia Nivel freático | > 3.0m    | No cumple (2 m)     | Cumple (3 m)     |
| Tasa de infiltración     | > 13 mm/h | Cumple (13.60 mm/h) |                  |
| Distancia a cimientos*** | > 6 m     | Cumple              | No Cumple        |

(\*) El proyecto de Urbanismo del Cable prevé en las zonas de espacio público de las estaciones Intermedia y Retorno, construir andenes y accesos peatonales a las estaciones en adoquín con algunas zonas verdes, con el proyecto no se intervendrán bahías y/o de parqueaderos. Por otra parte, en las estaciones Intermedia y Retorno se presentan pendientes longitudinales superior al valor máximo recomendado para esta tipología.

(\*\*\*) En la estación Retorno, la distancia medida entre la cimentación de la estación y la zona verde proyectada en el espacio público son 2.48 m (carrera 12B Este) y 2.72 m (carrera 12ª Este). Ver Figura 21. Esquema Estación Retorno.

- Zanjas de infiltración. Su uso se recomienda en áreas urbanas angostas, pero de extensión considerable como parques lineales, separadores viales y/o antejardines. Esta tipología no se recomienda para zonas que se encuentren cerca a sitios en construcción, porque puede ocurrir la colmatación temporada de la estructura.

Los criterios de localización y restricciones de esta tipología se presentan en la Tabla 53. Criterios Localización Zanjas de Infiltración

**Tabla 53. Criterios Localización Zanjas de Infiltración**

| CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN                 | Valor    | ESTACIÓN INTERMEDIA | ESTACIÓN RETORNO |
|---|----------|---------------------|------------------|
| Zonas urbanas angostas, pero extensas (*) |          | No Cumple           | No Cumple        |
| Redes alcantarillado pluvial              |          | Cumple              | Cumple           |
| Cobertura Vegetal: Árboles y Arbustos     |          | Cumple              | Cumple           |
| RESTRICCIÓN                               |          |                     |                  |
| Pendiente longitudinal**                  | >1%; <5% | Cumple parcial      | No Cumple        |
| Distancia Nivel freático                  | > 3m     | No Cumple (2 m)     | Cumple (3 m)     |
| Tasa de infiltración                      | > 7 mm/h | Cumple (13.60 mm/h) | Sin determinar   |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

| CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN | Valor | ESTACIÓN INTERMEDIA | ESTACIÓN RETORNO |
|---------------------------|-------|---------------------|------------------|
| Distancia a cimientos***  | > 6 m | Cumple              | No Cumple        |

Fuente: EAAB ESP, Norma Técnica NS-166 SUDS

(\*\*) En la estación Intermedia (La Victoria) la pendiente longitudinal de las calles 40 sur y 41 sur son superiores al 10%, mientras en las carreras 3ª Este y 3C Este la pendiente estimada se encuentra en el rango de 1.26% a 5.72%. En la estación Retorno (Barrio Altamira) la pendiente longitudinal de las vías de acceso a la estación es: calle 42 B Sur (13.10%), calle 43ª Sur (10.40%), carrera 12ª Este (7.20%) y carrera 12B (5.00%).

(\*\*\*) En la estación Retorno, la distancia medida entre la cimentación de la estación y la zona verde proyectada en el espacio público son 2.48 m (carrera 12B Este) y 2.72 m (carrera 12ª Este). Ver Figura 21. Esquema Estación Retorno.

Esta tipología de SUDS no cumple con varios criterios de restricción; Altura del nivel freático en la estación Retorno (Altura nivel freático 2.0 m), pendiente máxima (Se tienen pendientes medias entre el 9% y 10.40%) y por otra parte, en el proyecto no se tienen “Zonas urbanas angostas, pero extensas” para desarrollar esta tipología de SUDS.

## 9.6 TIPOLOGIA DE SUDS SELECCIONADA

Expuestos los criterios de localización de los SUDS y la información disponible de los perfiles estratigráficos de los suelos presentes en las estaciones La Victoria y Altamira, en cuanto a cada tipologías de SUDS se puede mencionar lo siguiente:

### 9.6.1 Estación Intermedia:

(1) Cunetas verdes. No aplica, no cumple con criterios de localización, distancia a nivel freático, pendiente longitudinal en las calles 41Sur y 40 sur y el proyecto tiene restricción para disponer de espacio público para la implantación de este tipología de SUDS. Esta tipología se recomienda para separadores viales, parques lineales, etc.

(2) Cuenca seca de drenaje extendido. No aplica, no cumple con criterios de localización, distancia a nivel freático y el proyecto tiene restricción de espacio público para la implantación de este tipología de SUDS. Esta tipología requiere de grandes áreas para su implementación.

(3) Alcorques inundables. Cumple con los criterios de localización y no tiene restricciones para su implantación en las carreras 3ª Este y 3C Este; en las calles 40 sur y 41 sur existen restricciones de pendiente.

(4) Zonas de bio-retención. Cumple con los criterios de localización y no tiene restricciones para su implantación en las carreras 3ª Este y 3C Este; en las calles 40 sur y 41 sur existen restricciones de pendiente.

