

Mudela del Río | Documento Técnico de Soporte

Anexo - Informe Hidráulico



Contenido

Contenido	2
Listado de tablas	4
Listado de figuras	4
1. Condiciones de partida	6
1.1 Hidrología	6
1.1.1 Cuencas área de estudio	8
1.1.2 Sistemas lénticos	9
1.2 Régimen Hidrológico	9
1.2.1 Información meteorológica consultada	9
1.2.2 Régimen de caudal Río Bogotá	10
1.2.3 Régimen de caudal drenajes menores	12
1.3 Climatología	14
1.3.1 Información meteorológica consultada	15
2. Redes de servicios públicos	26
2.1 Acueducto	26
2.2 Alcantarillado	27
3. Criterios de diseño	28
3.1 Acueducto	28
3.2 Alcantarillado sanitario y pluvial	30
4. Planteamiento Urbanístico	33
5. Diseño hidráulico para el Plan Parcial	37
5.1 Acueducto	37
5.1.1 Diseño y parámetros de diseño	37
5.2 Alcantarillado sanitario y pluvial	44
5.2.1 Sistema de Alcantarillado Sanitario	45
5.2.2 Sistema de Alcantarillado Pluvial	52



Este informe hace parte del conjunto de archivos que componen el DTS del Plan Parcial Mudela del Río. Disposiciones en detalle sobre el diagnóstico integral, el planteamiento urbanístico o la estrategia de gestión del Plan se encuentran en el Documento principal.



Listado de tablas

Tabla 1 Red hidrográfica área de estudio	6
Tabla 2 Subcuencas Río Bogotá	6
Tabla 3 Características de las cuencas del área de estudio	8
Tabla 4 Estaciones Meteorológicas consultadas	9
Tabla 5 Estaciones Meteorológicas consultadas	11
Tabla 6 Estaciones Meteorológicas consultadas	15
Tabla 7 Normas EAAB para acueductos	29
Tabla 8 Normas EAAB para alcantarillados	31
Tabla 9 Resumen de población y áreas.....	36
Tabla 10 Caudales para consumo en Mudela del río	38
Tabla 11 Densidad poblacional zona equipamiento Mudela del Río	39
Tabla 12 Caudales para consumo en Mudela del Río.....	40
Tabla 13 Consideraciones y resultados obtenidos.....	42
Tabla 14 Factor de Maximización	46
Tabla 15 Valores coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados	47
Tabla 16 Relación máxima de tubo y/D	48
Tabla 17 Caudales para alcantarillado sanitario en Mudela del Río	49
Tabla 18 Valores de escorrentía C	54
Tabla 19 Valores coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados	56
Tabla 20 Relación máxima de tubo y/D	57
Tabla 21 Restricciones de implementación zonas de bio-retención	59
Tabla 22 Restricciones de implementación cuencas secas de drenaje.....	61
Tabla 23 Restricciones de implementación tanques de almacenamiento	63
Tabla 24 Resultados modelación alcantarillado pluvial.....	66
Tabla 25 Amortiguamiento de picos SUDS.....	68
Tabla 26 Distribución de amortiguamiento SUDS	68

Listado de figuras

Figura 1 Localización de la Estación Torca- CAR en las cuencas hidrográficas del área de estudio.....	8
Figura 2 Sistemas Lénticos ubicados en el área de estudio.....	9
Figura 3 Distribución temporal del caudal del río Bogotá.....	10
Figura 4 Distribución temporal del caudal del río Bogotá.....	11
Figura 5 Caudal Quebrada Torca	12
Figura 6 Caudal drenaje NN.2.....	13
Figura 7 Caudal de la quebrada Cañiza.....	13
Figura 8 Caudal de la quebrada Cañiza.....	14
Figura 9 Estaciones CAR Seleccionadas	15
Figura 10 Precipitación Anual Multianual – Isoyetas	17
Figura 11 Histograma de Precipitación	17
Figura 12 Bloxplot Datos de Precipitación media Mensual.....	18
Figura 13 Histograma de Temperatura.....	19



Figura 14	Boxplot Temperatura media mensual.....	19
Figura 15	Boxplot Temperatura media mensual.....	20
Figura 16	Boxplot de datos medios mensuales de Humedad Relativa	20
Figura 17	Distribución temporal del Brillo Solar.....	21
Figura 18	Boxplot Datos de Brillo Solar	21
Figura 19	Isolíneas de Evaporación anual multianual.....	22
Figura 20	Distribución temporal de la evapotranspiración	23
Figura 21	Boxplot datos de evapotranspiración	23
Figura 22	Distribución temporal de la velocidad del viento	24
Figura 23	Distribución temporal de la velocidad del viento	24
Figura 24	Esquema de la red de acueducto, actual y prevista, en el área del Plan Parcial Mudela del Río.	26
Figura 25	Esquema de la red de alcantarillado, de aguas servidas y pluviales, actual y prevista, en el área del Plan Parcial Mudela del Río.	27
Figura 26	Conceptualización de ejes para parques y espacios peatonales	33
Figura 27	Conceptualización de ejes para parques y espacios peatonales	34
Figura 28	Conceptualización de ejes para parques y espacios peatonales	35
Figura 29	Planes parciales.....	43
Figura 30	Sentidos de drenaje propuesto para el alcantarillado pluvial.....	53
Figura 31	Curvas IDF.....	55
Figura 32	Localización SUDS	58
Figura 33	Esquema de referencia Zona de bio-Retención	59
Figura 34	Sección Típica Zonas de Bio-retención.....	59
Figura 35.	Esquema de referencia cuenca seca de drenaje extendido	62
Figura 36.	Esquema de referencia tanque de almacenamiento	63
Figura 37.	Layout modelo del sistema de drenaje en EPA SWMM	65



1. Condiciones de partida

1.1 Hidrología

Para Colombia, se establece la codificación de las cuencas hidrográficas que conforman la red bajo cinco zonas hidrográficas, constituidas en treinta y nueve (39) cuencas y trescientas cuarenta y tres (343) subcuencas. A partir esta información y teniendo en cuenta el mapa de Zona Hidrográfica y Subzonas Hidrográficas para Colombia, además del Decreto 1640 de 2012, se realizó la clasificación de la red hidrográfica del área de influencia indirecta del proyecto, donde se identifica como área hidrográfica la conformada por los ríos Magdalena-Cauca, al cual drena la zona hidrográfica alto magdalena, siendo las subzonas hidrográficas de mayor interés el río Bogotá

Tabla 1 Red hidrográfica área de estudio

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Sub-zona hidrográfica	Cuenca de orden 4	Cuenca de orden 5	Cuenca de orden 6
Magdalena – Cauca	Alto magdalena	Río Bogotá	Subcuenca Tibitoc-Soacha	Drenaje N.N.1	
				Q. Cañiza	Q. La Floresta
				Q. Torca	Drenaje NN.2

Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM

La ciudad de Bogotá D.C. se encuentra localizada, en la cuenca del río Bogotá, que se extiende en el departamento de Cundinamarca, en un área total de 589.143 Ha. El drenaje principal del río Bogotá nace a 3300 msnm en el municipio de Villa Pinzón hasta su desembocadura al río Magdalena a una altura cercana a los 280 msnm en el municipio de Girardot, en su recorrido de cerca de 308 Kilómetros, transita por diversos municipios, dentro de estos la ciudad de Bogotá, recibiendo aportes de otras corrientes menores tales como el río Apulo, río Neusa, río Tunjuelito, río Teusaca, entre muchos otros, que permite consolidar una cuenca conformada por un total de 19 subcuencas, tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2 Subcuencas Río Bogotá

No	Subcuenca	Área (Ha)	% Área
1	Río Bogotá (Sector Tibitoc-Soacha)	71284	12,1
2	Río Blasillas	62442	10,6
3	Río Bajo Bogotá	54431	9,2
4	Río Apulo	48505	8,2
5	Río Neusa	44735	7,6
6	Río Tunjuelito	41535	7,0
7	Embalse Tomine	37428	6,4



No	Subcuenca	Área (Ha)	% Área
8	Río Teusaca	35818	6,1
9	Río Medio Bogotá	31650	5,4
10	Río Alto Bogotá	27615	4,7
11	Río Calandaima	26840	4,6
12	Río Bogotá (Sector Sisga Tobitoc)	25397	4,3
13	Río Frío	20160	3,4
14	Embalse río Sisga	15526	2,6
15	Río Chicú	14189	2,4
16	Embalse Muña	13422	2,3
17	Río Bogotá (Sector Soacha-Salto)	10725	1,8
18	Río Soacha	4052	0,7
19	Río Negro	3390	0,6
	Total	589143	100

Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá, Resumen ejecutivo, CAR 2006.

De acuerdo con el plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá, la subcuenca que transita a través de la ciudad de Bogotá, es la subcuenca denominada Tibitoc-Soacha, en un área de 71.284 Ha, que corresponde a cerca del 12,1 % del área total de la cuenca del río Bogotá.

La subcuenca Tibitoc-Soacha, de acuerdo con el análisis de índice y escasez, parámetro que relaciona los criterios de oferta y demanda de agua en la cuenca, que permite determinar la disponibilidad de agua presente en la misma, indica que presenta una oferta de 15,21 m³/s en periodo seco y una oferta de 20,67 m³/s en periodos lluviosos. Por otra parte, su demanda se estima en cerca de 5,24 m³/s para uso doméstico, 2,26 m³/s para agropecuario, 0,006 m³/s para uso industrial y 0,15 m³/s de uso ecológico. Presentándose un índice de escasez en periodos secos de categoría alta y en periodos húmedos de categoría media alta, resultado que indica una disponibilidad de agua en la cuenca en periodos secos baja y en periodos lluviosos media-baja.



1.1.1 Cuencas área de estudio

En el área de influencia se identifica como principal drenaje el río Bogotá, el cual pasa por el costado Oeste y recibe todo el aporte de escorrentía superficial del área, tales como la quebrada cañiza (a la que tributa la quebrada La Floresta), la quebrada Torca, entre otros escurrimientos de menor caudal.

La delimitación de las cuencas y de los drenajes del área, se indica en la siguiente figura. La quebrada Torca y el drenaje N.N 1 (sin nombre oficial), son los que drenan directamente al predio de estudio.

Figura 1 Localización de la Estación Torca- CAR en las cuencas hidrográficas del área de estudio



Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM

Tabla 3 Características de las cuencas del área de estudio

Nombre	Longitud drenaje Ppal		Área km ²	Pendiente %	Tiempo Concentración tc (hr)	Perímetro km
	m	km				
Q. Cañiza	4573.81	4.57	6.00	0.13	1.40	14.25
Q. La Floresta	3492.12	3.49	3.76	0.15	1.11	8.15
Q. Torca	3845.77	3.85	2.30	0.16	1.18	9.87
Drenaje NN.2	2259.00	2.26	1.31	0.13	0.82	5.60

Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM



1.1.2 Sistemas lénticos

Los sistemas lénticos en el área de influencia se identifican principalmente asociados a un sistema de lagunas, ubicado en el noreste del área de estudio, que hace parte del valle aluvial del río Bogotá, ha sido formado por los procesos morfo-dinámicos propios de la dinámica fluvial y aporte de agua del río Bogotá en época de lluvias.

Figura 2 *Sistemas Lénticos ubicados en el área de estudio*



Fuente: Adaptado de Google Earth, 2016

1.2 Régimen Hidrológico

1.2.1 Información meteorológica consultada

A continuación, se describen las estaciones Hidrometeorológicas consultadas para el análisis hidrológico del área de estudio. Se consultaron las estaciones CAR aledañas al área de estudio, pluviométricas y climatológica para la generación de caudales de drenajes pequeños. Además de limnigráficas para el análisis de caudal del río Bogotá, a partir de la selección de una serie de datos homogénea de 1970 a 2015.

Tabla 4 *Estaciones Meteorológicas consultadas*

CÓDIGO	CAT	ESTACIÓN	CUENCA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	FECHA INST.
2120077	PM	TORCA	R. BOGOTÁ	4° 47"	74° 02"	2579	1960-02
2120559	CP	APTO GUAYMARAL	R. BOGOTÁ	4° 49"	74° 05"	2560	1965-08
2120742	LG	BALSA LA	R. BOGOTÁ	4° 49"	74° 04"	2542	1939-11

Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM



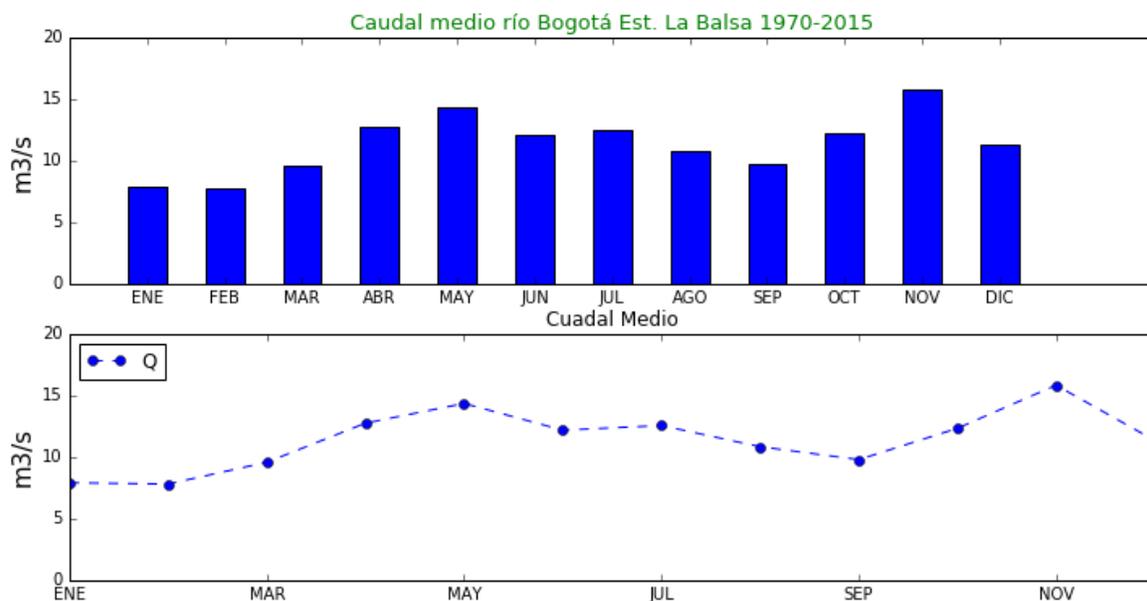
En la **Figura 1** se indica la ubicación de la estación CAR consultada, la cual contiene registros de precipitación puntual para el área de estudio y a partir de cuyos datos se realizó el cálculo de caudales mínimos, medios y máximos de los drenajes de interés.

1.2.2 Régimen de caudal Río Bogotá

Para el análisis de caudales del río Bogotá se consultó el caudal medio mensual de la estación limnográfica La Balsa, a partir de la cual se identifica la distribución temporal de los datos de caudal del río Bogotá.

Los caudales medios a lo largo del año presentan un comportamiento bimodal, presentándose los mayores valores en el periodo de abril a mayo y de octubre a noviembre. En el mes de noviembre se identifica un caudal medio de 15 m³/s, y en los meses de enero, de mayor estiaje, los valores decrecen a 8 m³/s.

Figura 3 Distribución temporal del caudal del río Bogotá

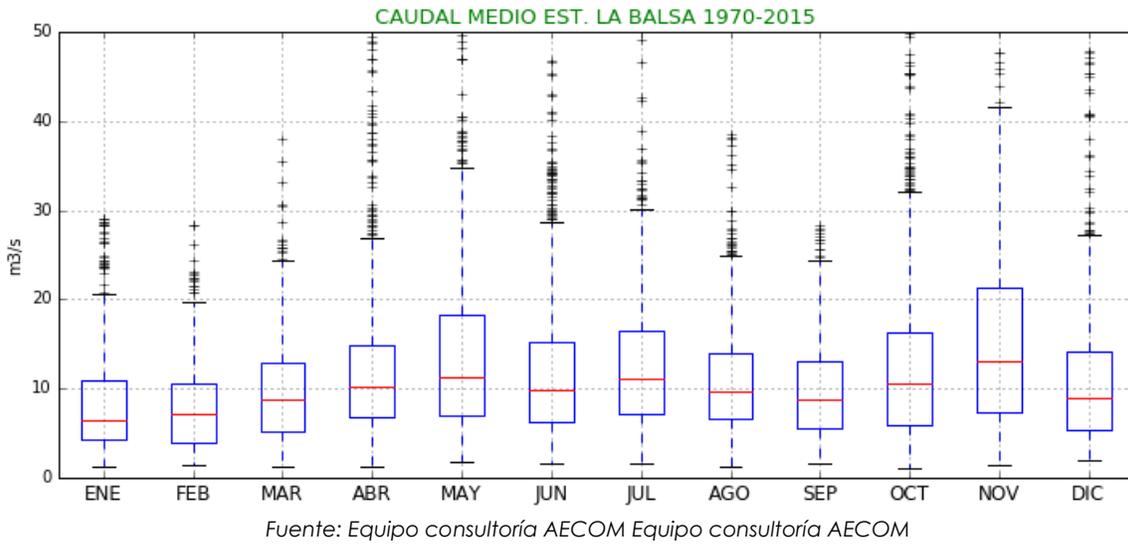


Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM

En la siguiente figura y tabla, se indica la distribución que presentan el total de los datos de caudal consultados del registro de la estación La Balsa. Se evidencia que el caudal del río ha alcanzado valores mínimos de 1.3 m³/s en los meses de enero y agosto.



Figura 4 Distribución temporal del caudal del río Bogotá



Con relación a los valores máximos de caudal, estos superan en el mes de noviembre los 40 m³/s, con valores extremos (de menor probabilidad de ocurrencia) que han alcanzado los 65.6 m³/s.

Además, se puede apreciar que el 25% de las veces el caudal del río es superior a 4 m³/s y el 75% del tiempo superior a los 10 m³/s.

Tabla 5 Estaciones Meteorológicas consultadas

Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q medio	7.92	7.81	9.58	12.75	14.35	12.18	12.56	10.84	9.79	12.33	15.83	11.35
Q min	1.3	1.51	1.28	1.29	1.85	1.61	1.64	1.33	1.54	1.07	1.45	1.93
Q 25%	4.33	3.95	5.18	6.74	7.07	6.34	7.1	6.65	5.48	5.85	7.39	5.4
Q 50%	6.54	7.11	8.81	10.21	11.26	9.79	11.11	9.73	8.84	10.53	13.02	9.01
Q 75%	10.89	10.63	12.91	14.93	18.21	15.27	16.41	13.96	13.15	16.33	21.29	14.19
Q Max	29.1	28.29	38.07	67.85	65.86	57.1	50.14	66.66	28.23	49.8	65.68	66.49
Desviación estándar	5.21	4.63	5.62	10.2	11.17	8.49	7.32	6.11	5.36	8.79	11.15	8.91

Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM



1.2.3 Régimen de caudal drenajes menores

Para los drenajes en los cuales no se cuenta con registro de caudal, al ser drenajes de orden menor, se calcularon caudales a partir de la formulación lluvia-escorrentía, para su aplicación se calculó el coeficiente de escorrentía para el área de drenaje, la intensidad media de la precipitación y el área de la cuenca de interés.

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

Donde,

Q= caudal m³/s

C= coeficiente de escorrentía

I=Intensidad de precipitación (mm/hr)

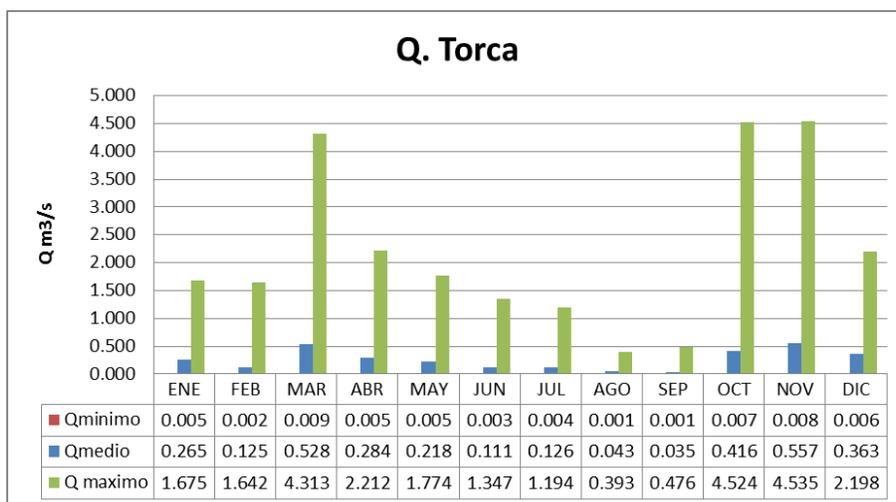
A= superficie de la cuenca

Las series consultadas fueron datos diarios de precipitación mínima, media y máxima de la estación Guaymaral previamente tratados eliminando periodos sin información constante y se completaron datos faltantes.

Los resultados obtenidos para las cuencas de interés nos indican caudales máximos para la cuenca de la quebrada Torca de 4.5 m³/s en los meses de marzo, octubre y noviembre. Por el contrario, en época de estiaje la quebrada puede decrecer a un caudal mínimo de 0.005 m³/s. El caudal medio de la quebrada Torca varía de 0.1 m³/s en época de estiaje a 0.5 m³/s en época de altas precipitaciones.