(5) Tanques de almacenamiento. En los “*Estudio de factibilidad para los corredores de transporte por Cable aéreo en las localidades de Ciudad Bolívar y San Cristóbal*” realizados por la Empresa Metro, se desarrollaron los diseños de factibilidad para reutilizar las aguas lluvias recolectadas en la cubierta de la estación, por lo tanto, esta tipología no se incluye para áreas externas.

(6) Pavimentos permeables. Cumple con los criterios de localización y no tiene restricciones para su implantación en las carreras 3ª Este y 3C Este; en las calles 40 sur y 41 sur existen restricciones de pendiente. Esta tipología no cumple con el criterio de distancia del nivel freático.

(7) Zanjas de infiltración. No aplica, su implementación se recomienda para áreas angostas, pero de extensión considerable, áreas con estas características no se identifican en el proyecto.

#### 9.6.2 Estación Retorno:

(1) Cunetas verdes. No aplica, no cumple requisitos de localización, pendiente longitudinal y distancia a cimientos; en las carreras 12ª Este y 12B Este la distancia entre los cimientos de la estación y la zona verdes del espacio público es inferior a 3.0 m.

(2) Cuenca seca de drenaje extendido. No aplica por limitación de espacio y distancia a cimientos.

(3) Alcorques inundables. Cumple con los criterios de localización y pendiente longitudinal en las carreras 12ª Este y 12B Este. Se tiene restricciones para su implantación en las calles 42B sur y 43ª sur.

(4) Zonas de bio-retención. Cumple con los criterios de localización y pendiente longitudinal en las carreras 12ª Este y 12B Este. Se tiene restricciones para su implantación en las calles 42B sur y 43ª sur. No obstante, en esta tipología no se cumple con el criterio de distancia a cimientos; la distancia medida entre la cimentación de la estación y la zona verde proyectada en el espacio público son 2.48 m (carrera 12B Este) y 2.72 m (carrera 12ª Este).

(5) Tanques de almacenamiento. En los “*Estudio de factibilidad para los corredores de transporte por Cable aéreo en las localidades de Ciudad Bolívar y San Cristóbal*” realizados por la Empresa Metro, se desarrollaron los diseños de factibilidad para reutilizar las aguas lluvias recolectadas en la cubierta de la estación, por lo tanto, esta tipología no se incluye para áreas externas.

(6) Pavimentos permeables. En las carreras 12A Este y 12B Este se cumple con los criterios de localización y pendiente longitudinal, no obstante no se cumple con el criterio de distancia a cimientos. En las calles 42B sur y 43A sur existen restricciones de pendiente longitudinal para la implantación de esta tipología.

(7) Zanjas de infiltración. No aplica, su implementación se recomienda para áreas angostas, pero de extensión considerable, áreas con estas características no se identifican en el proyecto.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

Con base en lo expuesto y el diseño urbanístico desarrollado por el Consorcio CS se concluye lo siguiente:

- Estación Intermedia. En el diseño de paisajismo, en la carrera 3ª Este se proyectó en la zona de espacio público una franja de 1.0 m de ancho para con zonas verdes y alcorques, por lo anterior, se propone desarrollar la tipología de SUDS alcorque inundable en esta franja de la carrera 3ª Este (calles 41 sur a 40ª sur), en consideración que la pendiente longitudinal medida se encuentra en el rango entre 3.68% a 5.72. En las calles 40 sur y 41 sur, vías que presentan una pendiente longitudinal superior al 10%, no se recomienda la implementación de SUDS.

En la carrera 3C este, con pendiente longitudinal inferior al 10%, por interferencia con las canalizaciones de alumbrado público no se pueden implementar SUDS.

- Estación Retorno. En el diseño de paisajismo se prevé desarrollar en la zona de espacio público una franja de 1.0 m de ancho para zonas verdes, por lo tanto, la tipología de SUDS que se recomendaría para la estación son zonas de bio retención. Sin embargo, en los análisis presentados se identificó que en las calles 42B sur y 43ª sur la pendiente longitudinal es superior al 10% y por lo tanto, no es posible implementar alguna de las tipología de SDUS aceptadas en la norma NS-166.

En la tabla Tabla 51. Criterios localización Zonas de bio retención, se registra que las zonas verdes proyectadas por la carrera 12ª Este (calles 41 sur a 40ª sur), la distancia entre los cimientos de la estación y estas zonas son 2.48 m por lo anterior, no se cumple con el criterio de distancia a cimientos (6 m).

En la carrera 12B Este no se pueden implementar esta tipología de SUDS, porque las zonas verdes cerca a la intersección de la calle 42B sur no cumplen con el criterio de distancia cimientos y adicionalmente, las canalizaciones de alumbrado público (proyectadas en las zonas verdes) presentarían interferencia con las estructuras de los SUDS.

Con base en lo anterior, en la estación Retorno no se pueden implementar tipologías de SUDS.

## 9.7 DISEÑO SUDS

### 9.7.1 Metodología

El diseño hidrológico de SUDS se puede desarrollar a partir de las siguientes metodologías:

- Calcular el caudal base para un período de retorno (Qb). Con este método se busca reducir el caudal pico a través del almacenamiento temporal.

- Volumen de tratamiento ( $V_c$ ). Esta metodología busca reducir el volumen de escorrentía y cargas contaminantes, encausando el agua hacia estructuras hidráulicas que retardan la llegada del agua lluvia al sistema de alcantarillado y adicional eliminan material particulado.

El diseño de SUDS por el método de caudal base incluye la tipología de cunetas verdes y en el segundo método, se incluyen las tipologías de alcorques inundables, cuenca seca de drenaje extendido, pavimentos permeables, zanjas de infiltración y zonas de bio retención.

- Para el primer método, el cálculo del caudal ( $Q_b$ ) se realiza con base en la norma EAAB-ESP NS-085. Criterios de Diseño de sistemas de alcantarillado.
- Volumen de tratamiento. En este método es necesario establecer el volumen de calidad ( $V_c$ ), el cual constituye el volumen óptimo de escorrentía a tratar en la tipología. El volumen de calidad ( $V_c$ ) se calcula con la siguiente expresión:

$$V_c = 10 \cdot \alpha \cdot C \cdot h_{wqcv} \cdot A$$

En donde:

$V_c$ : Volumen de tratamiento ( $m^3$ ).

$A$ : Área de drenaje ( $Ha$ ).

$h_{wqcv}$ : Profundidad de lámina de agua para el volumen de tratamiento ( $mm$ ).

$\alpha$ ,  $C$ : Coeficientes dependientes del tiempo de drenaje y de la tipología particular.

- ✓ En sectores de Bogotá, en donde los estudios hidrológicos han determinado el valor de la profundidad de la lámina de lluvia ( $h_p$ ), el volumen se estima a partir de las áreas tributarias ( $A_d$ ), los coeficientes de escorrentía ( $C$ ), y la profundidad de la lámina de lluvia ( $h_p$ ) propia del sitio a intervenir, empleando la siguiente expresión:

$$V_c = \alpha \cdot C \cdot h_p \cdot A$$

En donde:

$V_c$ : Volumen de tratamiento ( $m^3$ ).

$A$ : Área de drenaje ( $Ha$ ).

$h_p$ : Profundidad de lluvia ( $m$ ).

$\alpha$ ,  $C$ : Coeficientes dependientes del tiempo de drenaje y de la tipología particular.

- ✓ El dimensionamiento de cada tipología de SUDS depende de parámetros propios de cada una de ellas.
- ❖ Alcorques inundables. El dimensionamiento de la estructura (Figura 34. Esquema Alcorque inundable) depende de la profundidad del sustrato ( $dm$ ), tiempo de vaciado del filtro ( $T_d$ ), la permeabilidad ( $k$ ) y la porosidad efectiva ( $nm$ ) según el sustrato utilizado en la tipología. Con base en los parámetros de área superficial de la parte superior del sustrato ( $Asm$ ), el área superficial de la parte más baja del área de

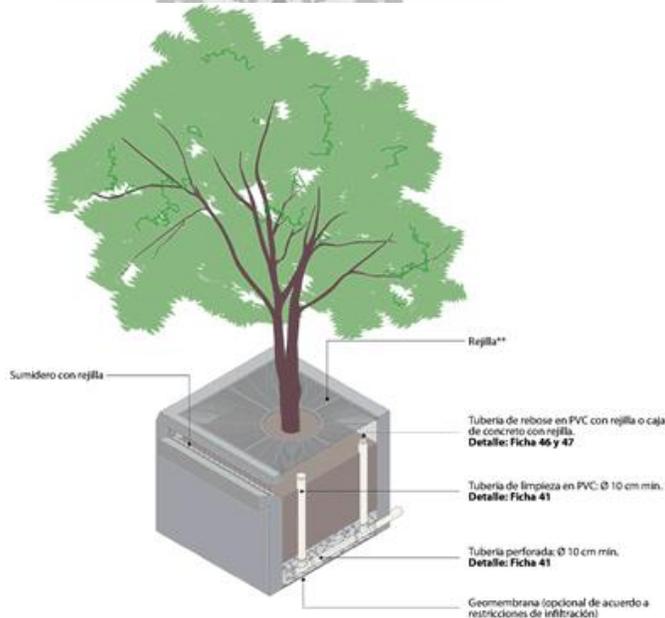
encharcamiento ( $A_s$ ) y el área superficial a la máxima profundidad de encharcamiento ( $A_f$ ), se calcula el volumen de encharcamiento ( $V_{en}$ ) con la expresión:

- Volumen de encharcamiento: Este volumen se requiere en los casos donde la intensidad de los eventos de precipitación es alta y se calcula con el objetivo de garantizar suficiente volumen de almacenamiento. Este valor se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{en} = \frac{A_f + A_s}{2} \cdot d + V_{pt}$$

Donde  $V_{en}$  = Volumen de encharcamiento ( $m^3$ ),  $A_f$  = Área superficial a la máxima profundidad de encharcamiento ( $m^2$ ),  $A_s$  = Área superficial de la parte más baja del área de encharcamiento ( $m^2$ ),  $d$  = Profundidad máxima de diseño ( $m$ ) y  $V_{pt}$  = Volumen almacenado en prácticas de pretratamiento ( $m^3$ ).