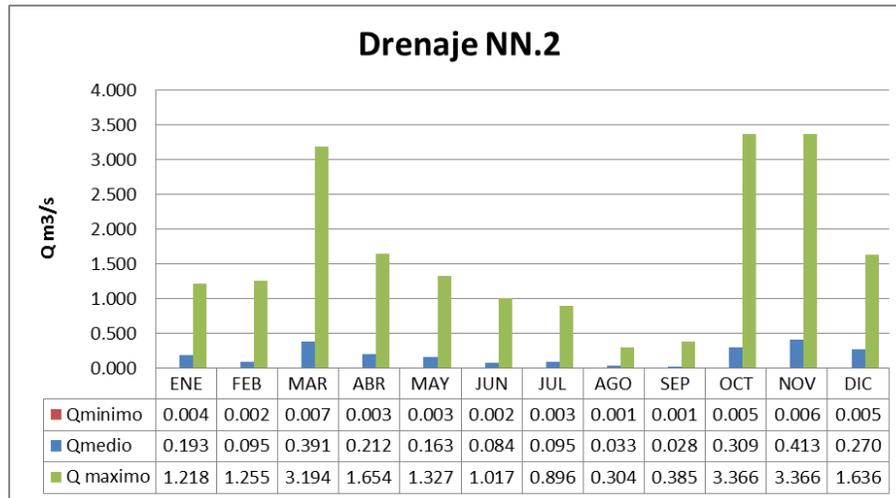
El drenaje N.N 2 es un drenaje intermitente que aporta a la cuenca de la quebrada Torca, presenta caudales mínimos en época seca de 0.001 m³/s, por el contrario, en época de lluvias puede alcanzar valores de

Figura 5 Caudal Quebrada Torca



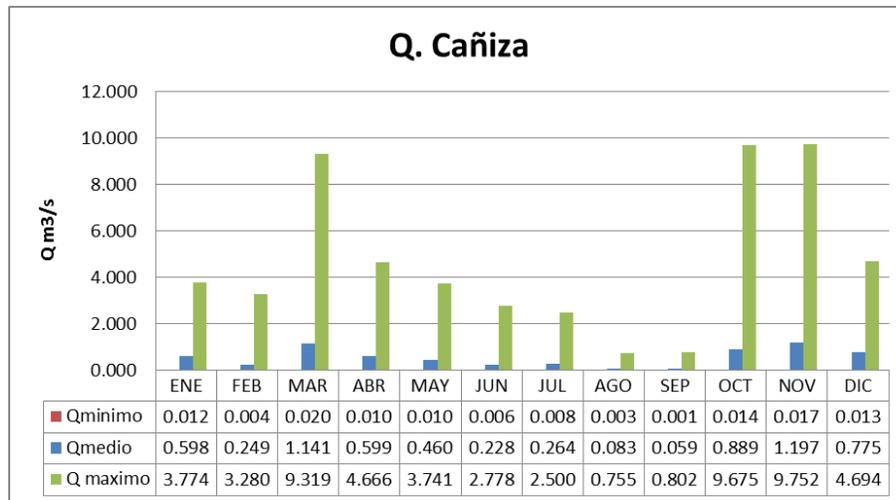
Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM



Figura 6 Caudal drenaje NN.2

Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM

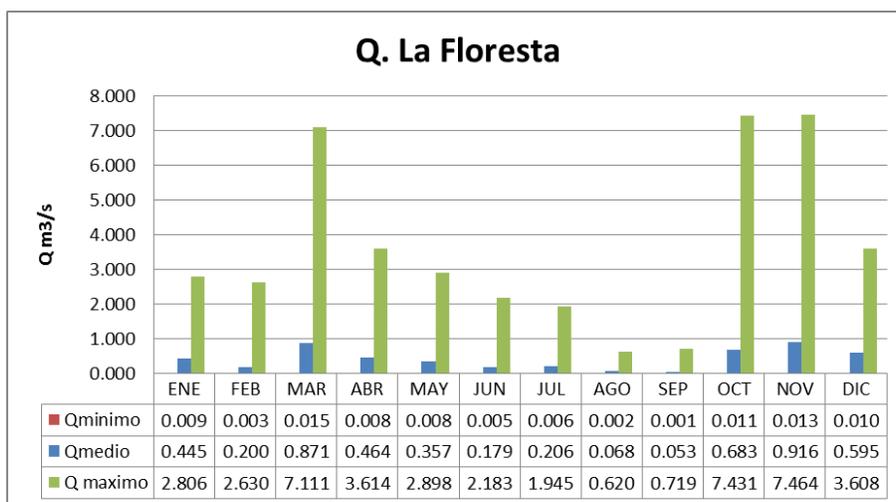
Otro drenaje de interés para la zona, localizado en la parte sur del área de estudio, es la quebrada Cañiza que recibe aporte de la quebrada La Floresta. La quebrada Cañiza alcanza valores de caudal máximo de 9.8 m³/s en el mes de noviembre y mínimos de 0.001 m³/s en el mes de septiembre. El caudal medio varía de 0.05 m³/s a 1.15 m³/s.

Figura 7 Caudal de la quebrada Cañiza

Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM

Por último, la quebrada Floresta, que tributa a la quebrada Cañiza, nace en los cerros orientales y aporta un caudal en época de sequía de 0.001 m³/s, que para la época de lluvias pueda alcanzar valores de 7.4 m³/s. El caudal medio de esta cuenca se estima entre 0.05 m³/s y 0.9 m³/s.



Figura 8 Caudal de la quebrada Cañiza

Fuente: Equipo consultoría AECOM Equipo consultoría AECOM

Los caudales estimados por el método lluvia-escorrentía consideran la precipitación media diaria de la zona de estudio a lo largo del año, la característica de la cobertura vegetal y capacidad de infiltración de los suelos presentes en la zona y las áreas de drenaje de la cuenca. Sin embargo, de acuerdo con las características del uso, patrones de precipitación y continuidad de los registros de las estaciones pluviométricas, tiene asociado a su cálculo un grado de incertidumbre que no es posible calibrar por ausencia de estaciones de registro de caudal en las cuencas de interés de este estudio.

1.3 Climatología

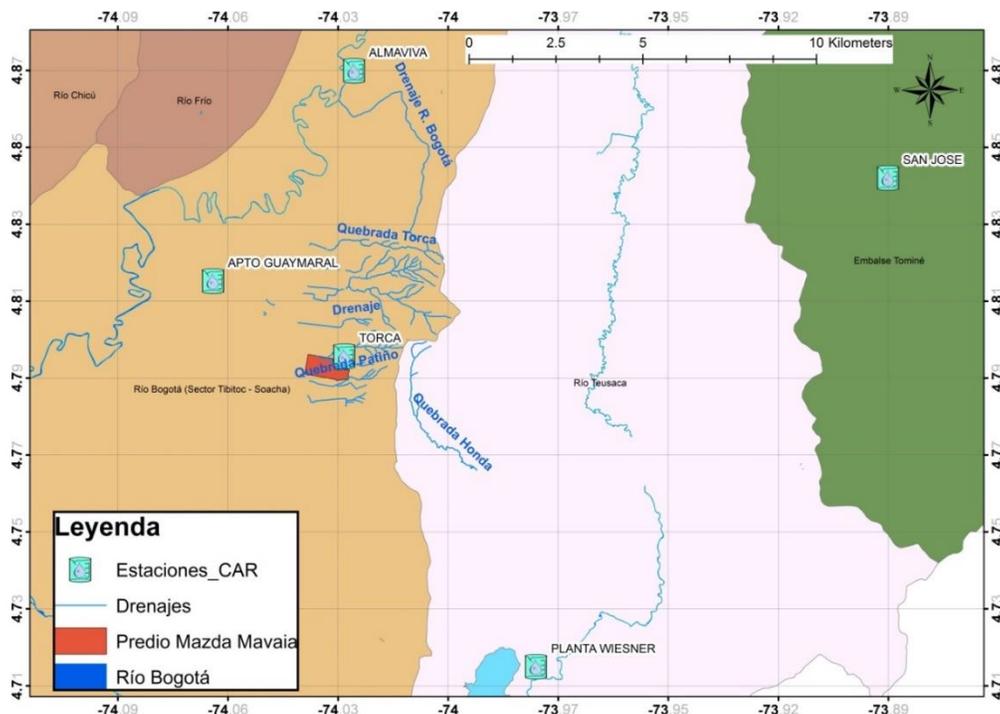
Con el fin de establecer la caracterización climatológica del área de estudio, se seleccionaron las estaciones localizadas en el área y sus alrededores, y se determinaron la variabilidad espacial de la precipitación, la temperatura y la evaporación, por medio de las isolíneas y la distribución temporal de los parámetros más relevantes, tales como precipitación, evaporación, humedad relativa, temperatura y brillo solar.



1.3.1 Información meteorológica consultada

A continuación, se identifica la ubicación de las estaciones seleccionadas.

Figura 9 Estaciones CAR Seleccionadas



Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

En la Tabla 6 se describen las estaciones meteorológicas consultadas para el análisis de las variables climáticas del área de estudio. Se consultaron las estaciones CAR localizadas en el área de estudio y se seleccionaron aquellas más próximas al área de estudio y con una serie de datos homogéneo.

Tabla 6 Estaciones Meteorológicas consultadas

Código	Municipio	Cat	Estación	Cuenca	Latitud	Longitud	Altura	Fecha instalación
2120077	BOGOTA	PM	TORCA	R. BOGOTA	4° 47"	74° 02"	2579	1960-02
2120559	BOGOTA	CP	APTO GUAYMARAL	R. BOGOTA	4° 49"	74° 05"	2560	1965-08
2120642	LA CALERA	CP	PLANTA WIESNER	R. TEUSACA	4° 41"	73° 30"	2795	1984-12
2120080	GUASCA	PM	SAN JOSE	EMB. TOMINE	4° 59"	73° 54"	2700	1960-10
2120113	CHIA	PM	ALMAVIVA	R. BOGOTA	4° 52"	74° 01"	2595	1973-04

Fuente: elaboración propia con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca



Las series consultadas fueron previamente tratadas, se eliminaron periodos sin información constante y se completaron datos faltantes.

1.3.1.1 Precipitación

Para los análisis espaciales de la precipitación se utilizaron los registros de todas las estaciones de la zona y para la caracterización temporal de la precipitación los registros de la estación Guaymaral que es la más cercana el área de estudio, localizada a una altura de 2.560 msnm., en la autopista norte con calle 205.

1.3.1.1.1 Distribución espacial

Con el fin de realizar un análisis espacial de la precipitación, se determinó interpolar la variable a una resolución temporal anual multianual. El método que se empleó para la estimación de los campos de interpolación corresponde al método de la distancia inversa (IDW) el cual se basa en la relación de los puntos más cercanos y el grado de influencia el cual varía en el cuadrado de la distancia (Luo et al., 2008), este método presenta buenos resultados cuando la información disponible se encuentra a determinadas distancias una de la otra, en este caso de estudio contamos con registros puntuales y discretos en diferentes sectores de la cuenca. La expresión matemática del método se describe a continuación. La fórmula general del método (IDW) es:

$$\hat{Z}_j = \sum_{i=1}^n K_{ij} * Z_i$$

Dónde:

Z_j corresponde al valor estimado para el punto j

N es el número de puntos usados en la interpolación

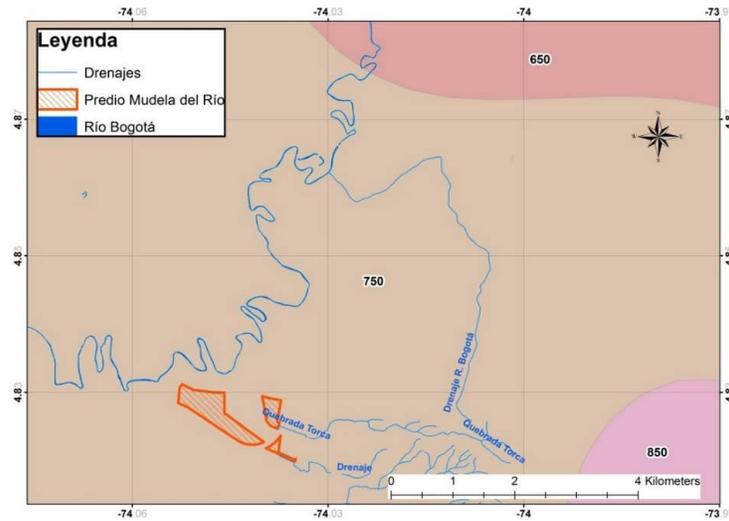
Z_i corresponde al valor en el punto i -ésimo

K_{ij} el peso asociado al dato i en el cálculo del nodo j , los pesos de la función K varían en un intervalo entre 0 y 1 para cada dato.

En la siguiente figura se presenta la distribución espacial de la variable precipitación a una resolución anual multianual, se puede observar que los valores máximos, se presentan en la zona de los cerros orientales, con valores que fluctúan entre los 1.100 mm y 1.400 mm., y disminuyen paulatinamente hacia el norte y hacia el occidente. Para el área de estudio la precipitación anual multianual es de 750 mm.



Figura 10 Precipitación Anual Multifanual – Isoyetas



Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

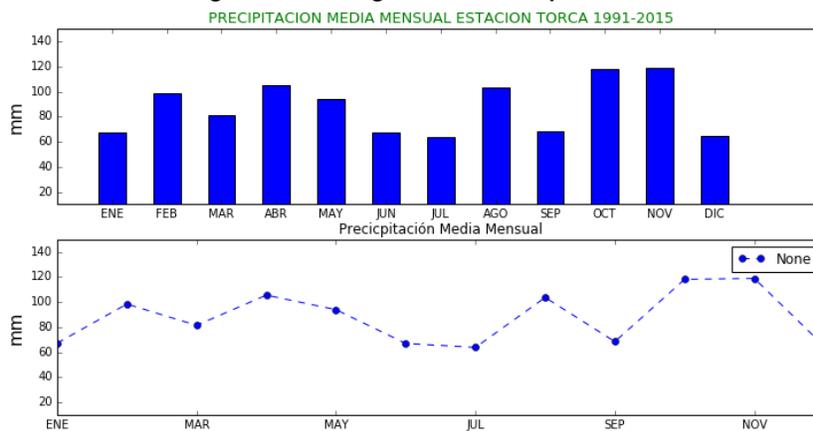
1.3.1.1.2 *Distribución Temporal*

La distribución a lo largo del año, como se aprecia en la Figura 11 es de tipo bimodal, que se genera por el paso de la Zona de Confluencia Intertropical, tanto en el primer semestre del año, como en el segundo, presentando dos periodos húmedos.

El primer período húmedo de abril a mayo, siendo abril el mes más húmedo, con un valor cercano a los 92.26 mm. El segundo periodo húmedo es octubre y noviembre con una precipitación cercana en el mes de octubre a los 110 mm.

Los períodos de estiaje se presentan entre los meses de diciembre a marzo y entre junio y septiembre. El mes más seco es enero, con una precipitación media de 32 mm.

Figura 11 Histograma de Precipitación



Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

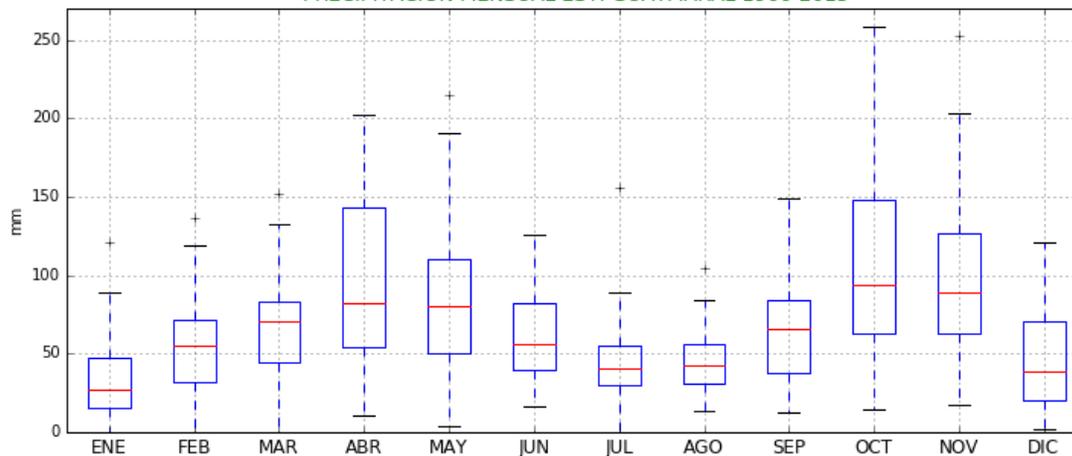
En la siguiente figura, se presenta la distribución de los datos de precipitación media mensual registrada en la estación Guaymaral desde el año 1966 hasta el año 2015. El mayor



registro de precipitación media es de 250 mm en el mes de octubre y 200 mm en el mes de abril y noviembre. Lo mínimos registros van desde 0 hasta 18 mm.

Figura 12 Bloxplot Datos de Precipitación media Mensual

PRECIPITACION MENSUAL EST. GUAYMARAL 1966-2015



Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

1.3.1.2 Temperatura

La temperatura es proporcional a la fluctuación de la radiación total incidente; sin embargo, existe un desfase según las condiciones atmosféricas del día; la temperatura máxima se registra después del mediodía y la mínima un poco antes de la salida del sol (Jaramillo, 2005). La latitud, la altitud, las corrientes marinas, los vientos, la nubosidad, el relieve, la convección y la turbulencia del aire son algunos de los factores que la afectan (Murthy, 2002).

1.3.1.2.1.1 Distribución espacial

Para el análisis de la distribución espacial de la temperatura, a partir de los datos de temperatura de las estaciones meteorológicas consultadas, se implementó la metodología de la distancia inversa (IDW), descrita en el numeral de distribución espacial de la precipitación, a partir de este método se interpolaron los datos y generaron las isotermas en formato Raster.

Los valores más bajos de temperatura se presentan en la parte alta, en todo el sector de los cerros orientales, desde el sur en el municipio de Ubaque, hasta el norte, en el municipio de Chía, con un valor medio de 10.5 °C. En el área de estudio, de menor altura, la temperatura media multianual es de 13.5 °C.

1.3.1.2.1.1 Distribución Temporal

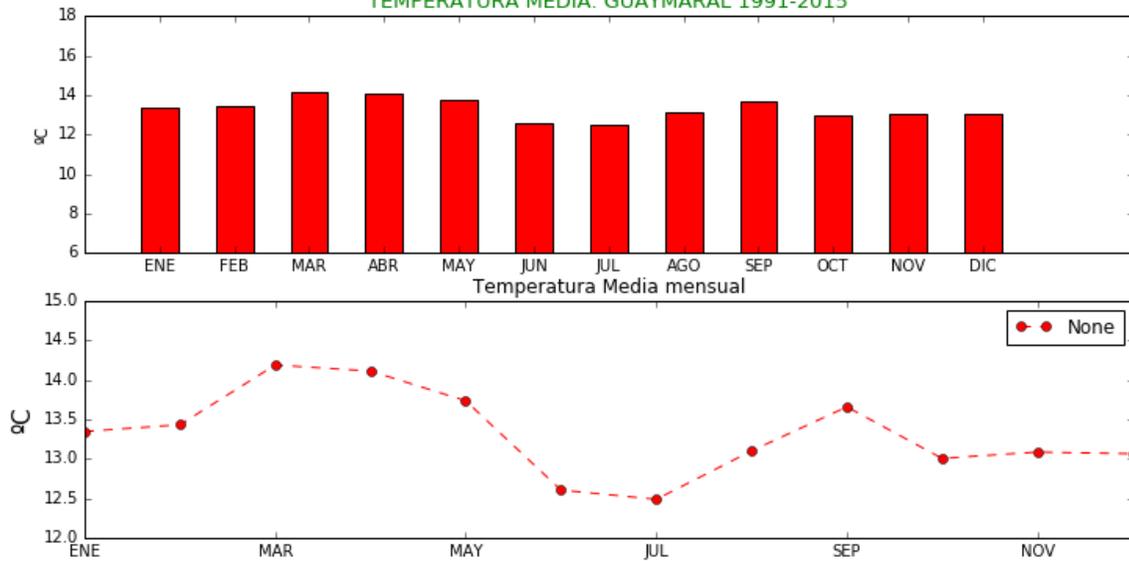
La distribución de la temperatura media a lo largo del año, presenta un comportamiento bimodal, con valores más altos de temperatura en los periodos de marzo a mayo y



septiembre a noviembre, con temperaturas cercanas a los 14°C. Los meses con menor temperatura son junio y julio con valores de 12.5°C.