**Figura 34. Esquema Alcorque inundable**



Fuente: Norma NS-166. EAAB-ESP

- ❖ Zonas de bio retención. El diseño de estas tipologías (Figura 35. Esquema Zona Bio-retención) de SUDS se efectúa en tres fases:

- Primero, el volumen de calidad ( $V_c$ ) se determina en función del área tributaria, coeficientes de escorrentía y la profundidad de la lámina de lluvia ( $h_p$ ).
- Segundo, el dimensionamiento de la estructura se realiza calculando el área mínima de fondo de la estructura ( $A_{min}$ ) y la profundidad de diseño de la estructura ( $d$ ). El área mínima de fondo de la estructura se determina con la siguiente expresión:

$$A_{min} = \frac{2}{3} \cdot \frac{V_c}{d}$$

Donde:

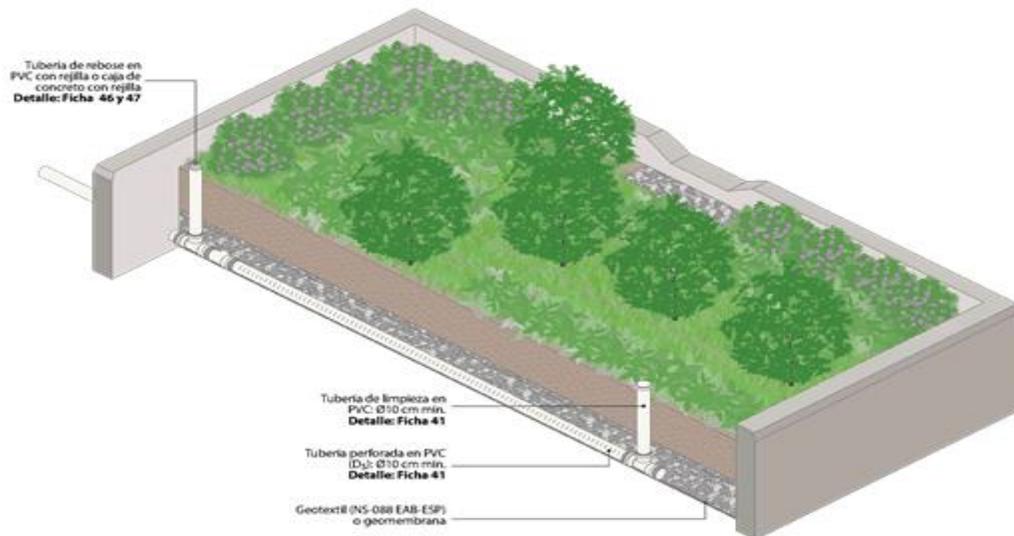
$A_{min}$ : Área mínima de fondo de la estructura ( $m^2$ ).

$V_c$ , volumen de calidad ( $m^3$ ).

$d$  : Profundidad de diseño ( $m$ ).

- Tercero, cuando en los diseños se incluya zonas de bio retención con infiltración parcial o sin restricción, en el diseño se debe incluir el sistema de subdrenaje; tuberías perforadas y una estructura de salida.

**Figura 35. Esquema Zona Bio-retención**



Fuente: Norma NS-166. EAAB-ESP

### 9.7.2 Diseño SUDS

La metodología seleccionada para efectuar el diseño de los SUDS corresponde al Método de Delaware, el cual se incluye la definición de parámetros de diseño hidrológico, suelos, topográficos y urbanísticos.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

- Parámetros Diseño Hidrológicos:

Los parámetros de diseño hidrológico del método de Delaware son.

- ✓ Profundidad de la lluvia. De las estaciones hidrológicas localizadas más próximas a la zona de estudio, la estación de Juan Rey es la que se observa más cercana y por consiguiente, de los valores registrados en la tabla 27, se opta por un (hp) 17.4 mm.

- Parámetros Diseño Suelos:

- ✓ Tasa de infiltración del suelo.

En el desarrollo de los estudios del Cable, el CONSORCIO CS efectuó los estudios geotécnicos que permitieron caracterizar los suelos presentes en la zona de estudio de la estación Retorno. Las exploraciones geotécnicas realizadas en la zona describen el perfil estratigráfico de la estación: el estrato superior de aproximadamente 1 metro de espesor corresponde a un suelo orgánico limoso con arena fina y fragmentos de escombros (Qra1) y el segundo estrato entre 1 a 7 m de profundidad, se describe como un depósito de matriz soportado en arcilla limosa y/o arcilla arenosa (Qrs). Para el primer estrato, el coeficiente de permeabilidad (k) teórico se encuentra entre  $10^{(-3)}$  a  $10^{(-5)}$  y para el segundo estrato entre  $10^{(-4)}$  a  $10^{(-5)}$ .

En la campaña y exploración geotécnica llevada a cabo en los estudios para caracterizar y analizar los suelos presentes en la estación, se efectuaron ensayos de infiltración en dos apiques para evaluar la tasa de infiltración en sitio; en la Tabla 54. Ensayos de permeabilidad en campo se presenta la ubicación de los ensayos y resultados obtenidos.