Figura 13 Histograma de Temperatura

TEMPERATURA MEDIA. GUAYMARAL 1991-2015

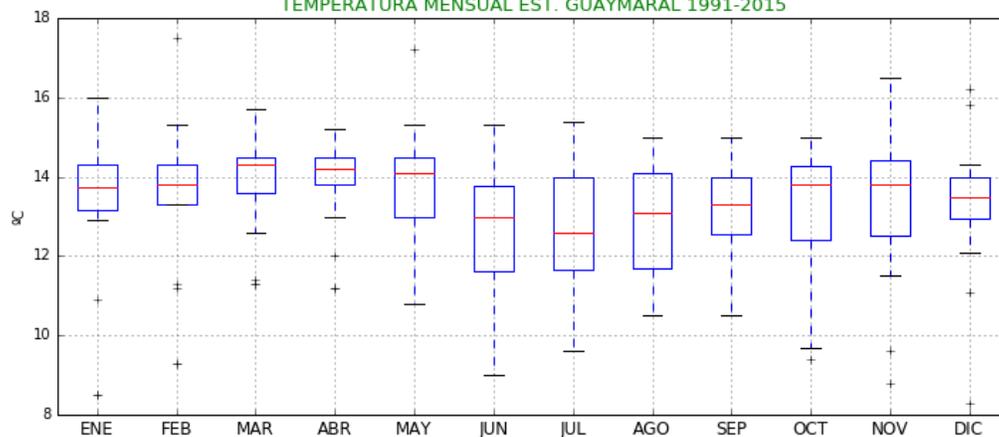


Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

En la siguiente figura se identifica la distribución de los registros de temperatura mensual. Se evidencia que en los meses de junio, julio y octubre en el área se han registrado temperaturas mínimas de 7.4°C a 9°C. En otros meses como noviembre se han alcanzado una temperatura media con un valor máximo de 16.5°C.

Figura 14 Boxplot Temperatura media mensual

TEMPERATURA MENSUAL EST. GUAYMARAL 1991-2015



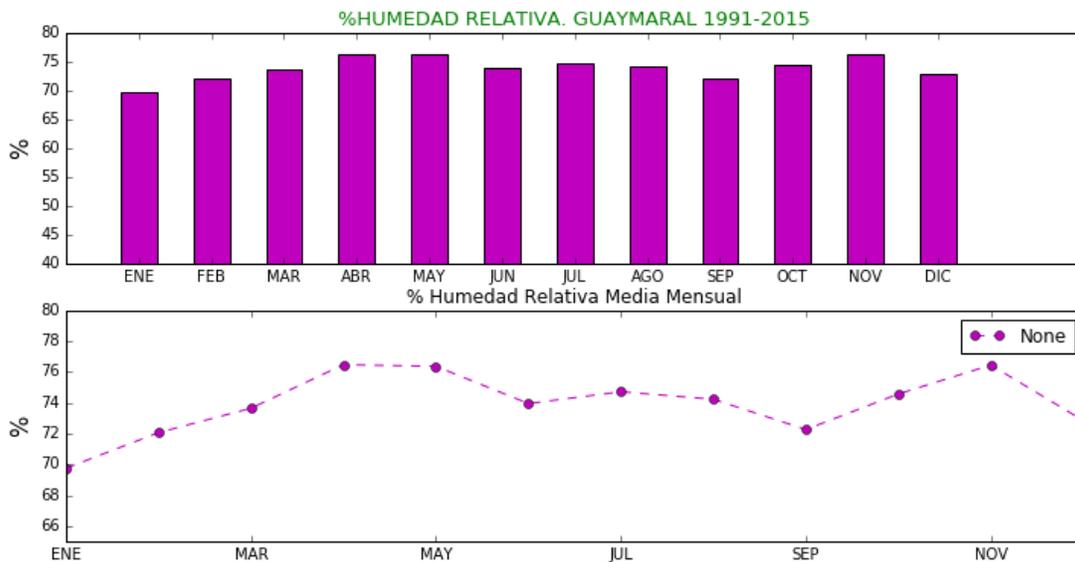
Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca



1.3.1.3 Humedad relativa

La humedad relativa media mensual, presenta una distribución temporal de tipo bimodal, siguiendo los mismos parámetros de la precipitación. La mayor humedad se presenta en el periodo de octubre y noviembre y entre marzo y mayo, con valores de 73.6 % a 75%.

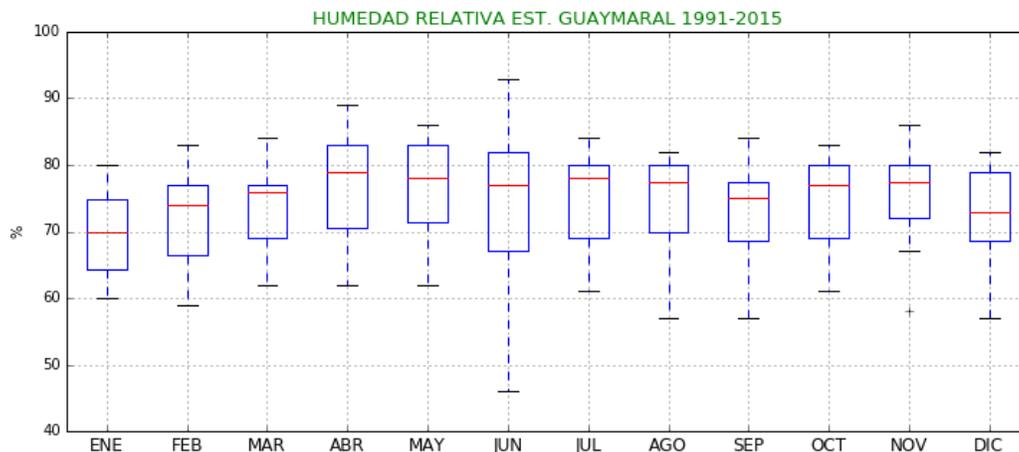
Figura 15 *Boxplot Temperatura media mensual*



Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

A continuación, se identifica la distribución de los registros medios mensuales de humedad relativa, indicando los valores medios, cuantiles, máximos, mínimos, y extremos de los registros. Es así como en el mes de junio se ha registrado un valor mínimo de humedad relativa de 46% y en este mismo mes se alcanzó según registros valores máximos de 93% de humedad relativa. Es así como, para los meses más húmedos se pueden alcanzar valores superiores al 85% de humedad relativa.

Figura 16 *Boxplot de datos medios mensuales de Humedad Relativa*



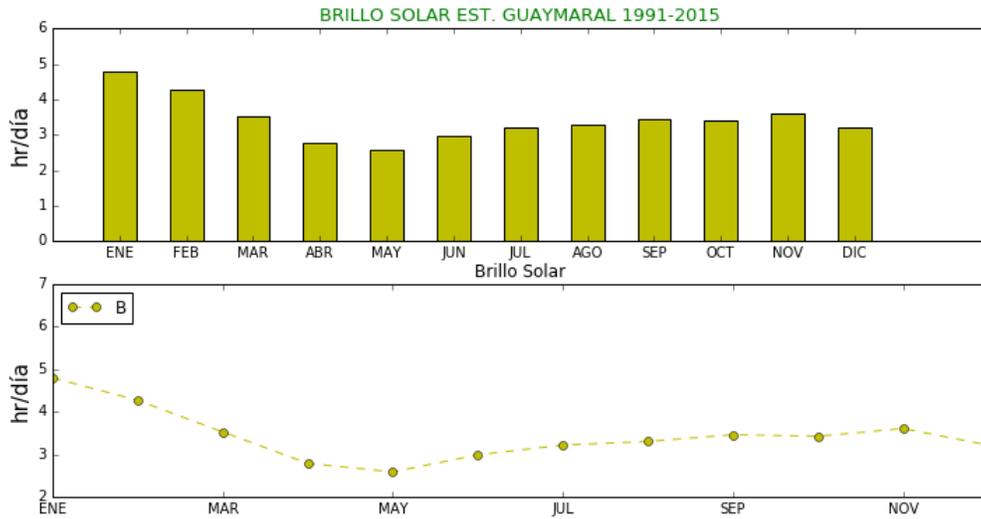
Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca



1.3.1.4 Brillo Solar

El brillo solar, también conocido como insolación, es el número de horas de brillo o de radiación directa. El valor máximo de brillo solar, para Colombia, varía entre 11,3-12,6 h/d. Estos valores se reducen por la nubosidad, la orientación y la exposición de las laderas y la amplitud del horizonte.

Figura 17 Distribución temporal del Brillo Solar

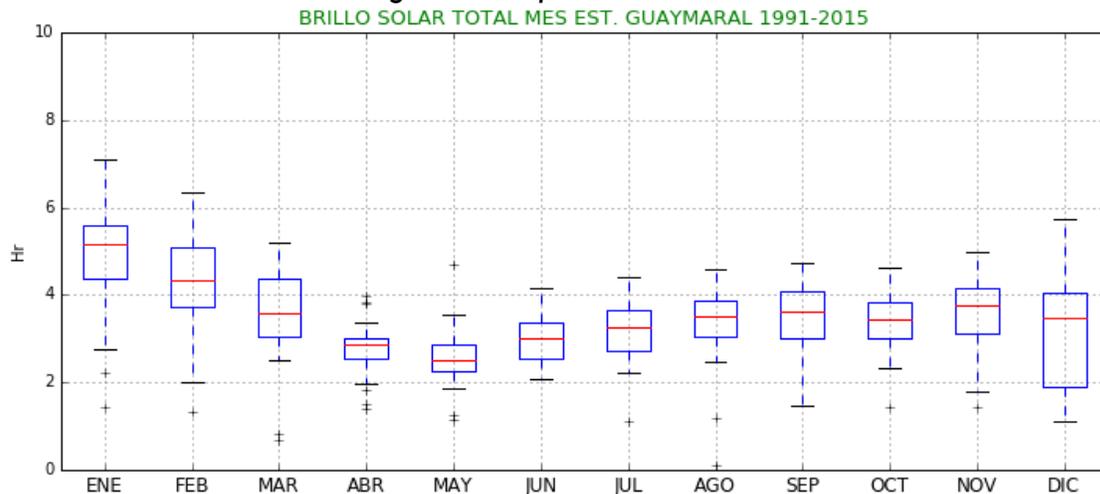


Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

La distribución temporal del valor medio de brillo solar indica valores máximos de 5 hr/día para el mes de enero y un valor mínimo de 2.58 hr/día para el mes de mayo (ver Figura 17).

Con relación a la distribución de los datos diarios de brillo solar, se observan que los mínimos valores son de 1.5 hr/día y los máximos valores superan los 6hr/día en los meses de enero y febrero.

Figura 18 Boxplot Datos de Brillo Solar



Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca



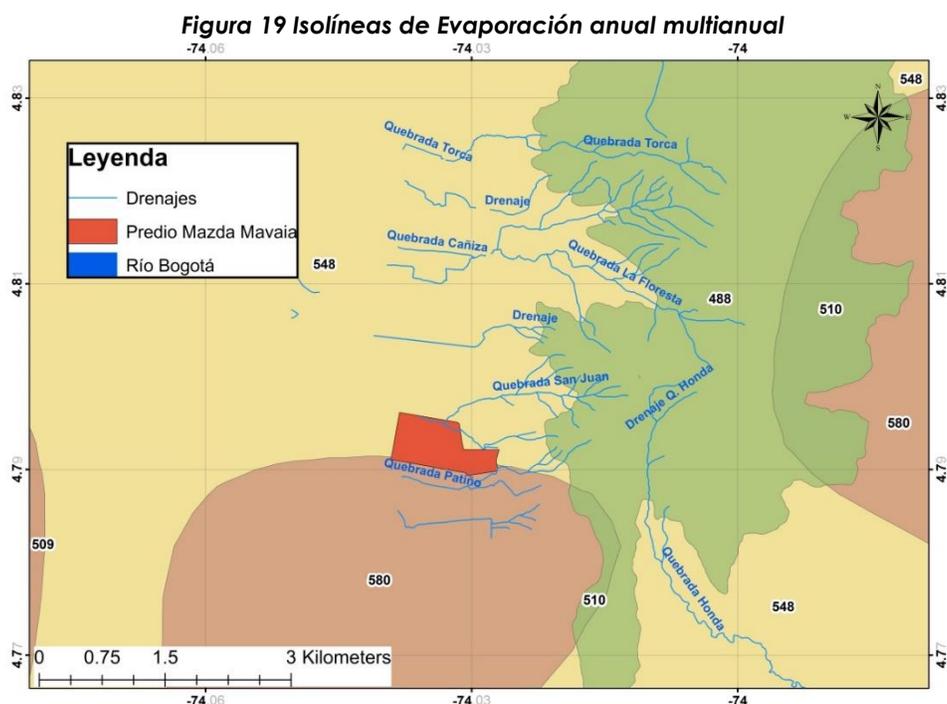
1.3.1.5 Evapotranspiración

La evapotranspiración es el proceso por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y directamente o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor. Por tanto, representa el uso consuntivo de agua por los cultivos y es una combinación de la evaporación del agua y la transpiración de la misma (Monsalve, 2008; Ponce, 1989). Está determinada por las características del cultivo, y los demás factores que influyen en el crecimiento y el desarrollo de cultivos.

1.3.1.5.1.1 Distribución Espacial

Para el trazado de las isolíneas de evaporación, se tomaron todas las estaciones climatológicas cercanas al área de estudio, teniendo en cuenta principalmente su elevación, con el fin de determinar el gradiente de evaporación, el cual, como es sabido, varía inversamente con la altura. De acuerdo con lo anterior, se observa que el gradiente varía a una tasa de 24 mm por cada 100 metros de altura.

A continuación, se identifica la distribución de la evaporación anual multianual en el área de estudio con un rango entre un máximo de 580 mm y 548 mm, en la parte este del área en los cerros orientales, como es de esperarse presenta un valor menor de 488mm



Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

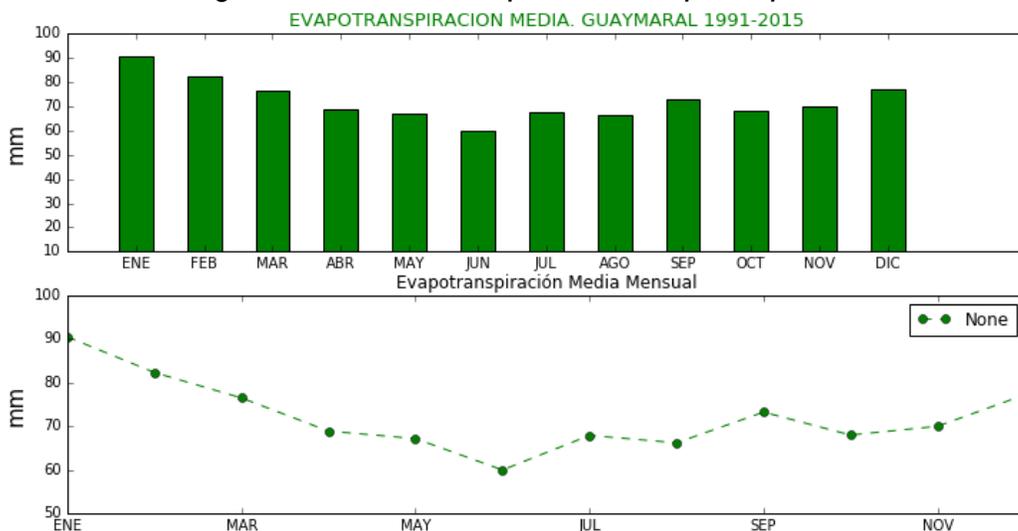
1.3.1.5.1.2 Distribución temporal

Para el análisis de la distribución temporal se usó los registros de la estación Guaymaral, con registros continuos de evapotranspiración de 1991 a 2015. La distribución de la evapotranspiración a lo largo del año es monomodal, con mayor evapotranspiración en



los meses de diciembre a marzo. El mes de enero presenta una evapotranspiración media máxima de 90 mm y junio la mínima de 59mm.

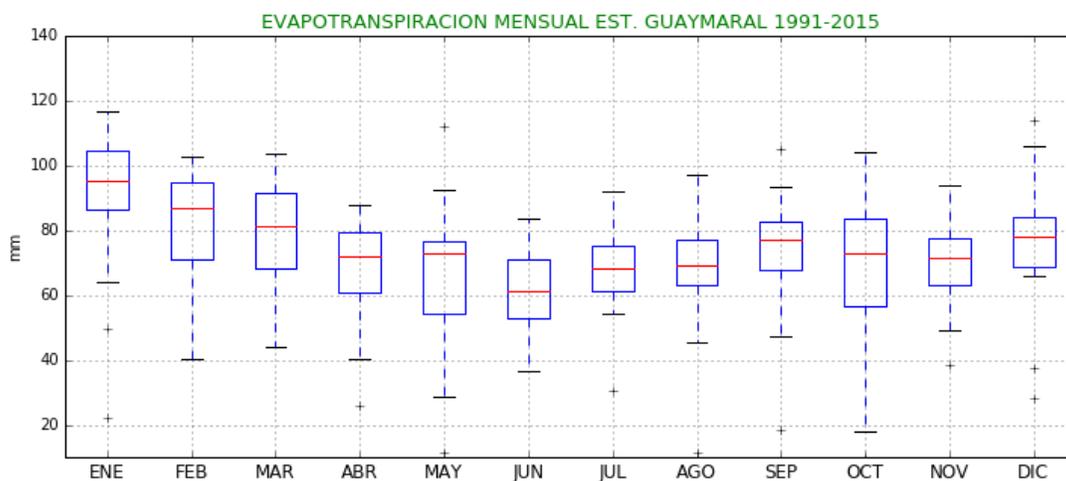
Figura 20 Distribución temporal de la evapotranspiración



Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

En la siguiente figura se indica la distribución de los datos de registro de la estación Guaymaral, se identifican como máxima evapotranspiración registrada 116 mm en el mes de enero. Para los meses de octubre, diciembre, enero, febrero y marzo se han valores por encima de los 100mm. El valor mínimo de 18 mm se ha presentado en el mes de octubre y 30 mm en el mes de mayo.

Figura 21 Boxplot datos de evapotranspiración



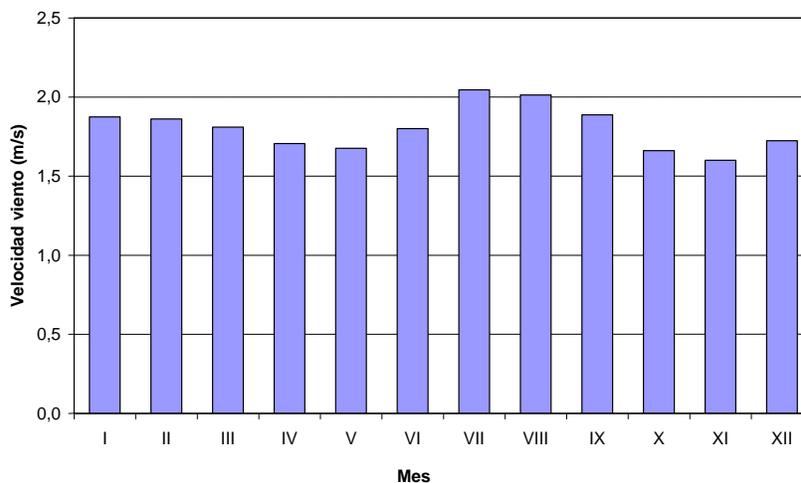
Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca



1.3.1.6 Velocidad y dirección del viento

La velocidad y dirección del viento se estimó a partir de la información registrada en la estación Guaymaral, localizada en las cercanías del área de estudio. La velocidad media del viento presenta una distribución de tipo uniforme a lo largo del año, con valores que varían alrededor de los 1.8 m/s, excepto durante los meses de julio y agosto, donde se observan los valores más altos, con registros de 2.1 m/s y 2.0 m/s, respectivamente. El valor promedio anual es de 1.8 m/s.

Figura 22 Distribución temporal de la velocidad del viento



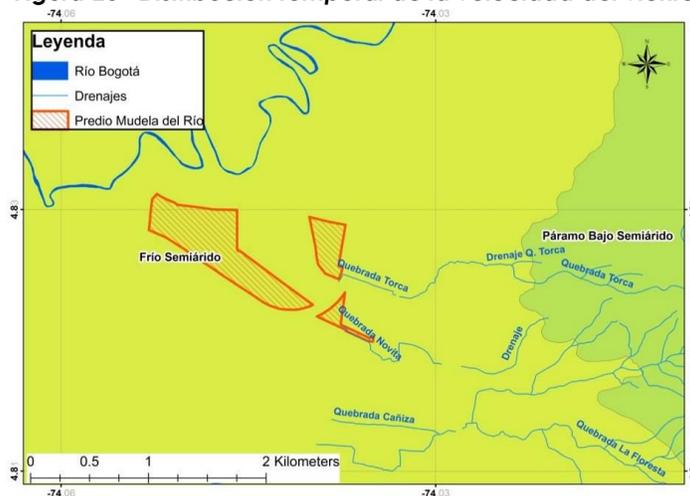
Fuente: Equipo consultoría AECOM, con base en Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

El norte es la dirección predominante del viento para todos los meses del año.

1.3.1.7 Clasificación Climática

El área de estudio se encuentra en un sector de clima local Frío Semiárido y Frío semihúmedo - (Fsh)

Figura 23 Distribución temporal de la velocidad del viento



Fuente: Equipo consultoría AECOM



El clima Frío Semihúmedo (Fsh), comprende alturas entre los 2000 y 3000 m.s.n.m y temperaturas entre 12 y 17°C. Corresponde normalmente a zonas de bosque natural y sembrado, con cultivo predominantes de hortalizas, pastos naturales y mejorados dedicados a la ganadería.

El clima Frío Semiárido (Fsa), comprende alturas entre 2000 y 3000 m.s.n.m, temperaturas entre 12 y 17° C y una relación P/T entre 40 y 60, se caracteriza por alta presencia de pastos.



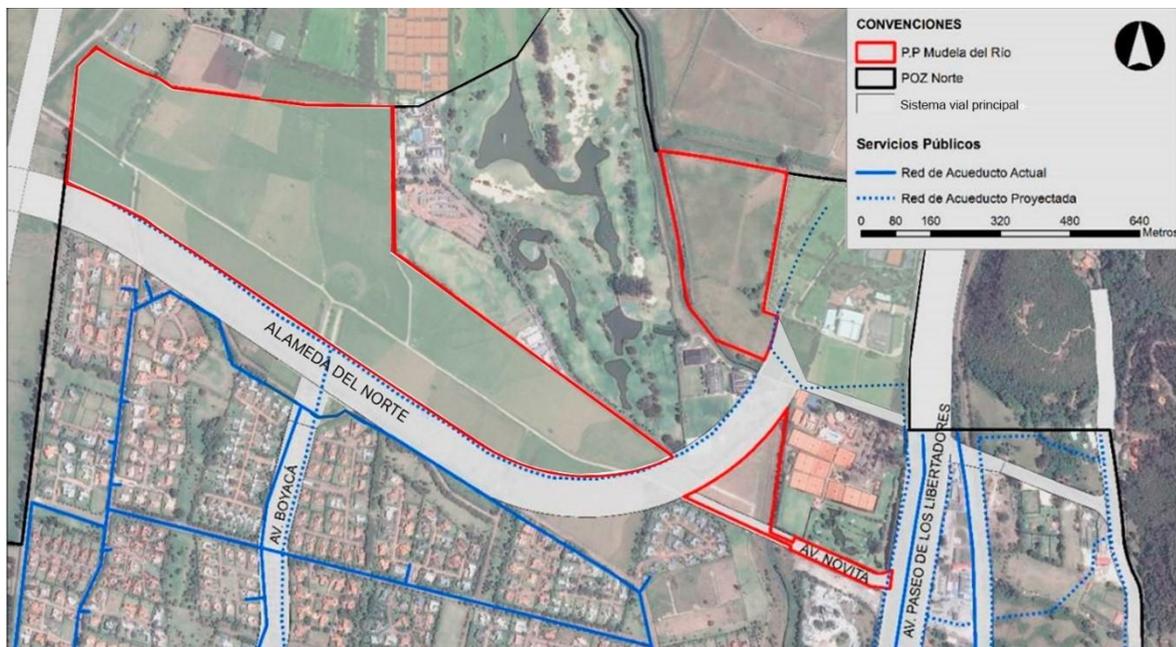
2. Redes de servicios públicos

2.1 Acueducto

Al Polígono de Mudela del Río llega una red del acueducto para suministro doméstico. Esta red fue producto de un convenio entre las urbanizaciones de San Simón, San Sebastián, El Bosque y Mudela del Río con la EAAB que permitió la construcción de una red de acueducto de 16 pulgadas en 2008. Adicionalmente, de acuerdo con el sistema de información (SIGUE), sobre la Autopista Norte, en el separador central se encuentra la tubería proveniente del sistema Tibitoc de 78 pulgadas de diámetro.

En la siguiente figura se observan las tuberías de Tibitoc y las tuberías de agua que están al sur de la Alameda del Norte. No se cuenta con información cartográfica que permita determinar el diámetro de las tuberías de acueducto proyectadas al costado norte de la Alameda del Norte.

Figura 24 Esquema de la red de acueducto, actual y prevista, en el área del Plan Parcial Mudela del Río.



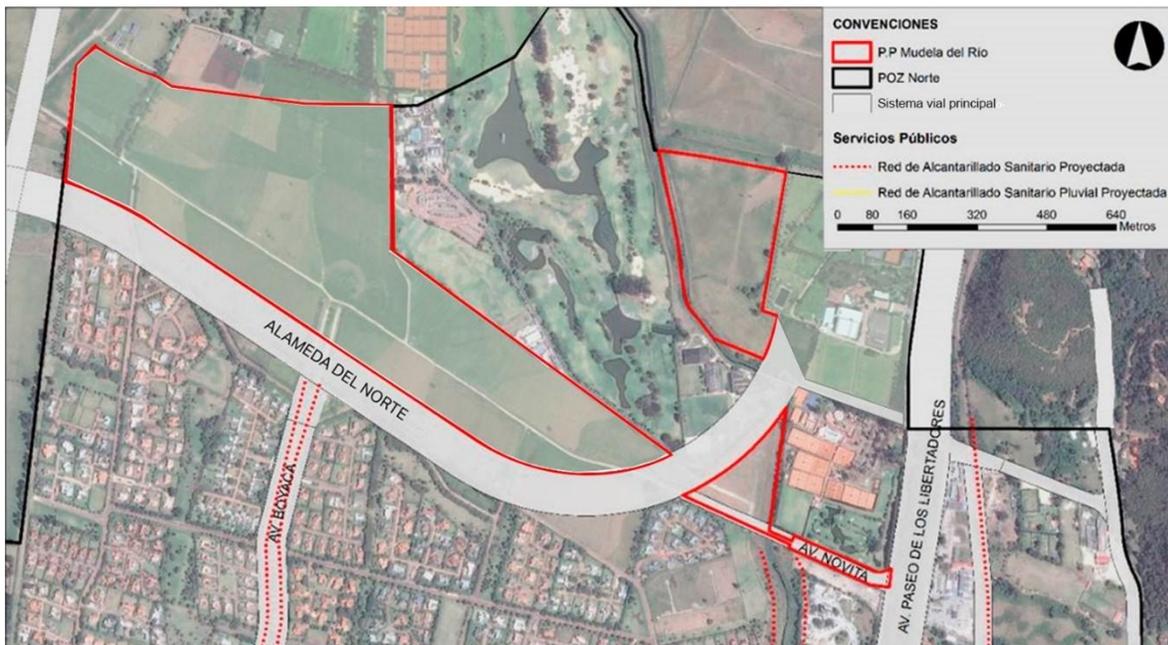
Fuente: Elaboración propia con base en la información del Plano No. 8 de 21, Sistema de Servicios Públicos – Acueducto, del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte, “Lagos de Torca”, Secretaría Distrital de Planeación, Alcaldía Mayor de Bogotá D. C., 2017.

2.2 Alcantarillado

De acuerdo con lo referido en el Decreto 088 de 2017, en la zona no hay presencia de redes de alcantarillado. Según los planes de expansión de la red de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, las aguas residuales de la zona se deberán concentrar hacia el interceptor Torca o IRB, de 2,15 m de diámetro. Sin embargo, con la información disponible en los planos de EAAB, de sus redes troncales y redes menores de alcantarillado, se encuentra que la tubería está aproximadamente a 5 km al Sur del plan parcial, bajo la Calle 201.

El sistema de alcantarillado sanitario y pluvial tampoco está presente en las inmediaciones del presente plan parcial, registrándose en el Plano No. 9 denominado “Sistema de Servicios Públicos - Alcantarillado”, del “Plan de Ordenamiento Zonal del Norte, Lagos de Torca” emitido por la Secretaría Distrital de Planeación de la Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C., que el colector a ser construido se ejecutará bajo la Avenida Guaymaral, situada a 1200 metros al Sur de los polígonos que conforman el plan parcial, por lo que será necesario realizar un diseño para la disposición a futuro de la escorrentía pluvial y sin considerar una conexión inmediata a la red de drenaje troncal.

Figura 25 Esquema de la red de alcantarillado, de aguas servidas y pluviales, actual y prevista, en el área del Plan Parcial Mudela del Río.



Fuente: Elaboración propia con base en la información del Plano No. 9 de 21, Sistema de Servicios Públicos – Alcantarillado, del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte, “Lagos de Torca”, Secretaría Distrital de Planeación, Alcaldía Mayor de Bogotá D. C., 2017.

3. Criterios de diseño

Este aparte del documento describe los lineamientos y la normativa utilizada para la proyección del sistema de servicios públicos.

3.1 Acueducto

Mediante comunicación S-2023-249964 del 28 de septiembre de 2023 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) emitió respuesta a la revisión y validación del informe hidráulico del informe hidráulico de la formulación del Plan Parcial No. 29 Mudela del Río. Dicha comunicación contiene una serie de lineamientos, entre los cuales destacan los siguientes:

- El proyecto debe ser ajustado a la actualización de la malla vial definida en el Decreto 555 de 2021.
- Se menciona que el factor de 3.7% destinado a la población periódica no debe ser utilizado por el plan parcial, dado que es manejo de la Dirección Red Matriz Acueducto de la EAAB. Además, se menciona que los caudales para el sistema de alcantarillado sanitario se deben realizar con dotaciones netas.
- Para siguientes etapas se deberán armonizar los diseños de las redes de acueducto y alcantarillado con los proyectos de Transporte Masivo, Actuación Estratégica como es el plan Zonal de Norte Lagos de Torca y otros, que se desarrollen en el ámbito de aplicación del Plan Parcial No 29 Mudela del Río.

Mediante comunicación S-2023-199221 del 16 de agosto de 2023 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) emitió factibilidad de servicios al Plan Parcial con cinco (5) años de vigencia a partir de su expedición.

Dicha comunicación contiene una serie de lineamientos, entre los cuales destacan los siguientes para la formulación del Plan Parcial:

- La factibilidad queda supeditada a que el Plan Parcial no se encuentre en zona de alto riesgo de tipo geológico, hidráulico o eléctrico, de acuerdo con concepto técnico del IDIGER.
- En caso de resultar mitigables los riesgos por remoción en masa, se deberá presentar el estudio aprobado por la entidad competente.
- Esta factibilidad queda supeditada a que el predio presente los estudios detallados y aprobados de las obras de mitigación y riesgos que defina la autoridad competente.
- En caso de que la clase de uso para la cual se destine el proyecto no se encuentre dentro de la normatividad estipulada por el Acueducto de Bogotá en su norma NS-085 "Criterios de Diseño de Sistemas de Alcantarillado" y/o si el uso de éste sea para eventos multitudinarios, el diseñador está obligado a presentar un estudio previo que defina los requerimientos de acueducto y alcantarillado sanitario para el proyecto, para lo cual se deberá solicitar nuevamente viabilidad de servicios



- Para la *solicitud de certificación de viabilidad y disponibilidad inmediata de servicios públicos*, se deberá informar a la EAAB los requerimientos de caudal de acuerdo con las densidades de población, viviendas por hectárea y usos del suelo definidos por la Secretaría Distrital de Planeación
- Las zonas libres para las redes construidas y proyectadas están definidas en las normas del acueducto de Bogotá NS -139 *Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de uso en redes de acueducto y alcantarillado*
- El Plan Parcial deberá incluir dentro de los costos del proyecto de la totalidad de la inversión requerida para la realización de estudios, diseños y construcción de la infraestructura de acueducto y alcantarillado requerida para garantizar estos servicios.

Mediante la comunicación S-2023-210654 del 29 de junio de 2023 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) emitió actualización de la respuesta de factibilidad de servicios al Plan Parcial. Dicha comunicación contiene una serie de lineamientos, entre los cuales destacan los siguientes para la formulación del Plan Parcial:

- Se presenta la descripción de la subcuenca Torca – Guaymaral y se presenta los colectores sanitarios más cercanos al plan parcial, siendo el colector secundario proyectado que va hacia la EBAR Torca, por tanto, las redes sanitarias se deben proyectar hacia éste siguiendo los estudios desarrollados por el Fideicomiso Lagos de Torca. Y respecto al alcantarillado pluvial se informa que los polígonos deben entregar al canal Torca y el colector de la Av. Boyacá desarrollado por los estudios del Fideicomiso Lagos de Torca.

En ese sentido, en línea por lo dispuesto en las comunicaciones, el diseño de las redes de acueducto para la zona del Plan Parcial Mudela del Río debe seguir las siguientes normas establecidas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado De Bogotá (EAAB):

Tabla 7 Normas EAAB para acueductos

Nº	Título
NS-035	Requisitos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado
NS-060	Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado
NS-090	Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado
NS-139	Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado
NP-040	Rellenos
NS-123	Criterios para la selección de materiales de tuberías para las redes de acueducto y alcantarillado
NP-032	Tuberías para redes de acueducto secundarias y menores de distribución
NS-012	Aspectos técnicos para cruces y detección de interferencias en construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado
NT-002	Terminología de acueducto
NT-009	Terminología de construcción
NS-077	Cajas para accesorios de acueducto
NP-013	Tapas para acueducto
NS-087	Aspectos técnicos para instalación de válvulas
NS-021	Condiciones técnicas para intervenciones sobre la red matriz
NS-009	Instalación de acometidas de acueducto diámetros entre 1" y 6"
NS-024	Instalación de acometidas de acueducto diámetros entre 1/2" y 3/4"
NS-025	Instalación de tuberías para las redes de acueducto



N°	Título
NS-026	Desinfección de tuberías de acueducto
NP-011	Accesorios para acueducto
NS-011	Ejecución de las labores de suspensión del servicio y de restablecida de redes matrices
NS-027	Instalación de hidrantes y sistemas para válvulas en redes secundarias de distribución de acueducto
NS-042	Ejecución de las labores de suspensión del servicio y de restablecida de redes menores
NS-036	Criterios para diseño de red de acueducto secundaria y menor de distribución
NS-052	Diseño de estaciones reductoras de presión para las redes de distribución de acueducto
NP-060	Hidrantes
NS-148	Instrumentación geotécnica de redes troncales de acueducto y alcantarillado
NS-028	Presentación de diseños de acueducto

Fuente: EAAB

3.2 Alcantarillado sanitario y pluvial

Mediante la comunicación S-2023-199221 del 03 de octubre de 2023 se dispone condiciones mediante las cuales el urbanizador o constructor debe solicitar la certificación de viabilidad y disponibilidad inmediata de servicios públicos. Entre los principales criterios de diseño determinados por la entidad se encuentran:

- La Estructura Ecológica Principal (EEP) de los cuerpos de agua del canal Guaymaral, Quebrada Novita y Quebrada Torca. Compartiendo las coordenadas correspondientes a cada uno de los cuerpos de agua mencionados.
- Se informa que se encuentra colindante con las áreas complementarias a la conservación de parques contemplativos y de bordes

Mediante comunicación S-2023-249964 del 28 de septiembre de 2023 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) emitió respuesta a la revisión y validación del informe hidráulico del informe hidráulico de la formulación del Plan Parcial No. 29 Mudela del Río. Dicha comunicación contiene una serie de lineamientos, entre los cuales destacan los siguientes:

- El proyecto debe ser ajustado a la actualización de la malla vial definida en el Decreto 555 de 2021.
- Se menciona que el factor de 3.7% destinado a la población periódica no debe ser utilizado por el plan parcial, dado que es manejo de la Dirección Red Matriz Acueducto de la EAAB. Además, se menciona que los caudales para el sistema de alcantarillado sanitario se deben realizar con dotaciones netas.
- Para siguientes etapas se deberán armonizar los diseños de las redes de acueducto y alcantarillado con los proyectos de Transporte Masivo, Actuación Estratégica como es el plan Zonal de Norte Lagos de Torca y otros, que se desarrollen en el ámbito de aplicación del Plan Parcial No 29 Mudela del Río.



En la comunicación S-2017-153862 del 29 de agosto de 2017 se dispone condiciones mediante las cuales el urbanizador o constructor debe solicitar la certificación de viabilidad y disponibilidad inmediata de servicios públicos. Entre los principales criterios de diseño determinados por la entidad se encuentran:

- Los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial deberán proyectarse separados, bajo los criterios de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)
- El sector no cuenta con colectores troncales de alcantarillado sanitario. Sin embargo, ya se realizó estudio de factibilidad
- Se deberán seguir los lineamientos dados en el Decreto 088 de 2017 (Ciudad Lagos de Torca)
- Se deberá usar el interceptor Río Bogotá (IRB) como eje articulador que recibe todos los aportes de aguas residuales del Norte de Bogotá
- El urbanizador debe diseñar y construir redes por los corredores viales que se aprueben en el respectivo urbanismo
- Se deberán diseñar y construir redes por los frentes del predio, teniendo en cuenta las áreas de drenaje propias y aferentes
- El documento citado hace parte de los anexos de este documento. En todo caso, el diseño de las redes de Alcantarillado para la zona del Plan Parcial de Mudela del río debe seguir las normas establecidas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado De Bogotá (EAAB)

En todo caso, el diseño de las redes de Alcantarillado para la zona del Plan Parcial de Mudela del Río debe seguir las normas establecidas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado De Bogotá (EAAB)

Tabla 8 Normas EAAB para alcantarillados

N°	Título
NS-030	Topografía para diseño y construcción de obras requeridas para los sistemas de acueducto y alcantarillado
NS-035	Requisitos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado
NS-060	Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado
NS-090	Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado
NS-139	Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado
NP-023	Rejillas y tapas para sumideros
NP-024	Tapas, arotapas y arobases para pozos de inspección
NP-029	Pozos de inspección
NP-040	Rellenos
NS-123	Criterios para la selección de materiales de tuberías para las redes de acueducto y alcantarillado
NS-012	Aspectos técnicos para cruces y detección de interferencias en construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado
NT-003	Terminología de alcantarillado
NS-073	Instalación y condiciones de recibo de redes de alcantarillado
NS-085	Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado
NS-058	Aspectos técnicos para inspección y mantenimiento de redes y estructuras de alcantarillado
EM-606	Manejo de aguas para actividades de inspección, mantenimiento y rehabilitación de sistemas de alcantarillado
NS-061	Aspectos técnicos para la rehabilitación de redes y estructuras de alcantarillado
NS-068	Conexiones domiciliarias de alcantarillado
NS-057	Cunetas y canaletas de drenaje superficial
NS-047	Sumideros



N°	Título
NE-012	Pruebas de estanqueidad en redes de alcantarillado
NP-027	Tubería de alcantarillado
NS-148	Instrumentación geotécnica de redes troncales de acueducto y alcantarillado
NS-166	Criterios para diseño y construcción de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)

Fuente: EAAB

Así mismo, el Concepto No. CT-8181 del Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo y el Cambio Climático – IDIGER, remitido mediante carta No. RO-95698 a la Dirección de Planes Parciales de la Secretaría Distrital de Planeación el 06 de septiembre de 2017, determinó que:

“El sistema de alcantarillado sanitario recogerá las descargas de Ciudad Lagos de Torca Salitre de acuerdo con lo estipulado en Decreto 088 de 2017; de igual forma, en los Planes Parciales y/o proyectos urbanísticos localizados en Ciudad Lagos de Torca deberá garantizarse la evacuación de las aguas pluviales hacia el Canal Guaymaral por medio de un sistema integral que incluya redes de alcantarillado pluvial, sistemas urbanos de drenaje sostenible y vallados existentes. Las obras deberán ejecutarse con base en los estudios aprobados por la Empresa de Agua Alcantarillado y Aseo de Bogotá EAAB-ESP la cual será la encargada de recibirlas, operarlas y mantenerlas en condiciones de seguridad adecuada”¹

¹ IDIGER. Concepto Técnico “Plan Parcial No. 29, localizado dentro del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte – Lagos de Torca” CT-8181. Pág. 15.

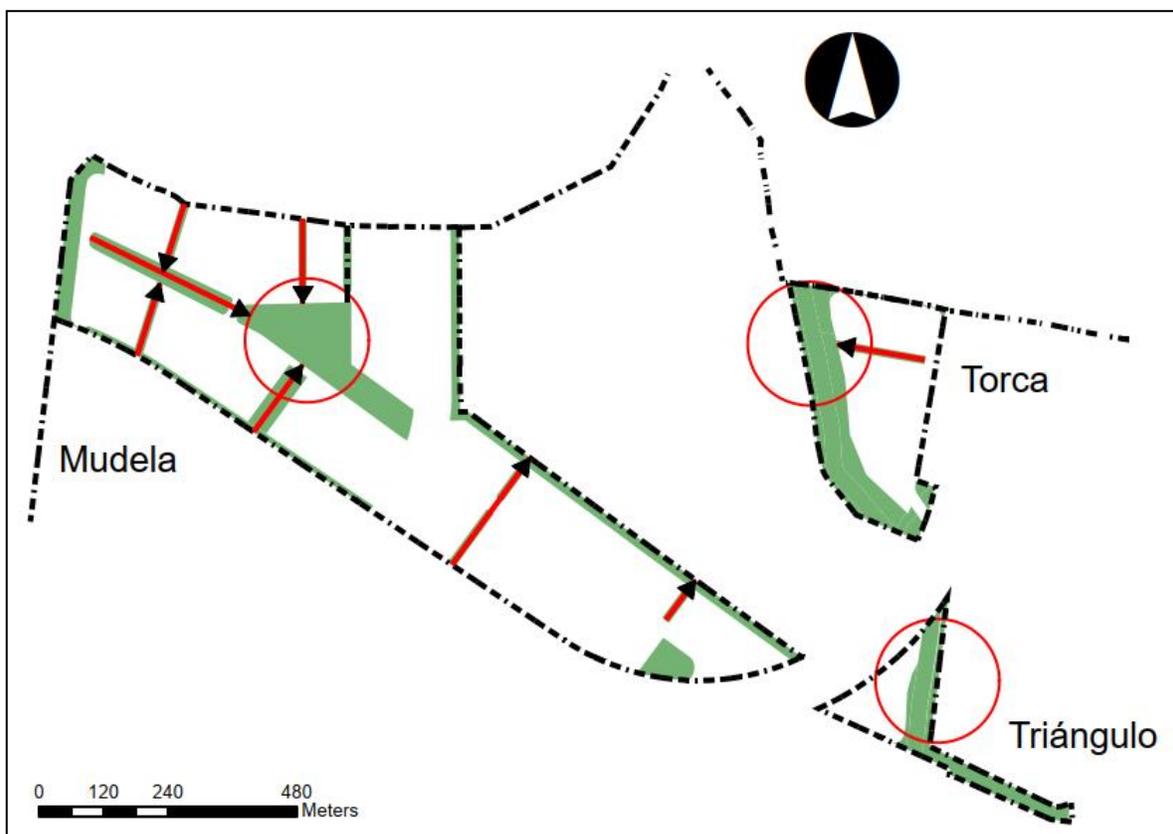


4. Planteamiento Urbanístico

El Plan Parcial Mudela del Río, está compuesto por tres polígonos; a saber: Mudela, Torca y el Triángulo. Limita al norte con el municipio de Chía; los Clubes Guaymaral, Bella Vista y Bogotá Tennis Club en el Oriente; la Alameda del Norte en el Sur y en el occidente lotes sin desarrollar. La propuesta urbanística planteada para el Plan Parcial se concibe como un segmento de ciudad que propende por mejorar los estándares de vida de la ciudadanía mediante la incorporación de espacios públicos de alta calidad, provisión de equipamientos para la ciudad, aumento de la infraestructura vial y la configuración de oferta de vivienda de distintos estratos sociales.