**Tabla 54. Ensayos de permeabilidad en campo**

| APIQUE | LOCALIZACIÓN                        | COORDENADAS |           | K<br>(mm/H) |
|--------|-------------------------------------|-------------|-----------|-------------|
|        |                                     | N           | E         |             |
| 1      | CARRERA 3C<br>ESTE CALLE<br>40A SUR | 4°55'03"    | 74°09'34" | 19.5        |
| 2      | CARRERA 3C<br>ESTE CALLE<br>40A SUR | 4°55'16"    | 74°09'44" | 10.7        |
| 3      | CALLE 41 SUR<br>CARRERA 3C<br>ESTE  | 4°55'03"    | 74°09'34" | 10.5        |
|        | PROMEDIO                            |             |           | 13.60       |

- Parámetros localización:

En la Tabla 55. Verificación criterios localización SUDS se revisa el cumplimiento de los criterios de localización de SUDS:

**Tabla 55. Verificación criterios localización SUDS**

| CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN                      | Valor    | ESTACIÓN INTERMEDIA |
|--|----------|---------------------|
| Zonas urbanas densas con limitación de espacio |          | Cumple              |
| Redes alcantarillado pluvial                   |          | Cumple              |
| Cobertura Vegetal: Árboles y Arbustos          |          | Cumple              |
| <b>RESTRICCIÓN</b>                             |          |                     |
| Pendiente longitudinal                         | < 10%    | Cumple              |
| Distancia Nivel freático                       | > 1.0m   | Cumple              |
| Tasa de infiltración                           | > 7 mm/h | Cumple              |
| Distancia a cimientos                          | > 2 m    | Cumple              |

En el Anexo 3. Planos de Diseño se presenta el plano de localización de los SUDS propuestos; las memorias de cálculo hidráulico y los ensayos en sitio que permitieron evaluar el coeficiente de permeabilidad de los suelos en la estación Intermedia se presentan en el Anexo 6. SUDS.

## 9.8 ESPECIES ARBOREAS SUDS

Basado en el Manual de Coberturas Vegetales del JBB, donde se presenta un listado especies para algunas tipologías de SUDS que, por estructura o conducción o bio retención, pueden ser relacionados con la Malla Vial, en específico para el Cable Aéreo San Cristóbal seleccionamos 6 especies que cumplen con las condiciones físicas para implementarse en Alcorques Inundables:

- Pino Romeron
- Guayacán de Manizales
- Arrayán de Popayán
- Calistemo Llorón
- Chicalá Amarillo
- Roble Australiano

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

Las condiciones que deben cumplir estas especies tienen que ver sobre todo con el sistema radicular, las seleccionadas presentan raíces medias a profundas (30 – 100 cm) lo que permite regular la escorrentía superficial en zonas urbanas.



## 9.9 OPERACIÓN Y RECOMENDACIONES PARA LA TIPOLOGÍA DE SUDS A IMPLEMENTAR

- Operación Alcorques inundables (Norma NS-166 – EAAB ESP).

Los alcorques inundables son sistemas para el manejo de la escorrentía que por lo general se ubican en los andenes. Se componen de una caja de concreto, que tiene la función de contener las raíces del árbol, y un sistema de drenaje, correspondiente a una tubería de rebose, una tubería de limpieza y una tubería perforada. La escorrentía ingresa al alcorque de manera superficial o por medio de estructuras anexas de entrada. En caso de que se requiera puede acoplarse de manera previa alguna estructura de pretratamiento para reducir la carga de contaminación que ingresa a esta tipología. Una vez ingresa el agua, ésta se almacena temporalmente en los intersticios del suelo empleado, interactuando directamente con la planta sembrada. Durante el tiempo de residencia, el agua es captada y tratada por la planta o por medio de procesos físicos de filtración, asimilación de nutrientes y adsorción de contaminantes en la matriz de suelo empleada. De manera gradual, el agua remanente se infiltra en el suelo circundante, o es descargada a otro sistema de drenaje o a un cuerpo de agua receptor a través de estructuras anexas de salida.

Se recomienda que la vegetación a sembrar sea nativa y que resista eventos extremos de precipitación y tiempos de sequía, teniendo en cuenta orientaciones respecto al uso de estas por la autoridad local. Por otra parte, es aconsejable que el suelo esté compuesto por grava, arena, compost y tierra, con el fin de tener una alta capacidad de retención de contaminantes en la tipología durante el período de almacenamiento. Teniendo en cuenta que existe la posibilidad del ingreso de residuos de gran tamaño, se deben añadir rejillas que no afecten el crecimiento de la vegetación.