Los tres polígonos que conforman el Plan Parcial se encuentran fragmentados por la Alameda del Norte y el Club Guaymaral. De manera que, si bien los tres polígonos conforman el plan parcial y son una única unidad de gestión, cada uno de ellos está concebido para garantizar su funcionamiento de manera independiente. Así pues, cada uno de ellos tiene una propuesta especial de espacio público y zonas verdes, que fungirán como los elementos principales de encuentro y de continuidad con los elementos de la Estructura Ecológica Principal.

Figura 26 Conceptualización de ejes para parques y espacios peatonales

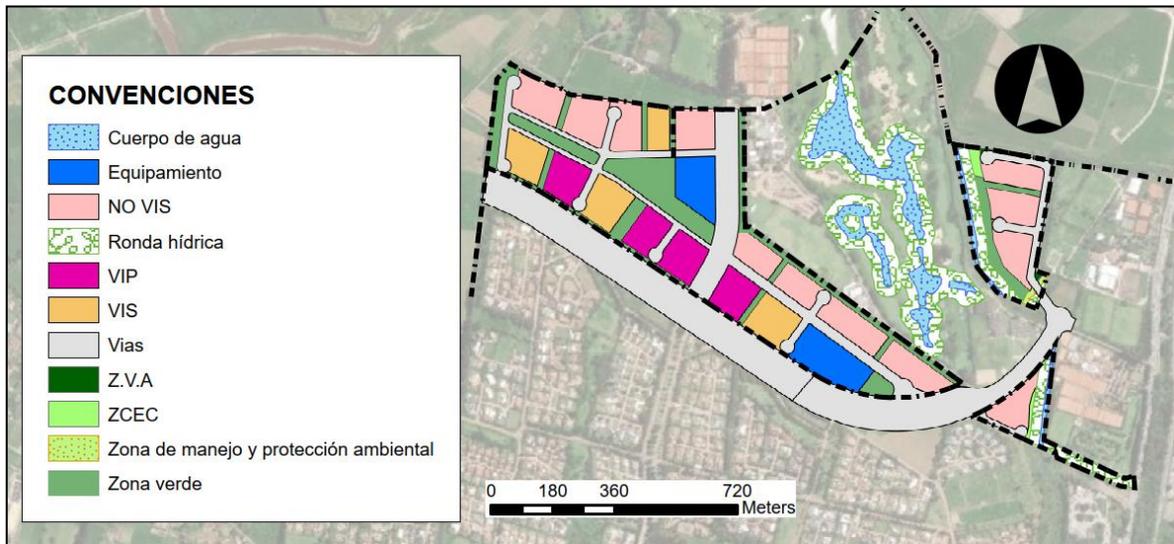


Fuente: Equipo consultoría AECOM

Dichas zonas verdes y parques forman el componente peatonal principal del plan parcial, pues sobre estos se desarrollarán centros de actividad al aire libre en donde podrán realizarse las actividades recreativas de los futuros residentes del sector.

La siguiente figura muestra el planteamiento urbano con la subdivisión de los polígonos a partir de manzanas que paramentan las zonas verdes y vías proyectadas:

Figura 27 Conceptualización de ejes para parques y espacios peatonales

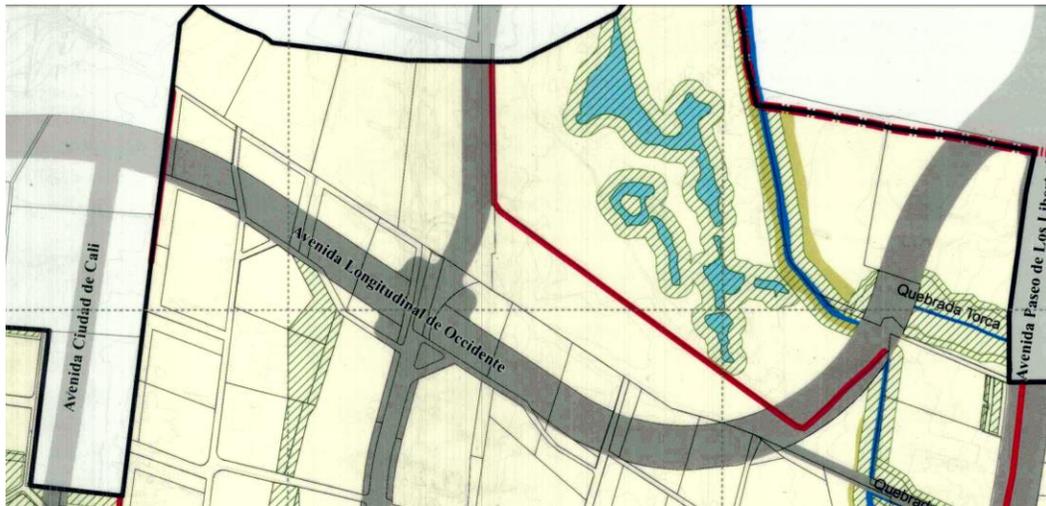


Fuente: Equipo consultoría AECOM

Mudela, es el polígono más grande, en donde se concentra buena parte de la propuesta urbanística del Plan Parcial. A su vez, está compuesto por dos subzonas; una occidental y otra oriental, cuyo borde principal es el trazado de la futura Avenida Boyacá. En la subzona occidental se concentra la mayor parte de la propuesta de espacio público y de vivienda No VIS/VIP; asimismo, se proyecta uno de los Globos de Cesión para equipamiento. Por otra parte, la subzona oriental concentra la mayor oferta de vivienda No VIS, y cuenta con un segundo Globo de Cesión para equipamiento.

Asimismo, se tienen en cuenta los vallados presentes en el Plan Parcial. A saber, el vallado al norte que colinda con el Club Guaymaral está integrado con la Alameda 1, la cual ayuda a proteger el vallado y permitir que cumpla con su función a cabalidad. Por otro lado, el vallado que se ubica en el costado occidental del plan parcial se incorpora de manera integral con el parque Lineal 1.



Figura 28 Conceptualización de ejes para parques y espacios peatonales

Fuente: Decreto 088 de 2017

Esta zona verde permite ampliar el perfil del parque lineal proyectado en el POZ en el costado sur del Club Guaymaral y remata en un amplio parque cuyos bordes son paramentados por vivienda y el globo de cesión para equipamiento.

Por otro lado, la geometría y afectaciones del polígono *Torca*, hacen que las manzanas que se encuentran dentro del mismo se localicen en su costado oriental, pues la ronda y ZCEC del Canal Guaymaral ocupan el borde occidental del polígono. Para complementar y ampliar dichas cargas generales, en sus costados se proyecta una zona verde que es adyacente a una vía local propuesta que es paramentada por manzanas de vivienda.

Por último, para el polígono El Triángulo, por su tamaño, geometría y afectaciones, sólo se proyecta una manzana que acompañada por zonas verdes conformadas por la ronda y ZCEC de la Quebrada Novita.

La propuesta urbanística planteada para este Plan Parcial está compuesta por doce manzanas de vivienda no VIS/VIP, cuatro de Vivienda de Interés Social, cuatro de Vivienda de Interés Prioritario, y dos globos de cesión para equipamiento, que se detallan más adelante.

A continuación, se presenta el resumen de población y áreas del escenario urbanístico, el cual corresponde a los índices máximos de construcción en vivienda y comercio vecinal que permite la ley.

Tabla 9 Resumen de población y áreas

Etapa	Manzana	Producto inmobiliario	Total área construida	Total área vendible	Número de viviendas	Número de habitantes
			M2	M2	Unidades	Unidades
1	MZ 11 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 5	44 754.19	41 621.40	566	1 812
		Comercio vecinal	723.30	672.67	-	45
1	MZ 12 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 5	41 650.22	38 734.71	526	1 684
		Comercio vecinal	673.13	626.02	-	42
1	MZ 15 - Vivienda VIP	VIP	35 100.76	32 643.71	782	2 503
		Comercio vecinal	454.75	422.91	-	29
1	MZ 16 - Vivienda VIS	VIS	67 805.82	63 059.41	1 175	3 760
		Comercio vecinal	519.09	482.75	-	33
1	Equipamientos dotacionales	Educativo				2 839
Total Etapa 1			191 681.26	178 263.57	3 049.00	12 747.00
2	MZ 3 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 4	34 321.52	31 919.02	493.00	1 578
		Comercio vecinal	2 688.12	2 499.95	-	167
2	MZ 4 - Vivienda VIS	VIS	36 911.81	34 327.98	640.00	2 048
		Comercio vecinal	282.58	262.80	-	18
2	MZ 5 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 4	40 938.77	38 073.05	588.00	1 882
		Comercio vecinal	3 206.39	2 981.95	-	199
2	MZ 8 - Vivienda VIS	VIS	63 021.23	58 609.74	1 099.00	3 517
		Comercio vecinal	797.11	741.31	-	50
2	MZ 9 - Vivienda VIP	VIP	30 204.34	28 090.03	673.00	2 154
		Comercio vecinal	391.31	363.92	-	25
2	MZ 10 - Vivienda VIP	VIP	32 708.19	30 418.62	729.00	2 333
		Comercio vecinal	459.06	426.93	-	29
2	MZ 13 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 5	65 469.36	60 886.50	825.00	2 640
		Comercio vecinal	941.82	875.89	-	59
2	MZ 14 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 5	61 900.47	60 886.50	825	2 640
		Comercio vecinal	890.48	875.89	-	59
Total Etapa 2			375 132.55	352 240.08	5 872.00	19 398.00
3	MZ 1 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 4	55 231	51 365	766	2 452
		Comercio vecinal	2 400	2 232	-	149
3	MZ 2 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 4	56 178.35	52 246	1 016	3 252
		Comercio vecinal	2 042.85	1 900	-	127
3	MZ 6 - Vivienda VIS	VIS	58 046.59	53 983.33	1 011	3 236
		Comercio vecinal	444.38	413.27	-	28
3	MZ 7 - Vivienda VIP	VIP	33 990.82	31 611.46	761	2 436
		Comercio vecinal	440.37	409.54	-	28
Total Etapa 3			208 774.05	194 159.87	3 554.00	11 708.00
4	MZ 17 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 4	32 423.07	30 153.46	522	1 671
		Comercio vecinal	2 539.43	2 361.67	-	158
Total Etapa 4			34 962.50	32 515.13	522.00	1 829.00
5	MZ 18 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 5	37 432.60	34 812.31	513	1 642
		Comercio vecinal	2 931.78	2 726.56	-	182
5	MZ 19 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 5	54 263.96	50 465.48	681	2 180
		Comercio vecinal	594.09	552.51	-	37
5	MZ 20 - Vivienda No VIS	Vivienda no VIS tipo 5	49 131.69	45 692.47	617	1 975
		Comercio vecinal	537.90	500.25	-	34
Total Etapa 5			144 892.03	134 749.58	1 811.00	6 050.00
TOTAL PLAN PARCIAL			955 442.40	891 928.24	14 808.00	51 732.00

Fuente: Equipo consultoría AECOM



5. Diseño hidráulico para el Plan Parcial

5.1 Acueducto

Las redes de tuberías que se plantean en la urbanización tienen como objetivo suministrar agua potable en la zona del proyecto. En este numeral se encuentra el dimensionamiento de las redes de acueducto para la población proyectada con la precisión y alcance del Plan Parcial en Mudela del Río. La información de consumos que se calcula a partir de las estimaciones de población se utiliza para dimensionar las redes de acuerdo con la normatividad vigente a un nivel de factibilidad. Para la ejecución de cada proyecto específico, se deben realizar los diseños de detalle de la red con las especificaciones dadas por la EAAB para la aprobación y construcción.

5.1.1 Diseño y parámetros de diseño

OCUPACIONES

La proyección de la población se realizó con la máxima proyectada, las ocupaciones por vivienda se tomaron de 3.2 habitantes por vivienda según lo estipulado por el producto 14 desarrollado por el Fideicomiso Largos de Torca.

DOTACIONES

La dotación bruta residencial se adoptó conforme al producto 14 desarrollado por el Fideicomiso Largos de Torca, el cual adopta una dotación bruta igual a 155 L/hab/d establecida para viviendas estrato 5.

CÁLCULO DE CAUDAL

El cálculo de caudal se determinó por medio del caudal máximo horario (QMH) teniendo en cuenta las dotaciones y ocupaciones antes mencionadas, basándose en el método de las áreas de influencia. Siendo calculado de la siguiente manera.

$$Q_D = k_2 (Q_R + Q_O)$$

Donde,

Q_D = Caudal de diseño

Q_R = Caudal residencial

Q_O = Caudal otros tipos de ocupación

k_2 = coeficiente de consumo máximo horario

- Cálculo de caudal residencial (Q_R) dado por la siguiente expresión:

$$Q_R = \text{Población [hab]} \times \text{Dotación bruta [L/Hab/d]}$$

$$\text{Población [hab]} = \text{área a abastecer [Ha]} * \text{Densidad Poblacional [hab/Ha]}$$



- Cálculo de caudal otros tipos de ocupación (Q_o) dado por la siguiente expresión:

-

- $Q_o = Q_c + Q_I$

Siendo la nomenclatura:

Q_c = Caudal comercio

Q_I = Caudal institucional

- Cálculo de caudal comercial (Q_c) dado por la siguiente expresión:

$$Q_c = \text{Población comercio [hab]} \times \text{Dotación comercio [L/hab/d]}$$

- Cálculo de caudal institucional (Q_I) dado por la siguiente expresión:

$$Q_I = \text{Población institucional [hab]} \times \text{Dotación institucional [L/hab/d]}$$

$$\text{Población institucional [hab]} = \text{área institucional [Ha]} * \text{Densidad institucional [hab/Ha]}$$

En cuanto al caudal comercial se adoptó según el área de efectiva de cada manzana con una dotación bruta de 65.66 L/hab-día según el producto 14 de la actualización de los diseños conceptuales por parte del Fideicomiso Lagos de Torca. A continuación, se presenta las densidades de población y comercio, así como las dotaciones correspondientes, esto para el horizonte de diseño.

Tabla 10 Caudales para consumo en Mudela del río

Manzana	Producto inmobiliario	Viviendas	Área Manzana (ha)	viviendas / ha	Habitantes / Vivienda EAAB	Habitantes / ha	Dotación Bruta EAAB	Comercio Vecinal (Ha)	Dotación Bruta Comercial
1	Vivienda no VIS tipo 4	766	1.60	480.2	3.2	1537.0	155.0	0.24	65.66
2	Vivienda no VIS tipo 4	1 016	1.56	650.6	3.2	2082.0	155.0	0.20	65.66
3	Vivienda no VIS tipo 4	493	1.17	419.8	3.2	1344.0	155.0	0.27	65.66
4	VIS	640	0.86	740.7	3.2	2371.0	155.0	0.03	65.66
5	Vivienda no VIS tipo 4	588	1.40	419.8	3.2	1344.0	155.0	0.32	65.66
6	VIS	1 011	1.36	744.0	3.2	2381.0	155.0	0.04	65.66
7	VIP	761	1.35	565.1	3.2	1809.0	155.0	0.04	65.66
8	VIS	1 099	1.52	721.4	3.2	2309.0	155.0	0.08	65.66
9	VIP	673	1.20	562.4	3.2	1800.0	155.0	0.04	65.66
10	VIP	729	1.40	519.3	3.2	1662.0	155.0	0.05	65.66
11	Vivienda no VIS tipo 5	566	1.11	511.8	3.2	1638.0	155.0	0.07	65.66
12	Vivienda no VIS tipo 5	526	1.03	511.1	3.2	1636.0	155.0	0.07	65.66
13	Vivienda no VIS tipo 5	825	1.60	515.6	3.2	1651.0	155.0	0.09	65.66
14	Vivienda no VIS tipo 5	825	1.51	545.4	3.2	1746.0	155.0	0.09	65.66
15	VIP	782	1.39	562.4	3.2	1800.0	155.0	0.05	65.66
16	VIS	1 175	1.59	740.2	3.2	2369.0	155.0	0.05	65.66
17	Vivienda no VIS tipo 4	522	1.11	470.6	3.2	1506.0	155.0	0.25	65.66
18	Vivienda no VIS tipo 5	513	1.28	400.6	3.2	1282.0	155.0	0.29	65.66
19	Vivienda no VIS tipo 5	681	1.30	524.8	3.2	1680.0	155.0	0.06	65.66
20	Vivienda no VIS tipo 5	617	1.17	525.2	3.2	1681.0	155.0	0.05	65.66

Fuente: Equipo consultoría AECOM



Para la estimación de consumos de las áreas de equipamiento del plan parcial, se supone la implantación de un colegio para cada área de equipamiento (E.P.), donde se contará con un total de 2839 estudiantes en el plan parcial (dato según el producto 14 de la actualización de los diseños conceptuales por parte del Fideicomiso Lagos de Torca). En cuanto a la dotación bruta se adoptó en 53.29 L/estudiante-día, según el producto 14 de la actualización de los diseños conceptuales por parte del Fideicomiso Lagos de Torca. A continuación, se presenta los números de estudiantes y la dotación con la que se estimó el consumo del equipamiento.

Tabla 11 Densidad poblacional zona equipamiento Mudela del Río

No.	Área Equipamiento (Ha)	Estudiantes	Dotación Bruta (L/estudiante/d)
E.P.1	1.94	1249	53.29
E.P.2	2.47	1590	53.29

Fuente: Equipo consultoría AECOM

A continuación, se muestra los caudales de diseño calculados bajo las dotaciones y densidades poblacionales explicados anteriormente.



Tabla 12 Caudales para consumo en Mudela del Río

Acometida	CAUDAL DOMÉSTICO						CAUDAL COMERCIAL			CAUDAL INSTITUCIONAL			CAUDAL DE DISEÑO	
	ÁREA (Ha)	MANZANA	Habitantes / Ha	Población	Dotación Bruta	Q doméstico	Pob	Dotación Bruta	Q comercial	Estudiantes/ Ha	Dotación Bruta	Q institucional	Q _{md}	Q _{Dis}
				(hab)	(L/(hab*día))	(L/s)	(Hab)	(L/Hab/d)	(l/s)		(L/est/d)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
EP1	1.94									1249	53.29	0.77	0.77	1.39
EP2	2.47									1590	53.29	0.98	0.98	1.76
MZ1-1	0.84	1	1537.0	1289.0	155.0	2.31	78.3	65.66	0.06				2.37	4.27
MZ1-2	0.76	1	1537.0	1163.0	155.0	2.09	70.7	65.66	0.05				2.14	3.85
MZ2-1	0.68	2	2082.0	1413.0	155.0	2.53	55.2	65.66	0.04				2.58	4.64
MZ2-2	0.88	2	2082.0	1839.0	155.0	3.30	71.8	65.66	0.05				3.35	6.03
MZ3	1.17	3	1344.0	1578.0	155.0	2.83	167.0	65.66	0.13				2.96	5.32
MZ4	0.86	4	2371.0	2049.0	155.0	3.68	18.0	65.66	0.01				3.69	6.64
MZ5	1.40	5	1344.0	1883.0	155.0	3.38	199.0	65.66	0.15				3.53	6.35
MZ6-1	0.57	6	2381.0	1364.0	155.0	2.45	11.8	65.66	0.01				2.46	4.42
MZ6-2	0.79	6	2381.0	1871.0	155.0	3.36	16.2	65.66	0.01				3.37	6.06
MZ7	1.35	7	1809.0	2436.0	155.0	4.37	28.0	65.66	0.02				4.39	7.90
MZ8-1	0.65	8	2309.0	1508.0	155.0	2.71	21.4	65.66	0.02				2.72	4.90
MZ8-2	0.87	8	2309.0	2009.0	155.0	3.60	28.6	65.66	0.02				3.63	6.52
MZ9	1.20	9	1800.0	2154.0	155.0	3.86	25.0	65.66	0.02				3.88	6.99
MZ10	1.40	10	1662.0	2332.0	155.0	4.18	29.0	65.66	0.02				4.21	7.57
MZ11	1.11	11	1638.0	1811.0	155.0	3.25	45.0	65.66	0.03				3.28	5.91
MZ12	1.03	12	1636.0	1684.0	155.0	3.02	42.0	65.66	0.03				3.05	5.49
MZ13-1	0.78	13	1651.0	1286.0	155.0	2.31	28.7	65.66	0.02				2.33	4.19
MZ13-2	0.82	13	1651.0	1355.0	155.0	2.43	30.3	65.66	0.02				2.45	4.42
MZ14	1.51	14	1746.0	2640.0	155.0	4.74	59.0	65.66	0.04				4.78	8.60
MZ15	1.39	15	1800.0	2503.0	155.0	4.49	29.0	65.66	0.02				4.51	8.12
				47 395.0		85.03	1 498.0		1.14	2 839.0		1.75	87.92	158.20

Fuente: Equipo consultoría AECOM



VELOCIDAD MÁXIMA

La velocidad máxima admisible para las tuberías de las redes menores de distribución es de 2.5 m/s.

DIÁMETROS DE TUBERÍA

En las redes de suministro planteadas, se toma como diámetro nominal mínimo el permitido por la norma NS-036 versión 2.5, el cual es igual a 4" y máximo de hasta 12".

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD

Se utiliza tubería PVC con rugosidad de C igual a 130.

PRESION MÍNIMA Y MAXIMA DE SERVICIO

La presión mínima de servicio en los puntos de las acometidas debe ser de 15 m.c.a. y máximo 50 m.c.a. Para el caso de los hidrantes, el criterio de presión mínima es de 20 m.c.a. para el funcionamiento individual de cada hidrante, y de 10 m.c.a para el funcionamiento de dos hidrantes consecutivos.

La modelación hidráulica para esta etapa de pre-dimensionamiento tiene en cuenta las siguientes disposiciones:

- Los empates entre la tubería proyectada por WSP en el contrato "*Fase I. Actualización de los estudios conceptuales del contrato EAAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, Incluyendo la topografía detalle necesaria para el ajuste al plan vial arterial vigente, que sirvan de base para definir las alternativas técnicas y económicas para el desarrollo de la ciudad Lagos de Torca – Fase I Humedales y cuerpos de agua.*" y las tuberías internas del Plan parcial para este proyecto se deberá verificar en etapas posteriores. Se plantean dos puntos de derivación con tuberías de 12 y 10 pulgadas, una sobre la intersección entre la alameda del norte y la Av. Boyacá, y otra sobre el retorno en inmediaciones de la manzana 14.
- El cálculo de pérdidas se realiza utilizando la fórmula de Hazen-William.
- El dimensionamiento de la red se realizó mediante el programa EPANET 2.2, utilizando la ecuación de pérdidas de Hazen-Williams y se evaluó el cumplimiento de los parámetros de velocidad y presión de cuatro escenarios que consideran, además de las demandas de cada manzana, el funcionamiento individual de los hidrantes más alejados (H18 y H4); y el funcionamiento de los dos hidrantes consecutivos más alejados (H17-H18 y H4-H37), esto siguiendo los lineamientos establecidos en la NS-036.
- La población presentada es la máxima proyectada.
- El caudal para cada uso se divide dependiendo del área de servicio por las diferentes manzanas.
- Los caudales se proyectan con un máximo de pérdidas técnicas de 25% un coeficiente K1 de 1.278 y un coeficiente K2 de 1.408.
- Se hace la localización de 41 hidrantes de 4" con una capacidad de 15 l/s, localizados dentro de la red proyectada y especialmente en las esquinas, en las intersecciones de dos calles y sobre las aceras par así lograr un mejor acceso, con



una separación máxima de 150 metros para zonas de vivienda multifamiliar y 100 metros para los equipamientos.

- Se supone que en las áreas proyectadas en las edificaciones se construirán tanques de almacenamiento para que la demanda interna no incida en el comportamiento hidráulico de la red. El volumen de estos y características se establecen en los diseños de detalle en una etapa posterior.
- Se asume que en las áreas de equipamiento del plan parcial se proyecta la construcción de colegios. Así mismo, se adopta una dotación para instituciones en dicha área.

En el plano de acueducto (4.1/9) se presenta el diámetro, longitudes y materiales de las tuberías y la localización de los hidrantes para mostrar el cumplimiento de los criterios establecidos.

En una etapa posterior, los diseños de detalle se deben presentar a la EAAB como establece la Norma NS-036 versión 2.5.

Se realizó una modelación hidráulica de la red de distribución considerando los cuatro escenarios anteriormente mencionados donde se adoptaron las siguientes consideraciones y conclusiones, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13 Consideraciones y resultados obtenidos

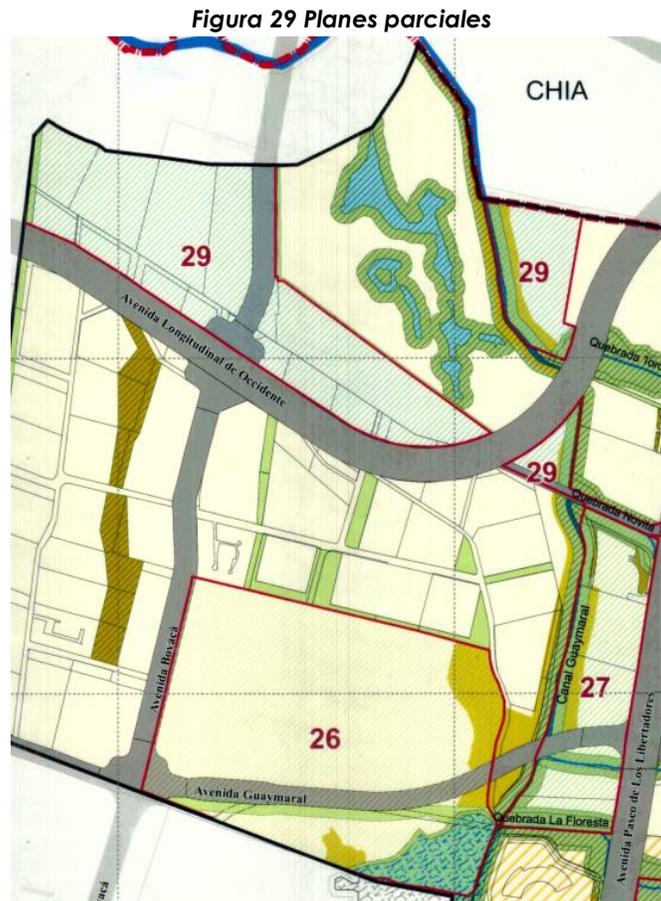
Consideraciones	Resultados	Conclusiones
Los puntos de conexión se prevén en las coordenadas 103355.33 m Este y 125006.87 m Norte y 103941.30 m Este y 124725.88 m Norte. Estos puntos requieren como mínimo una presión de 37.65 y 44.41 mca respectivamente para.	La presión mínima, sin considerar los hidrantes, en la red de distribución es de 15.55 mca y la presión máxima es de 41.44 mca. Considerando el funcionamiento simultáneo de los hidrantes H4 y H37, la presión mínima es de 14.26 y se presenta en el hidrante H4, la presión mínima requerida bajo este escenario es de 10 mca según la NS-036	Por medio de 6668 m aproximadamente se logra la alimentación de todas las manzanas proyectadas.
Se evaluaron cuatro escenarios, respecto al funcionamiento de hidrantes. <ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento individual del hidrante H4. • Funcionamiento individual del hidrante H18. • Funcionamiento de los hidrantes H4 y H37. • Funcionamiento de los hidrantes H17 y H18. 	La velocidad máxima del agua en la red de distribución es de 2.40 m/s.	Se requieren tuberías de 4, 6, 8, 10 y 12 pulgadas de diámetro en PVC.
Se adoptó material de la tubería PVC con un C de 130.	La demanda con la operación normal del sistema es de 158.20 L/s y con la operación de 2 hidrantes es de 188.20 L/s.	Se consideraron las pérdidas locales de los accesorios como codos, reducciones y demás elementos hidráulicos. Sin embargo, esto se debe revalidar en etapas de diseño detallado.
Se adoptó una o dos conexiones de cada manzana o equipamiento directa de la red de distribución.		

Fuente: Equipo consultoría AECOM



En la etapa de diseño detallado se deberá verificar la determinación de caudal de suministro la cual debe cumplir con lo especificado en la norma NS-0.31 versión 2.0 Igualmente se deben atender los lineamientos que emitan en su momento la dirección de red matriz y la dirección de Acueducto y Alcantarillado frente al sistema de redes matrices, redes locales y sectorización.

En la etapa de diseño detallado se deberán armonizar los diseños de redes locales de los polígonos de los planes parciales No. 26 y 27 junto con la definición de distritos hidráulicos que se manejarán en estos sectores. A continuación, se muestra una imagen general de la localización de los planes parcial en mención:



Fuente: Plano No. 13 de 21, Delimitación de Planes parciales, del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte, "Lagos de Torca", Secretaría Distrital de Planeación, Alcaldía Mayor de Bogotá D. C., 2017.

5.2 Alcantarillado sanitario y pluvial

En este numeral se encuentra el dimensionamiento de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial para la población proyectada con la precisión y alcance del Plan Parcial en Mudela del Río.

La información de los caudales para el dimensionamiento del alcantarillado sanitario se toma de acuerdo con la dotación neta residencial (122 L/hab-día), la dotación neta comercial (50.82 L/hab-día) y la dotación neta institucional (41.25 L/hab-día). Los caudales para el sistema de alcantarillado pluvial se estiman a partir de la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) proporcionada por el departamento de hidrología de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB).

Se proyecta para el alcantarillado sanitario la conexión con el trazado propuesto en la *"Fase I. Actualización de los estudios conceptuales del contrato EAAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, Incluyendo la topografía detalle necesaria para el ajuste al plan vial arterial vigente, que sirvan de base para definir las alternativas técnicas y económicas para el desarrollo de la ciudad Lagos de Torca – Fase I Humedales y cuerpos de agua."* Las descargas del sistema de alcantarillado sanitario del PP 29 se coordinaron con el Consultor del contrato mencionado anteriormente y se proyectan a los pozos (135, 141, 147, 150 y 151) de los colectores de carga general planteados en el producto 7 del contrato en mencionado previamente, por lo que se adoptan, los trazados, ubicación, diámetros, materiales, pendientes, elevación de los ductos, etc., y se incluyen como referencia en los planos.

El drenaje pluvial del plan parcial (PP 29) no contempla descargas directas al río Bogotá, se proyectan a los colectores de carga general planteados por el Fideicomiso Lagos de Torca en el producto 14 del contrato previamente mencionado, los cuales tienen en cuenta los aportes generados por las áreas del PP 29, por lo que se adoptan los trazados, ubicación, diámetros, materiales, pendientes, elevación de los ductos, etc. Las descargas se encuentran concertadas con el Fideicomiso y los pozos a los que descarga tuberías del PP 29 son los pozos (6, 135, 202, 208 y 222A). El PP 29 considera descargas directas únicamente en el canal Guaymaral en el norte las cuales están proyectadas para entregar de manera libre por encima de la lámina de agua de 100 años de periodo de retorno según los datos relacionados por el Fideicomiso Lagos de Torca.

El alcantarillado pluvial también tiene en cuenta el uso de sistemas de drenaje sostenible (SUDS) tipo zonas de bio-retención, cuencas secas de drenaje y tanques de almacenamiento dentro de las manzanas con el fin de disminuir los volúmenes de flujo y de contaminantes a los cuerpos de agua receptores.



5.2.1 Sistema de Alcantarillado Sanitario

El sistema de alcantarillado sanitario proyectado debe descargar el flujo a gravedad en las redes que proyecta el estudio realizado por el Fideicomiso Lagos de Torca “*Actualización de los estudios conceptuales del contrato EAAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, Incluyendo la topografía detalle necesaria para el ajuste al plan vial arterial vigente, que sirvan de base para definir las alternativas técnicas y económicas para el desarrollo de la ciudad Lagos de Torca*”.

5.2.1.1 Diseño y Parámetros de Diseño

El diseño del sistema de Alcantarillado Sanitario del Plan Parcial 29 se realizó teniendo en cuenta la dotación neta residencial (120 l/hab/d), dotación neta comercial (50.82 l/hab/d), dotación neta institucional (41.25 l/hab/d) y ocupación residencial (3.2 hab/viviendas) valor concertado entre la EAAB-ESP y el Fideicomiso Lagos de Torca (FLT) para el desarrollo de los diseños conceptuales correspondientes al producto 14 (P14). De igual manera caudal estimado en los diseños del plan parcial 29 (PP29) se encuentra acorde con las proyecciones del decreto 088 de 2017 y lo establecido en la factibilidad de servicios 3010001-S-2023-210654 del 28 de agosto de 2023 en términos de números de viviendas, áreas de comercios y áreas de equipamientos.

Las descargas del sistema de alcantarillado sanitario del PP 29 se coordinaron con el Fideicomiso Lagos de Torca (FLT) y se realizan a los colectores de carga general que se plantean al interior del plan parcial proyectados en los diseños conceptuales correspondientes al Producto 14. En consecuencia, se adoptan, los trazados, ubicación, diámetros, materiales, pendientes, elevación de los ductos, etc., y se incluyen como referencia en los planos.

Los cruces de los colectores sanitarios sobre los cuerpos de agua que atraviesan el plan parcial hacen parte de las redes de carga general propuestas por el Fideicomiso Lagos de Torca como parte del Producto 14.

La cota mínima urbanizable de cada manzana se determinó utilizando la cota clave del colector adyacente más elevado entre los sistemas de carga local de alcantarillado pluvial y sanitario, más la profundidad mínima a nivel de rasante de vía y 15 cm del nivel de andén.

Esta elección se basa en la condición mínima necesaria para permitir que cada manzana pueda drenar tanto sus aguas pluviales como sus aguas residuales por gravedad a los colectores de carga general proyectados en el Producto 14.

Con el fin de no comprometer la viabilidad del plan parcial al generarse rellenos excesivos se plantean coberturas de tuberías que requerirán protección a cargas vivas (profundidades entre 0.7m y 1.2m), que requerirán las previsiones estructurales y geotécnicas correspondientes, conforme los requerimientos de la NS-085. La solución



particular de protección de las tuberías con dicha condición se deberá definir en la fase de diseño de detalle.

DIÁMETROS

En las redes de recolección y evacuación planteadas de aguas residuales, se toma como diámetro nominal mínimo el permitido por la norma NS-085 versión 4.1, el cual es de 200 mm igual a 8".

CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO (Q)

El volumen de aguas residuales aportadas al sistema de recolección y evacuación está compuesto por las aguas domésticas, comerciales e institucionales. Se calculan los caudales de diseño sanitario mediante el método de áreas aferentes a los colectores proyectados en la urbanización, multiplicando la suma de los caudales domésticos, comerciales e institucionales de cada tramo del sistema por el coeficiente de retorno, siendo esto el caudal medio diario.

Para el cálculo del caudal máximo horario, que es el caudal con el que se diseñan los conductos, se calcula el factor de maximización, utilizando como base el caudal medio diario, con base en la normatividad de la EAAB se presenta la relación encontrada en la Tabla 14.

Tabla 14 Factor de Maximización

FACTOR DE MAXIMIZACIÓN	POBLACIÓN (HAB)
2.1	Mayor de 500.000
2.6	Mayor de 100.000 y menor o igual de 500.000
3.0	Menor de 100.000

Fuente: Norma NS-085-EAAB-ESP versión 4.1

El calcula del caudal máximo mediante la siguiente expresión:

$$Q_{MHf} = F * Q_{MD}$$

Donde,

F= Factor de maximización (adimensional)

Q_{MD} = Caudal medio diario de aguas residuales (L/s)

Q_{MHf} = Caudal máximo horario final de aguas residuales (L/s)

Específicamente para el desarrollo del proyecto y teniendo en cuenta las características de éste y la Tabla 14, el factor de maximización es igual a 3.0.

COEFICIENTE DE RETORNO

Los coeficientes de retorno para zonas de vivienda o residenciales y para áreas de equipamiento se asume de 0.85, siguiendo lo recomendado en la NS-085 versión 4.1.



VELOCIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA

La velocidad mínima adoptada es aquella que garantice que, para el caudal máximo horario, el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1.50 N/m² para tuberías de diámetro nominal menor que 450 mm y mayor o igual a 2.0 N/m² para tuberías de diámetro nominal mayor o igual que 450 mm.

En cuanto a la velocidad máxima se opta por la recomendada para conductos cerrados en PVC-PEAD, la cual es de 9 m/s.

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD

El coeficiente de fricción se basa en la rugosidad del material del cual está compuesto el conducto, se presentan y adoptan los valores de "n" a continuación nombrados:

Tabla 15 Valores coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados

Característica interna del Material	n
Interior Liso	0.010
Interior semi-rugoso	0.013
Interior Rugoso	0.015

Fuente: Norma NS-085-EAAB-ESP versión 4.1

DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE DRENAJE SANITARIO

Para el diseño de la solución de drenaje sanitario del proyecto se contemplaron las áreas tributarias de las manzanas del plan urbanístico. En el plano "Planta áreas de drenaje Alcantarillado Sanitario (4.3/9)" se logra evidenciar la distribución de las áreas tributarias.

DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

El dimensionamiento canales y/o conductos que transporten la escorrentía a flujo libre, se utiliza el método de Manning, el cual determina las propiedades geométricas de los conductos con base en el caudal y el coeficiente de rugosidad, cuya expresión es de la forma:

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

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

n: Coeficiente de rugosidad

A: Área mojada (m²)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente (m/m)



DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN

El dimensionamiento de la sección se basa en la profundidad de flujo máxima en cada una de las tuberías con el fin de permitir una adecuada aireación de las aguas transitadas. La siguiente tabla presenta la relación máxima con la que se diseñan las secciones para los diferentes rangos de diámetros, teniendo en cuenta que la relación de máxima profundidad (y/D) se calcula con el caudal máximo de diseño.

Tabla 16 Relación máxima de tubo y/D

Diámetro real interno (mm)	Relación máxima y/D (%)
Menor que 500	70
Entre 500 y 1000	80
Mayor que 1000	85

Fuente: Norma NS-085-EAAB-ESP versión 4.1

En la Tabla 17 se muestra los caudales de diseño calculados bajo los criterios mencionados anteriormente.