- Recomendaciones de construcción de los Alcorques inundables (*Diseño y construcción de SUDS. Luis Angel Sañudo Fontaneda, Jorge Rodríguez, Daniel Castro Fresno*)

Los SUDS exigen la prevención durante su construcción, debiendo exigirse la máxima limpieza posible en la zona de la obra, de manera que no se afecte a las granulometrías y calidades de los materiales empleados. Las recomendaciones para tener en cuenta en el proceso constructivo:

- ✓ No debe permitirse la escorrentía superficial por los sistemas de drenaje urbano durante la construcción, a no ser que venga especificado en los diseños, porque la escorrentía puede arrastrar sedimentos que atasquen los sistemas de infiltración y anulen el funcionamiento de los SUDS antes de estar finalizados.
- ✓ Normalmente, el drenaje es una de las primeras actividades a realizar en una obra, sin embargo los SUDS deben terminarse al final de la obra comprobando su correcto funcionamiento.
- ✓ Debe preverse al final de la obra, la revisión del funcionamiento de los SUDS cuando estén terminados y la posibilidad de realizar ajustes y refinamientos en ellos, basados en los resultados observados.

- ✓ La erosión en los SUDS reduce la efectividad del funcionamiento de estos, además de añadir sedimentos a los que ya arrastra de por sí, llevando una mayor carga de estos aguas abajo y alterando las técnicas de tratamiento empleadas. Algunas recomendaciones para prevenir la erosión son: Mantener la velocidad del agua por debajo de los umbrales de erosión en todo el entorno de la obra y proteger las zonas verdes para reducir el arrastre de sólidos hacia los SUDS.

La inspección y supervisión de la construcción de las estructuras de los SUDS, son fundamentales para comprobar que se están construyendo de forma correcta todos los elementos. Las inspecciones deben efectuarse por lo menos a los siguientes elementos:

- ✓ Inspección previa a cualquier excavación para garantizar que la escorrentía que pueda originarse sea controlada adecuadamente y no cause ninguna obstrucción en los SUDS.
  - ✓ Inspección en las excavaciones asociadas a los distintos SUDS, verificando que la excavación se efectúe con las dimensiones mínimas requeridas por la estructura y el suelo de fundación sea el adecuado para la construcción.
  - ✓ Inspección durante la colocación de cualquier tubería permeable o no para prevenir posibles flujos imprevistos de agua.
  - ✓ Inspección y pruebas durante el emplazamiento de los materiales granulares y rellenos filtrantes.
  - ✓ Inspección final antes de entregar la obra.
- Recomendaciones mantenimiento SUDS durante la operación.

En los alcorques inundables es de gran importancia la vegetación utilizada, su mantenimiento busca salvaguardar el desarrollo y crecimiento de los árboles. Por otra parte, se debe inspeccionar la estructura para impedir la obstrucción del medio y de las estructuras anexas. A su vez, la regularidad con la que deben llevarse a cabo los procesos de mantenimiento varía de acuerdo con la actividad. Igualmente, es de gran importancia inspeccionar el estado del alcorque después de eventos de precipitación fuertes que puedan exceder la capacidad de tratamiento de diseño.

En la etapa de operación del proyecto, el mantenimiento de los alcorques inundables se debe enfocar en los siguientes elementos:

- ✓ Mantenimiento de la estructura.

Se deben realizar como mínimo dos inspecciones al año para retirar las especies vegetales no deseadas, y verificar las necesidades de riego. Además se controlará el estado del sistema de drenaje como canales, sumideros y tuberías de drenaje. En las inspecciones se debe revisar que no se haya producido alteración del sustrato y remover las arenas y sólidos depositados en el SUDS.

En general, después de unas lluvias intensas es conveniente realizar un inspección adicional para verificar que todos los elementos se encuentran en buen estado.

- ✓ Elementos de captación y desagüe.

Anualmente, se deberán revisar los conductos de captación y desagüe de la estructura y eliminar los sedimentos que puedan contener las tuberías de conducción y caja de limpieza del sistema. Cada año se deberá lavar el sistema de drenaje del SUDS.

En la Figura 36. Principales actividades de mantenimiento de los alcorques inundables se presenta un esquema de las actividades de mantenimiento de esta tipología.

**Figura 36. Principales actividades de mantenimiento de los alcorques inundables**



Fuente: Investigación de las tipologías y/o tecnologías de SUDS. U. de los Andes

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  |
|---|--|---|

En complemento de lo anterior, en la Tabla 56. Mantenimiento Especies Arbóreas, se presenta los mantenimientos rutinarios de las especies arbóreas propuestas para los SUDS.

**Tabla 56. Mantenimiento Especies Arbóreas**

| Especie  | Riego<br>(Periodicidad/<br>días) – (Ciclo/<br>Anual) | Plateo<br>(Periodicidad/días)<br>– (Ciclo/ Anual) | Poda<br>(Periodicidad/días)<br>– (Ciclo/ Anual) | Fertilización<br>edáfica<br>(Periodicidad/<br>días) – (Ciclo/<br>Anual) | Replante  |
|--|--|---|---|---|---|
| Pino Romeron<br>( <i>Retrophyllum<br/>rospigioslii</i> )       | 30 - 12  | 45 -12  | 180 - 2   | 120 - 3   | Cuando se<br>requiera<br>(reposición de<br>material vegetal<br>muerto o<br>perdido) |
| Guayacán de<br>Manizales<br>( <i>Lafoensia<br/>acuminata</i> ) | 30 - 12  | 45 -12  | 180 - 2   | 180 - 2   | Cuando se<br>requiera<br>(reposición de<br>material vegetal<br>muerto o<br>perdido) |
| Arrayán de Popayan<br>( <i>Myrcia<br/>popayanensis</i> )       | 30 - 12  | 45 -12  | 180 - 2   | 180 - 2   | Cuando se<br>requiera<br>(reposición de<br>material vegetal<br>muerto o<br>perdido) |
| Calistemo Llorón<br>( <i>Callistemon<br/>viminalis</i> )       | 30 - 12  | 45 -12  | 120 - 3   | 180 - 2   | Cuando se<br>requiera<br>(reposición de<br>material vegetal<br>muerto o<br>perdido) |
| Chicalá Amarillo<br>( <i>Tecoma stans</i> )                    | 30 - 12  | 45 -12  | 120 - 3   | 180 - 2   | Cuando se<br>requiera<br>(reposición de<br>material vegetal<br>muerto o<br>perdido) |
| Roble Australiano<br>( <i>Grevillea robusta</i> )              | 30 - 12  | 45 -12  | 180 - 2   | 180 - 2   | Cuando se<br>requiera<br>(reposición de<br>material vegetal<br>muerto o<br>perdido) |