Tabla 17 Caudales para alcantarillado sanitario en Mudela del Río

POZO		Caudal doméstico											Caudal comercial			Caudal institucional		Caudal de diseño										
DE	A	ÁREA Ha 1	MZ 1	Habitantes / Ha	Población	Dotación (l/hab*día)	Q doméstico (l/s)	ÁREA Ha 2	MZ 2	Habitantes / Ha	Población	Dotación (l/hab*día)	Q doméstico (l/s)	Q doméstico (l/s)	Población 1	Población 2	Q comercial (l/s)	Área institucional (Ha)	Q institucional (l/s)	Q medio diario (l/s)	FM	Q máx horario (l/s)	Q erratas (l/s)	Q infiltración (l/s)	Q propio (l/s)	Q otros rramos (l/s)	Q acumulad o (l/s)	
101	102	0.56	20	1681.00	946.00	120	1.31						1.31	16.0		0.01			1.12	3.00	3.37	0.11	0.06	3.54			3.54	
102	103												0.00			0.00												3.54
103	104	0.61	20	1681.00	1029.00	120	1.43						1.43	18.0		0.01			1.22	3.00	3.67	0.12	0.06	3.85			7.40	
104	105	0.73	19	1680.00	1222.00	120	1.70						1.70	21.0		0.01			1.45	3.00	4.36	0.15	0.07	4.58			11.98	
105	106												0.00			0.00												11.98
107	106	0.60	18	1282.00	765.00	120	1.06	0.57	19	1680.00	958.00	120	1.33	2.39	85.0	16.0	0.06			2.08	3.00	6.25	0.23	0.12	6.60		6.60	
106	108	0.68	18	1282.00	877.00	120	1.22						1.22	97.0		0.06			1.08	3.00	3.25	0.14	0.07	3.46	6.60		22.04	
108	135												0.00			0.00												22.04
135	136												0.00			0.00												22.04
136	137												0.00			0.00												22.04
137	138												0.00			0.00												22.04
138	139												0.00			0.00												22.04
139	140												0.00			0.00												22.04
140	141												0.00			0.00												22.04
141	142												0.00			0.00										6.49		28.52
142	143	1.51	14	1746.00	2641.00	120	3.67						3.67	59.0		0.03			3.15	3.00	9.44	0.30	0.15	9.90			38.42	
143	144												0.00			0.00												38.42
144	145												0.00			0.00												38.42
145	146	0.82	13	1651.00	1355.00	120	1.88						1.88	30.0		0.02			1.61	3.00	4.84	0.16	0.08	5.09			43.51	
146	147												0.00			0.00												43.51
147	148	0.55	12	1636.00	906.00	120	1.26						1.26	23.0		0.01			1.08	3.00	3.24	0.11	0.06	3.41	7.75		54.67	
148	149												0.00			0.00												54.67
149	150	0.48	11	1638.00	786.00	120	1.09						1.09	20.0		0.01			0.94	3.00	2.81	0.10	0.05	2.96			57.63	
150	151												0.00			0.00											99.36	156.99
151	152												0.00			0.00											25.84	182.84
													0.00			0.00												
203	204	0.56	17	1506.00	843.00	120	1.17						1.17	80.0		0.05			1.04	3.00	3.11	0.11	0.06	3.27			3.27	
204	205												0.00			0.00												3.27
206	207	0.55	17	1506.00	828.00	120	1.15						1.15	78.0		0.05			1.02	3.00	3.05	0.11	0.05	3.21			3.21	
205	141												0.00			0.00											3.27	6.49
													0.00			0.00												
302	303												0.00			0.00		0.98	0.30	0.26	3.00	0.77	0.20	0.10	1.07		1.07	
303	304												0.00			0.00												1.07
305	306	0.78	16	2369.00	1847.00	120	2.57						2.57	16.0		0.01	1.48	0.46	2.58	3.00	7.73	0.45	0.23	8.41			8.41	
306	304												0.00			0.00												8.41
307	308	0.48	12	1636.00	777.00	120	1.08	0.78	13	1651.00	1286.00	120	1.79	2.87	19.0	29.0	0.03			2.46	3.00	7.38	0.25	0.13	7.75		7.75	
308	304												0.00			0.00												7.75
304	309	0.81	16	2369.00	1913.00	120	2.66						2.66	17.0		0.01			2.27	3.00	6.80	0.16	0.08	7.04	1.07		16.52	
309	310												0.00			0.00												16.52
310	311	0.74	15	1800.00	1326.00	120	1.84						1.84	15.0		0.01			1.57	3.00	4.72	0.15	0.07	4.94			21.46	
311	312	0.65	15	1800.00	1177.00	120	1.63						1.63	14.0		0.01			1.40	3.00	4.19	0.13	0.07	4.39			25.84	
312	314												0.00			0.00												25.84
314	151												0.00			0.00												25.84



POZO		Caudal doméstico											Caudal comercial			Caudal institucional		Caudal de diseño										
DE	A	ÁREA Ha 1	MZ 1	Habitantes / Ha	Población	Dotación (l/(hab*día))	Q doméstico (l/s)	ÁREA Ha 2	MZ 2	Habitantes / Ha	Población	Dotación Neta Real (l/(hab*día))	Q doméstico (l/s)	Q doméstico (l/s)	Población 1	Población 2	Q comercial (l/s)	Área Institucional (Ha)	Q institucional (l/s)	Q medio diario (l/s)	FM ad	Q máx horario (l/s)	Q erradas (l/s)	Q infiltración (l/s)	Q propio (l/s)	Q otros rramos (l/s)	Q acumulad o (l/s)	
316	317	0.63	11	1638.00	1026.00	120	1.43						1.43	25.0		0.01			1.22	3.00	3.67	0.13	0.06	3.86			3.86	
317	150												0.00			0.00												3.86
401	402	0.57	6	2381.00	1364.00	120	1.89						1.89	12.0		0.01			1.62	3.00	4.85	0.11	0.06	5.02			5.02	
402	403												0.00			0.00												5.02
403	404												0.00			0.00												5.02
404	405	0.79	6	2381.00	1871.00	120	2.60						2.60	16.0		0.01			2.22	3.00	6.65	0.16	0.08	6.89			11.91	
405	406												0.00			0.00												11.91
406	407	0.71	7	1809.00	1276.00	120	1.77						1.77	15.0		0.01			1.51	3.00	4.54	0.14	0.07	4.75			16.66	
407	408												0.00			0.00												16.66
409	408	0.64	7	1809.00	1159.00	120	1.61	0.65	8	2309.00	1508.00	120	2.09	3.70	13.0	21.0	0.02			3.17	3.00	9.50	0.26	0.13	9.88			9.88
408	410	0.87	8	2309.00	2009.00	120	2.79						2.79	29.0		0.02			2.39	3.00	7.16	0.17	0.09	7.42	9.88		33.96	
410	411												0.00			0.00												33.96
411	412	0.60	9	1800.00	1085.00	120	1.51						1.51	13.0		0.01			1.29	3.00	3.86	0.12	0.06	4.04			38.01	
412	413												0.00			0.00												38.01
414	413	0.59	9	1800.00	1069.00	120	1.48	0.73	10	1662.00	1212.00	120	1.68	3.17	12.0	15.0	0.02			2.71	3.00	8.12	0.26	0.13	8.52			8.52
413	415	0.67	10	1662.00	1121.00	120	1.56						1.56	14.0		0.01			1.33	3.00	3.99	0.13	0.07	4.19	8.52		50.72	
415	416												0.00			0.00												50.72
416	150												0.00			0.00												44.78
													0.00			0.00												95.50
501	502	0.84	1	1537.00	1289.00	120	1.79						1.79	78.0		0.05			1.56	3.00	4.68	0.17	0.08	4.93			4.93	
502	503	0.76	1	1537.00	1163.00	120	1.62						1.62	71.0		0.04			1.41	3.00	4.23	0.15	0.08	4.45			9.39	
503	504												0.00			0.00												9.39
504	505	0.68	2	2082.00	1413.00	120	1.96						1.96	55.0		0.03			1.70	3.00	5.09	0.14	0.07	5.29			14.68	
505	506												0.00			0.00												14.68
506	507												0.00			0.00												14.68
508	509	0.47	3	1344.00	635.00	120	0.88	0.88	2	2082.00	1839.00	120	2.55	3.44	67.0	72.0	0.08			2.99	3.00	8.97	0.27	0.14	9.38			9.38
509	507												0.00			0.00												9.38
507	510	0.70	3	1344.00	943.00	120	1.31						1.31	100.0		0.06			1.16	3.00	3.49	0.14	0.07	3.70	9.38		27.75	
510	511	0.86	4	2371.00	2049.00	120	2.85						2.85	18.0		0.01			2.43	3.00	7.28	0.17	0.09	7.54			35.30	
511	512	0.72	5	1344.00	968.00	120	1.34						1.34	102.0		0.06	0.71	0.22	1.38	3.00	4.14	0.29	0.14	4.56			39.86	
512	513												0.00			0.00												39.86
514	515	0.68	5	1344.00	914.00	120	1.27						1.27	97.0		0.06			1.13	3.00	3.38	0.14	0.07	3.59			3.59	
515	513												0.00			0.00												3.59
513	516												0.00			0.00	1.23	0.38	0.32	3.00	0.97	0.25	0.12	1.34	3.59		44.78	
516	517												0.00			0.00												44.78
517	518												0.00			0.00												44.78
518	416												0.00			0.00												44.78

Fuente: Equipo consultoría AECOM



La modelación hidráulica para esta etapa de pre-dimensionamiento tiene en cuenta las siguientes disposiciones:

- Los caudales de diseño se toman basados en la Norma NS-085 versión 4.1 y como se explicó anteriormente.
- La conexión se proyectó a la red propuesta por la actualización mencionada anteriormente.

En la fase de diseños definitivos esta información demográfica y predial debe ser validada con el fin de realizar los respectivos ajustes a que haya lugar en cuanto a caudal de diseño y diámetros resultantes del estudio, para lo cual se deberá sustentar de manera clara en informes técnicos, memorias de cálculo y planos de diseño.



5.2.2 Sistema de Alcantarillado Pluvial

Las redes de tuberías y SUDS que se plantean en la urbanización tienen como objetivo captar, controlar y evacuar las aguas lluvias que se presentan en la zona de proyecto una vez se haya cambiado el uso de suelo.

El sistema de drenaje pluvial del plan parcial (PP 29) está diseñado de manera que no genera descargas directas al río Bogotá ni al Canal Guaymaral. Las descargas pluviales a estos dos cuerpos de agua hacen parte de las redes de Carga General propuestas por el Fideicomiso Lagos de Torca (FLT) como parte del Producto 14 (P14). Para este propósito, se han considerado los colectores de carga general proyectados por el Fideicomiso Lagos de Torca en los diseños a nivel de ingeniería básica del P14. Estos colectores tienen en cuenta las contribuciones y descargas proyectadas por las áreas del PP 29, y se han adoptado sus trazados, ubicación, diámetros, materiales, pendientes, elevación de los ductos, etc.

De acuerdo con el esquema urbanístico propuesto y la situación topográfica existente se determina el sentido de los drenajes de la urbanización con los sentidos generales que se presentan en la Figura 30. Las áreas de drenaje con su sentido de flujo se encuentran en el plano 4.9 (Planta de áreas de drenaje alcantarillado pluvial).

Es importante destacar que en los diseños conceptuales desarrollados para el Plan Parcial 29, se considera la ubicación de las redes de carga local asociadas al urbanismo, y las etapas de desarrollo y construcción del Plan Parcial para que este sea viable. Esto ha dado lugar a ajustes en relación con los diseños de Ingeniería Básica del Producto 14. Estos últimos se han socializado con el Fideicomiso Lagos de Torca, quienes no han objetado la alternativa propuesta teniendo en cuenta que estas modificaciones pueden ser incorporadas en el desarrollo de los diseños de la Fase 2, que actualmente está siendo elaborada por el Fideicomiso.

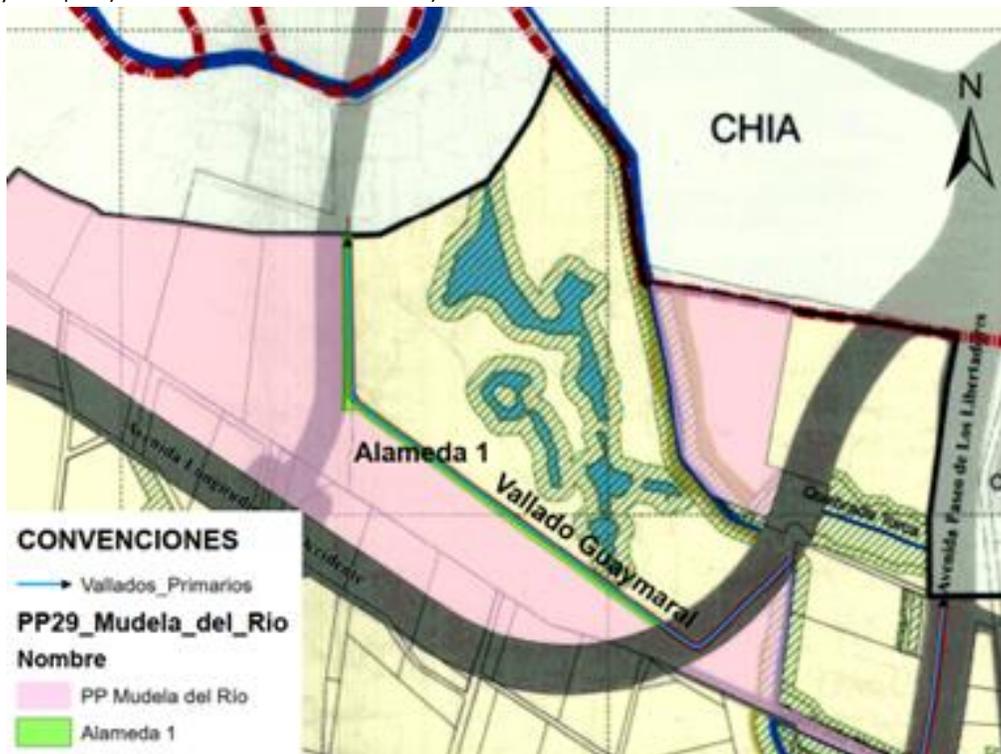


Figura 30 Sentidos de drenaje propuesto para el alcantarillado pluvial.



Fuente: Equipo consultoría AECOM

Por otro lado, es importante resaltar que, únicamente el vallado Guaymaral es interceptado por el PP Mudela del Río, el cual se está integrando al Plan Parcial mediante la Alameda 1. Dicho vallado no recibe ningún afluente proveniente del drenaje pluvial del plan parcial (PP 29). La proyección del vallado Guaymaral se muestra a continuación.



DIÁMETROS

En las redes de recolección y evacuación planteadas de aguas lluvias, se toma como diámetro nominal mínimo el permitido por la norma NS-085 de la EAAB versión 4.1, el cual es de 300 mm igual a 12".

CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO (Q)

Para la determinación del caudal de diseño de las tuberías y vallados se empleó el método Racional, que consiste en el producto de la intensidad de la lluvia determinada por las curvas IDF (Intensidad - Duración - Frecuencia), el coeficiente de escorrentía, y el área de drenaje asociado a cada obra de drenaje. La ecuación implementada es de la forma:

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal estimado (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad de la lluvia (mm/h)

A = Área de drenaje (Ha)

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

El coeficiente de escorrentía es función del suelo del área tributaria, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno. Para la estimación del valor del coeficiente de escorrentía, se tuvo en cuenta los valores de la siguiente Tabla.

Tabla 18 Valores de escorrentía C

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubiertas	0.85
Superficies en asfalto	0.80
Zonas verdes	0.25

Fuente: NS-085, EAAB-ESP

Al tener áreas de drenaje que incluyen zonas con diferentes coeficientes de impermeabilidad, el valor del coeficiente representativo para toda el área se calculó mediante una estadística zonal promedio a través de un archivo tipo ráster de las coberturas presentes.

Aclarando que dentro de las manzanas propuestas en el urbanismo se optó por tener dos coeficientes de impermeabilidad 70% áreas duras (cubiertas) y 30% áreas verdes, porcentajes tomados en referencia al decreto 080 de 2016 de la Secretaría Distrital de Planeación, donde se recomienda el porcentaje dentro de las zonas de comunal privado



tener un 40% de área verde, al elegir 30 % de áreas se está teniendo en cuenta un factor de seguridad.

INTENSIDAD DE LLUVIA (i)

La intensidad de la lluvia se determina de acuerdo con la ubicación de la zona del proyecto, para este caso en especial se obtuvo las curvas de intensidad – duración – frecuencia (IDF) obtenidas de “Resultados del contrato 2-02-26100-607-2003, Estudio y Revisión de las curvas IDF para la sabana de Bogotá – INGETEC S.A.”, a partir de los cuales se obtiene la intensidad, empleado la siguiente expresión:

$$Intensidad = C_1(Duración + X_0)^{C_2}$$

Los datos son los siguientes:

$$I = 2306.6385 (d + 22.5)^{-1.01092}; \text{ para 3 años}$$

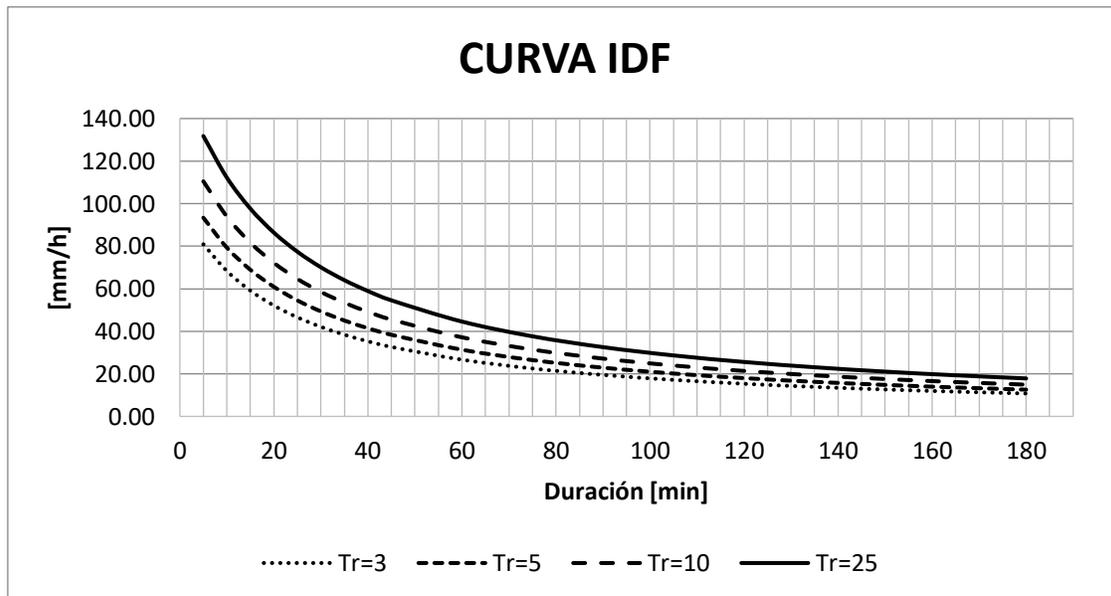
$$I = 3029.3962 (d + 24.2)^{-1.03124}; \text{ para 5 años}$$

$$I = 3594.0387 (d + 24.3)^{-1.03094}; \text{ para 10 años}$$

$$I = 4494.8835 (d + 24.9)^{-1.03879}; \text{ para 25 años}$$

A continuación, en la Figura 31, se presenta la tabulación para las ecuaciones de IDF:

Figura 31 Curvas IDF



Fuente: Equipo consultoría AECOM

PERIODO DE RETORNO DE DISEÑO (Tr)

En consenso con la EAAB-ESP, se planteó un periodo de retorno de 10 años para las redes que descargan directamente a colectores de carga general proyectadas por el Fideicomiso Lagos de Torca (redes de carga local ubicadas al oriente de la Av. Boyacá); mientras que para las redes proyectadas que no descargan directamente a redes de carga



general, se definió un periodo de retorno de 5 años (redes de carga local ubicadas al occidente de la Av. Boyacá).

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración mínimo adoptado es de 15 minutos, teniendo como referencia el tiempo mínimo recomendado para pozos iniciales en la NS-085 de la EAAB versión 4.1.

VELOCIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

La velocidad mínima adoptada es aquella que garantice que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor a 3.0 N/m² para el caudal de diseño, y mayor o igual a 1.5 N/m² para el 10% de la capacidad a tubo lleno.

En cuanto a la velocidad máxima se opta por la recomendada para conductos cerrados en PVC-PEAD, la cual es de 9 m/s; y fibra de vidrio GRP 4 m/s.

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD

El coeficiente de fricción se basa en la rugosidad del material del cual está compuesto el conducto, se presentan y adoptan los valores de "n" a continuación nombrados:

Tabla 19 Valores coeficiente de rugosidad de Manning n para conductos cerrados

Característica interna del Material	n
Interior Liso	0.010
Interior semi-rugoso	0.013
Interior Rugoso	0.015

Fuente: Norma NS-085-EAAB-ESP

DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE DRENAJE

Para el diseño de la solución de drenaje del proyecto se contemplaron las geometrías y áreas tributarias de las manzanas, vías internas, parques y cesiones de equipamiento del plano urbanístico. En el plano "Planta áreas de drenaje Alcantarillado Pluvial (4.9/9)" se logra evidenciar la distribución de las áreas de drenaje.

DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

El dimensionamiento canales y/o conductos que transporten la escorrentía a flujo libre, se utiliza el método de Manning, el cual determina las propiedades geométricas de los conductos con base en el caudal y el coeficiente de rugosidad, cuya expresión es de la forma:

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



Donde:

Q: Caudal (m³/s)

n: Coeficiente de rugosidad

A: Área mojada (m²)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente (m/m)

DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN

El dimensionamiento de la sección se basa en la profundidad de flujo máxima en cada una de las tuberías con el fin de permitir una adecuada aireación de las aguas transitadas. La siguiente tabla presenta la relación máxima con la que se diseñan las, teniendo en cuenta que la relación de máxima profundidad (y/D) se calcula con el caudal máximo de diseño.

Tabla 20 Relación máxima de tubo y/D

Diámetro real interno (mm)	Relación máxima y/D (%)
Todos	93

Fuente: Norma NS-085-EAAB-ESP

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

Para iniciar es importante resaltar que los SUDS propuestos en este documento son diseñados e implementados de manera conceptual, por lo que en etapas posteriores de diseños se deberá estudiar con detalle una vez se cuente con la actualización de diseños conceptuales que realice el Fideicomiso Lagos de Torca en el sector del proyecto, se deberán ajustar, evaluar y diseñar las soluciones aquí propuestas.

La identificación de las tipologías factibles en el área del proyecto y que se tienen en cuenta en la normatividad vigente de la EAAB (NS-166) corresponde al análisis de distintas variables como: el tipo de espacio en el cual se va a implementar, las características del área disponible, tipos de suelo, niveles freáticos, pendiente longitudinal, tasa de infiltración. Ancho (del área disponible) y Largo (del área disponible).