Fuente: Manual de Coberturas Vegetales, 2020 & Manual de Mantenimiento, 2010.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Supering<br/>Colombia S.A.S.</p> |
|---|--|---|

## 10 HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN.

El Anexo Técnico, Capítulo 6. Redes hidrosanitarias, numeral 7.1 Análisis hidrológico señala:

*“Entendiendo que dentro del área de influencia de los proyectos **pueden llegar a existir cuerpos** de agua (identificados oficialmente) como otras corrientes de agua o cauces (no oficiales generadas por las dinámicas de drenaje del área superficial y subterránea y/o por las diferentes condiciones de topografía, suelo, cobertura vegetal y urbanismo); es importante identificar las problemáticas e inconvenientes que dichos flujos de agua pueden generar sobre la estructura de calzadas, espacio público, puentes, estaciones, obras de estabilización de taludes o cualquier elemento estructural que haga parte de la infraestructura vial o de movilidad de la ciudad afectada y/o proyectada por los Diseños”.*

*Por lo anterior, **en el caso que aplique dicha situación**; es necesario desarrollar un conjunto de estudios y análisis dentro del ámbito hidráulico e hidrológico con el fin de encontrar y entender el comportamiento del cauce o de los flujos de las aguas superficiales o subterráneas que el área del proyecto pueda tener y así identificar los Niveles Máximos de Agua”.*

En la información cartográfica recopilada durante el desarrollo del proyecto, así como en los datos técnicos suministrados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado para la ejecución del proyecto, se identificaron los cuerpos de agua presentes en la zona de estudio y con estos datos se verificó que las obras proyectadas del Cable de San Cristóbal no afectan estas corrientes, por lo anterior, el capítulo 7. Hidrología, Hidráulica y Socavación no aplica.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p><b>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.</b><br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p><b>CONSORCIO CS</b><br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|--|--|--|

## 11 COMUNICADOS Y/O INFORMACIÓN DE COORDINACIÓN INTER INSTITUCIONAL.

Los comunicados radicados a la fecha en las entidades del orden distrital, con solicitud de información del proyecto se relacionan a continuación:

- Comunicado OF-TRA-CASC-006-21 de enero 27 de 20121, dirigido a la Secretaría de Movilidad; el Consorcio CS solicitó información del “*Estudio de Factibilidad Cable Aéreo en San Cristóbal*”.
- Comunicado OF-TRA-CASC-007-21 y OF-TRA-CASC-008-21, dirigido al Instituto de Desarrollo Urbano; el Consorcio CS solicitó información del “*Estudio de Factibilidad Cable Aéreo en San Cristóbal*”.
- Comunicado OF-GEN-CASC-020-21, dirigido a la Alcaldía Local de San Cristóbal, solicitando información del área de estudio.
- Comunicado OF-ARQ-CASC-031-21, dirigido a la Unidad Administrativa especial del Cuerpo de Bomberos de Bogotá, solicitando información del área de estudio.
- Comunicado OF-AMB-CASC-055-21, dirigido a la Secretaría Distrital de Ambiente, solicitando información del área de estudio

En el Anexo 7 Comunicados, se presenta la información referida.

**ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.**  
MOVILIDAD  
Instituto de Desarrollo Urbano

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>ALCALDIA MAYOR<br/>BOGOTÁ D.C.<br/>Instituto<br/>DESARROLLO URBANO</p> | <p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN<br/>DE LA FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL<br/>CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p> |  <p>CONSORCIO CS<br/>Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering</p> |
|---|--|---|

## 12 CANTIDADES DE OBRA

En el Anexo 8 se presentan las cantidades de obra de las redes de acueducto y alcantarillado, cantidades estimadas con base en los planos de diseño anexos al estudio de acueducto y alcantarillado.



## 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### ACUEDUCTO

Con el proyecto del Cable, se deberán efectuar intervenciones en las redes de acueducto en los siguientes sectores:

- Estación de Transferencia. En el Portal de Transmilenio del 20 de Julio, se localiza el Desvío de la línea matriz Vitelma – Jalisco de  $\varnothing$  24", red matriz que no será afectada por la Estación del Cable. En cuanto a las redes menores, la estación del cable afecta un anillo de distribución de PVC 4" localizado entre las calles 30 sur y 31 sur y entre la carrera 4 y 5 (según planchas de la EAAB); se elevó consulta a la EAAB, si esta red se encuentra en servicio o no, para definir su traslado. La cimentación de la pila 1 afecta una red de PVC 4", la cual se propone trasladar al sur de su posición actual para salvar la interferencia.
- En la Estación la Victoria, las redes de acueducto están conformadas por tuberías en material PVC de 4" y 3"; la red que existe de 3" por la calle 40ª sur saldrá de servicio por la construcción de la estación.

La construcción de la Estación Intermedia presenta interferencias con las redes de acueducto localizadas en la calle 40 A Sur (Red PVC 3"), calle 41 sur (Traslado de tubería PVC 4") y carrera 3 A Este (Traslado de tubería PVC 4").

- En la Estación Retorno de Altamira, las redes de acueducto están conformadas por tuberías en material PVC de 4", con excepción de las redes de la carrera 12ª Este que son de 8" de diámetro; estas redes cumplen con la normatividad vigente de la EAAB.

Con la construcción del proyecto, las redes de acueducto de la carrera 12 B Este se deben trasladar al occidente de su posición actual, con el fin de salvar interferencias con los postes y canalizaciones de alumbrado público.

- Se identificaron interferencias de las redes acueducto en la pila 3 (Red 3" PVC), pila 15 (renovación red AC 12") y pila 18, renovación red AC 3"; las redes se deben renovar a PVC y diámetro mínimo de 4" para cumplir con las normas vigentes de la EAAB-ESP.

## ALCANTARILLADO

- En la Estación de Transferencia, se identificaron y solucionaron las interferencias ocasionadas por la implantación de la estación del Cable y la pylona 1; esta infraestructura afecta una tubería de 24" de diámetro y un sumidero, por lo anterior, en el proyecto se diseñaron los traslados necesarios para garantizar el funcionamiento del sistema de alcantarillado del Patio Portal de Transmilenio del 20 de julio.
- En la Estación la Victoria. La EAAB-ESP con el Proyecto No. 8403 del año 2013, efectuó los diseños para la rehabilitación del alcantarillado del Barrio la Victoria, diseños en los cuales se incluyen el sector en donde se proyecta la estación Intermedia. En el estudio, se incluyeron los diseños elaborados por la EAAB-ESP para el sector de la estación Intermedia y se proyectó renovar las redes de alcantarillado que arrojaron una calificación de 5 en el informe de inspección de redes mediante circuito cerrado de televisión.
- En la Estación Retorno de Altamira, las redes de alcantarillado pluvial que existen por la carrera 12B y calle 42B sur se encuentran en buen estado y con el proyecto esta tubería no será afectada. En cuanto a las redes de alcantarillado sanitario, en el informe de inspección de redes mediante CCTV estas obtuvieron una calificación de 5, por lo tanto, estas tuberías se proyectan para renovación,
- En cuanto al diagnóstico realizado de las redes de alcantarillado, con base en el informe de inspección de redes mediante CCTV y la evaluación hidráulica, se tiene que en el Portal de Transmilenio las redes serán intervenidas con el proyecto cumplen con las normas de la EAAB y se pueden mantener en servicio, en la Estación Intermedia, las redes tanto de alcantarillado sanitario como pluvial que presentan un Grado Estructural de 4 y 5 se propone rehabilitar, al igual que las redes del alcantarillado sanitario de la Estación Intermedia que presentan un Grado Estructural similar.
- Aunque existe la posibilidad que las aguas lluvias drenen sobre las plazoletas y andenes que circundan la mayoría de las pylonas del proyecto y/o por escurrimiento superficial lleguen a los sumideros existentes en las vías circundantes a cada una de las pylonas, se considera que teniendo en cuenta que en la mayoría de las zonas las pendientes son altas lo mejor es tratar de interceptar los flujos superficiales antes que lleguen a los andenes o pasos peatonales e inclusive a las vías donde pueden producir accidentes por el fenómeno conocido como hidro planeo de los vehículos. Por lo anterior, el drenaje del espacio público se pretende encausar por medio de canales, cañuelas y tuberías que conduzcan las aguas de manera controlada hacia las vías, zonas verdes adyacentes o sistema de alcantarillado pluvial.

## 14 BIBLIOGRAFIA

1. NS-24. INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS DE ACUEDUCTO DIÁMETROS 1/2" Y 3/4" - NORMA TÉCNICA EAAB.
2. NS-028. PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE SISTEMAS DE ACUEDUCTO- NORMA TÉCNICA EAAB.
3. NS-36. CRITERIOS PARA DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO SECUNDARIA Y MENOR DE DISTRIBUCIÓN - NORMA TÉCNICA EAAB.
4. NS-054. PRESENTACIÓN DE DISEÑOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO- NORMA TÉCNICA EAAB.
5. NS-85. CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO - NORMA TÉCNICA EAAB.
6. NS-090. PROTECCIÓN DE TUBERÍAS EN REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO- NORMA TÉCNICA EAAB.