La implementación de la tipología de SUDS se determinó con ciertos parámetros claves para clasificar y seleccionar la más apropiada para el proyecto. Teniendo en cuenta el área disponible para ubicar las tipologías y los valores de nivel freático y tasa de infiltración del suelo; tomando de referencia el documento "Metodología para determinar el potencial de implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en áreas residenciales, a partir de análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Caso de estudio Bogotá D.C., Colombia", imágenes "Mapa de área potencial por lote con distancia a nivel freático" y "Mapas de área potencial por lote con tasa de infiltración", se adoptó la distancia al nivel freático de aproximadamente 2.10 m y la tasa de infiltración de 7.5 mm/h;



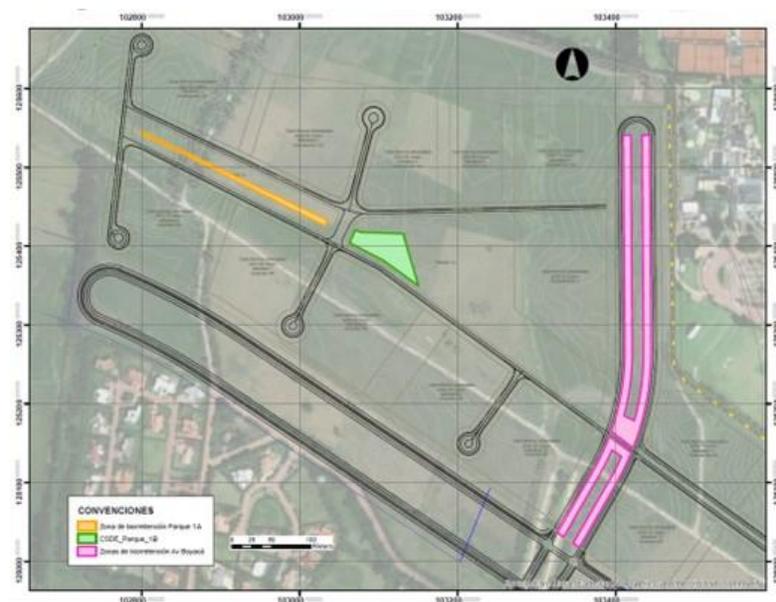
además, se tuvo en cuenta el tipo de espacio, que para el proyecto se cuenta parques lineales.

A partir de lo anterior se determinó cuáles tipologías son factibles técnicamente; debido a la capacidad de manejo de cada una de las unidades se deben instalar una cantidad mayor de la esperada en espacio público de elementos para tratar el 30% del volumen de escorrentía, por lo tanto, se descartan los alcorques inundables; por restricciones de nivel freático mayor a 3 metros se descartan las tipologías pavimentos permeables y zanjas de infiltración, además estas últimas requieren de un mantenimiento constante para evitar la obstrucción del sistema y al estar en zona pública podría no darse; y por restricción de tasa de infiltración y sitios para localizarlas se descartan las cunetas verdes. Resultando factibles 3 tipologías, tanques de almacenamiento, zonas de bio-retención y cuencas secas de drenaje extendido

Los tanques de almacenamiento son factibles debido a que se utilizarán en las manzanas al costado oriental de la Avenida Boyacá, las cuales no cuentan con espacios suficientes de zona verde para implementar otra tipología; las zonas de bio-retención son utilizadas en los parques lineales debido a que corresponden a grandes espacios de zonas verdes con longitudes considerables y anchos reducidos, por lo tanto, esta tipología es adecuada debido a que no permite la utilización de elementos dentro de su área superficial; la cuenca de drenaje extendido, por otra parte, se utiliza en un parque que tiene un área superficial con dimensiones mucho menos lineales y que probablemente deba tener mobiliario para recreación, deporte y descanso, siendo así adecuada esta tipología ya que admite utilizar elementos dentro de su área de implantación, siendo amena con el paisajismo del parque.

A continuación, se presenta una localización de los SUDS propuestos dentro del plano urbanístico del Plan Parcial.

Figura 32 Localización SUDS



Fuente: Equipo consultoría AECOM



Zonas de Bio-retención

La primera tipología seleccionada son las Zonas de Bio-Retención, nos brindan una alta capacidad de mejoramiento de calidad de agua, control de volúmenes y son muy amenos con el paisaje. En la siguiente tabla se presentan las características físicas de las zonas de bio-retención.

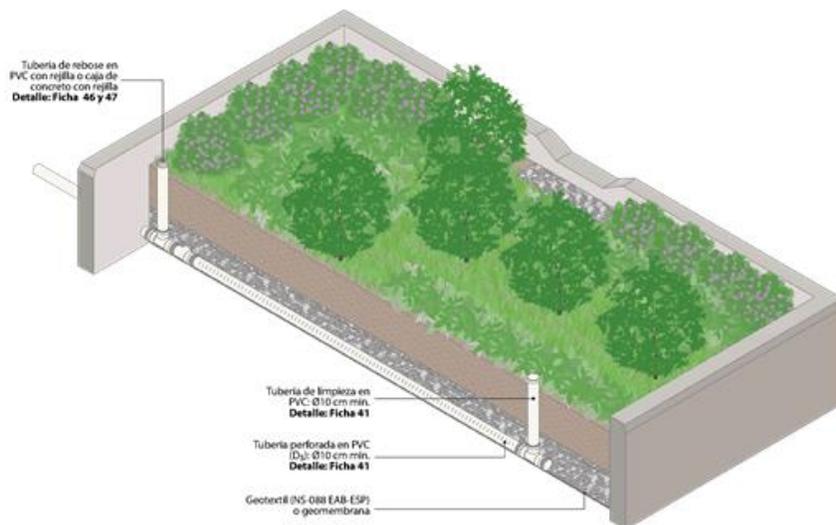
Tabla 21 Restricciones de implementación zonas de bio-retención

Restricción	Límites	Unidades
Pendiente longitudinal	< 10	%
Distancia al nivel freático	> 1.8	m
Tasa de infiltración del suelo	> 7	mm/h
Distancia a cimientos	> 6	m

Fuente: Norma NS-166-EAAB-ESP Versión 0,1

Con la ubicación para las zonas de bio-retención, las áreas tributarias a cada uno, los coeficientes de escorrentía asignados y con la profundidad de encharcamiento máximo de la estructura de SUDS de 30 centímetros; y la profundidad de la lámina de lluvia del sitio de interés, se determinó el volumen de calidad o tratamiento, el cual corresponde al almacenamiento mínimo de la estructura, por último, se verifica las dimensiones de la estructura para que el volumen pueda ser almacenado. En este punto es importante aclarar que la tipología en estudio tiene como sección típica la presentada a continuación:

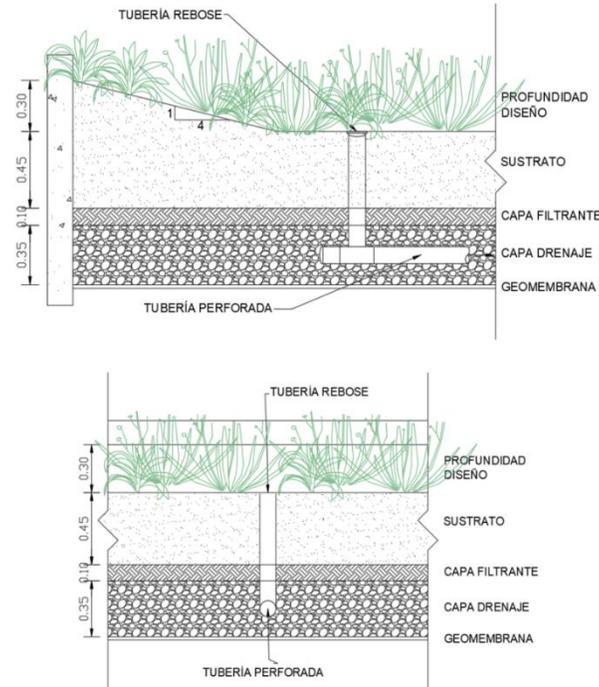
Figura 33 Esquema de referencia Zona de bio-Retención



Fuente: NS-166 EAAB-ESP Versión 0,1

Figura 34 Sección Típica Zonas de Bio-retención





Fuente: Equipo consultoría AECOM

Al no tener un estudio detallado de suelos y no tener certeza de la estratigrafía presente en la zona de estudio, se propone que las zonas de bio-retención podrían ser sin infiltración, ya que es la condición más crítica, de tal manera que deberá instalarse una tubería perforada en el material filtrante para que favorezca la conducción del agua captada hasta el sistema de alcantarillado pluvial convencional, como estructura de control de nivel dentro de las zonas se proyecta una tubería de rebose, la cual está conectada a la tubería perforada para descargar en el sistema de desagüe.

En la cobertura vegetal asociada a la estructura se propone sea lo suficientemente robusta, para evitar la proliferación de plagas y enfermedades en la capa herbaria, al igual que pueda soportar la contaminación proveniente de la escorrentía.

El sustrato se proyecta con una profundidad de 0.45m la capa filtrante de 0.10m y la capa de drenaje de 0.35m, junto con la tubería perforada, al igual que una geomembrana resistente a la tracción y perforación. Dicho sistema favorecerá a la estructura al drenar el agua captada, mejorar la calidad y trasportarla al sistema convencional de alcantarillado.

Cuenca seca de drenaje extendido

Se considera la implementación de la tipología conocida como “Cuenca seca de drenaje extendido”, la cual consiste en una depresión extensa de terreno permeable, que permite el almacenamiento temporal del agua de escorrentía, reduciendo del caudal pico y, opcionalmente, brindando un tratamiento de calidad al agua de precipitación debido a su filtración por sustratos seleccionados. Esta CSDE se debe mantener seca en los períodos en que no hay eventos de precipitación ya que, al comprender una gran área, puede ser



utilizada para la localización de parques recreativos o mobiliario variado dentro de ella, siendo amena con el paisaje donde se implanta.

Tabla 22 Restricciones de implementación cuencas secas de drenaje

Restricción	Límites	Unidades
Pendiente longitudinal	> 1, < 15	%
Distancia al nivel freático	> 3	m
Tasa de infiltración del suelo	> 7	mm/h
Distancia a cimientos	> 6	m

Fuente: Norma NS-166-EAAB-ESP Versión 0,1

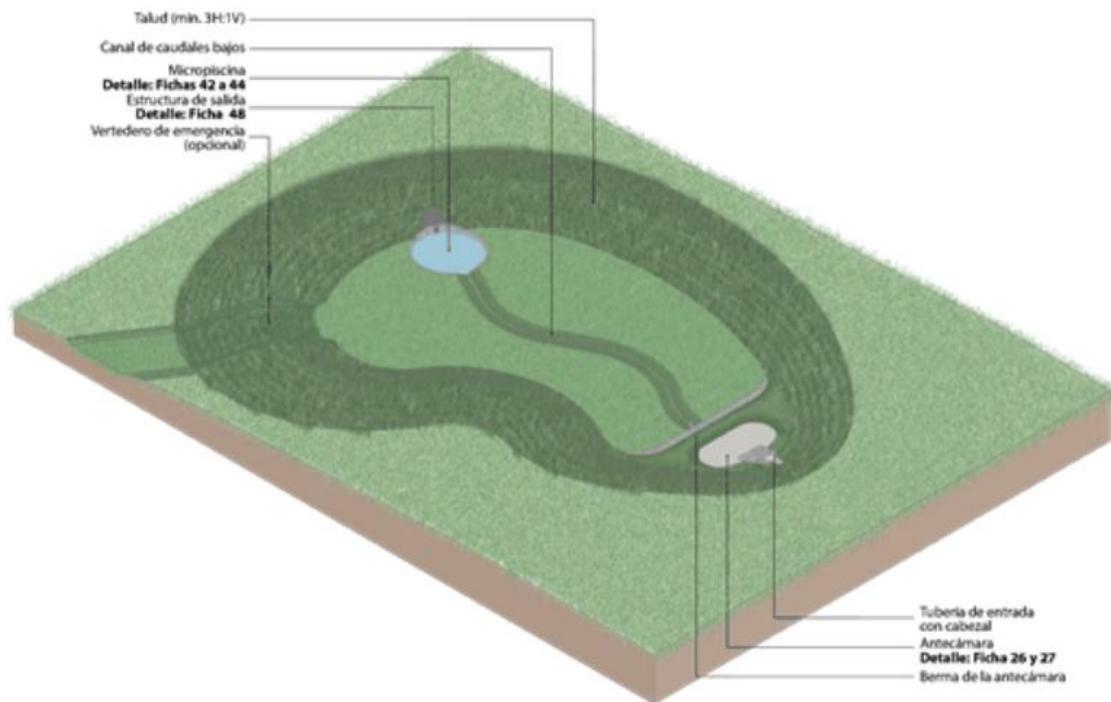
La cuenca seca de drenaje extendido considera las áreas tributarias que llegan a él, con sus correspondientes coeficientes de escorrentía y la precipitación producto de la localización del proyecto. De esta manera, se escogió que la CSDE tuviera como función el control de inundaciones mas no de tratamiento para mejorar la calidad del agua, debido a que la principal razón por la cual se implementa este SUDS es para la amortiguación del caudal pico. En función del volumen de control de inundaciones y el caudal al cual debe descargar la estructura, se dimensiona el área y el volumen que debe tener la CSDE para poder manejar el agua de escorrentía.

Se dimensionan estructuras internas de la CSDE como la berma de la antecámara, el canal de caudales bajos, la micro piscina permanente, la estructura de salida, la rejilla de basuras y el dique de desbordamiento para emergencias, todas ellas ayudando en la operación de la cuenca tanto en tiempo seco como en período de precipitación.

Se realiza una corrección del volumen de escorrentía que debería manejar (volumen de diseño) la cuenca debido a la infiltración presente dentro de ella; todo esto bajo la infiltración obtenida de 7.5 mm/h. Finalmente se calcula el tiempo de detención de volumen de control de inundaciones dentro de la CSDE, el cual es de 8.11 horas; a pesar de que se recomienda que la cuenca tenga un tiempo de detención mayor a 24 horas, este tiempo calculado es suficiente para amortiguar el caudal pico de una tormenta que caiga sobre el PP 29.

El esquema de referencia de la cuenca seca de drenaje extendido se presenta a continuación:



Figura 35. Esquema de referencia cuenca seca de drenaje extendido

Fuente: NS-166 EAAB-ESP Versión 0,1

En la cobertura vegetal asociada a la estructura se propone sea lo suficientemente robusta, para evitar la proliferación de plagas y enfermedades en la capa herbaria, al igual que pueda soportar la contaminación proveniente de la escorrentía.

Tanques de Almacenamiento

Se utiliza esta tipología en cada una de las manzanas del costado oriental de la Avenida Boyacá con la intención de que ellas amortigüen el caudal de escorrentía que precipita sobre ellas, debido a que en este sector no existen muchas zonas verdes disponibles para implementar otra tipología de SUDS.

Los tanques de almacenamiento son estructuras rígidas que tienen la capacidad de almacenar el volumen de escorrentía para luego utilizarlo en distintos usos de agua no potable o descargarlo al sistema de alcantarillado convencional (condición de amortiguación del pico). La escorrentía ingresa al tanque a partir de techos, cubiertas o canaletas, o mediante sistemas de drenaje convencional como alcantarillados y sumideros, y debe pasar a través de estructuras anexas de pretratamiento o de primer lavador, antes de ser almacenada en el SUDS. La evacuación del agua dependerá de la operación que se le asigne a la estructura.

Se considera que esta tipología es la más flexible, ya que puede ser implementada dentro de edificaciones y de manera subterránea, sin tener estratos filtrantes o sustratos que requieran ser soterrados en terreno natural.



Se pueden ubicar de forma superficial, normalmente en usos privados, para un próximo aprovechamiento; de forma subterránea para espacio público, normalmente para conectarse a otra tipología o con el sistema de drenaje convencional para amortiguar escorrentía urbana.

Tabla 23 Restricciones de implementación tanques de almacenamiento

Restricción	Límites	Unidades
Pendiente	> 1	%
Distancia al nivel freático	> 2	m

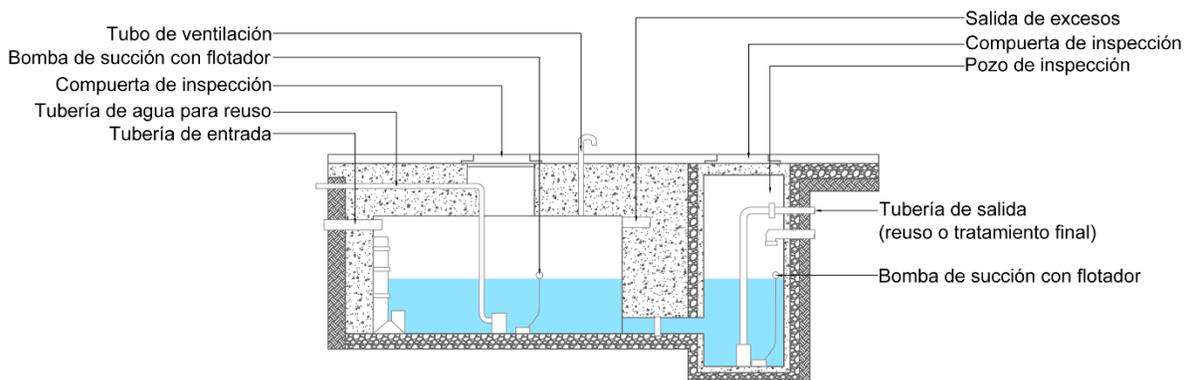
Fuente: Norma NS-166-EAAB-ESP Versión 0,1

El diseño de la tipología funciona a partir de la precipitación media mensual, el área superficial de cada una de las manzanas y el coeficiente de escorrentía de cada manzana; a partir de esto calcula un volumen de escorrentía generado por la lluvia en cada uno de los meses.

El procedimiento de diseño se basa en un balance de masas que calcula un volumen remanente al final de cada mes, basado en la escorrentía que entra, la demanda (la cual se fija en cero debido a que no se tiene contemplado reutilizar el agua con estos tanques, si no únicamente la amortiguación del pico) y el caudal de excesos en caso de que el tanque exceda su capacidad en algún punto. A partir de allí se dimensiona cada uno de los tanques en función del porcentaje de la relación Descarga / Escorrentía, el cual debe fijarse en aproximadamente 70%, para que se perciba una atenuación del 30% en el caudal pico de escorrentía.

El esquema de referencia del tanque de almacenamiento se presenta a continuación:

Figura 36. Esquema de referencia tanque de almacenamiento



Fuente: NS-166 EAAB-ESP Versión 0,1

La ubicación de los tanques de almacenamiento dependerá de cada urbanización. Para este caso se calculan volúmenes y dimensiones aproximadas, no obstante, la implantación debe ser realizada por cada urbanizador quedando a potestad de cada uno de ellos evaluar la pertinencia de utilizar esta tipología, dependiendo de la disponibilidad de espacio y operación que se le dé al agua colectada; el urbanizador podrá utilizar otra tipología si lo desea, ya que la finalidad de la utilización de SUDS es el cumplimiento de lo establecido en el Decreto 088 de 2017 y la NS-166 de la EAAB-ESP.



Las Manzanas que llevan, conceptualmente, taque de almacenamiento son la 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO PLANTEADO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

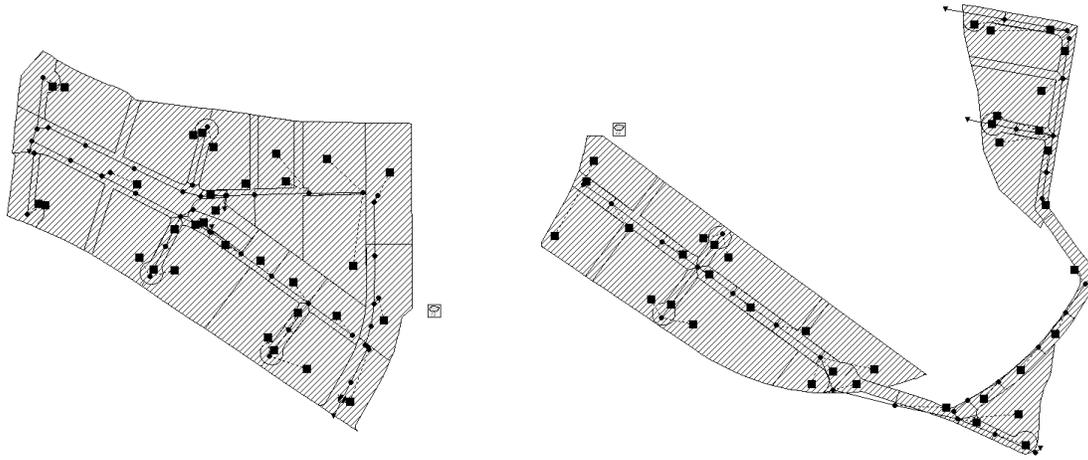
El alcantarillado pluvial de la zona del Plan Parcial Mudela del Río se distribuye en tubería para recolectar el flujo de las vías y de los predios proyectados y las zonas verdes del predio; la disposición en planta se puede observar en el Plano de Alcantarillado pluvial (4.9/9). En una etapa posterior de diseño a la aprobación de este Plan Parcial, se debe realizar el dimensionamiento de detalle para disponer de los planos de construcción.

El diseño tiene las siguientes características, cuenta con tubería en PVC con diámetros que van de 12" a 60" y conectan a los colectores de carga general proyectados por la actualización de los estudios *"Fase I. Actualización de los estudios conceptuales del contrato EAAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, Incluyendo la topografía detalle necesaria para el ajuste al plan vial arterial vigente, que sirvan de base para definir las alternativas técnicas y económicas para el desarrollo de la ciudad Lagos de Torca."* Para los colectores de carga general planteados por el Fideicomiso Lagos de Torca en el producto 14 del contrato previamente mencionado, los cuales tienen en cuenta los aportes generados por las áreas del PP 29, se adoptan los trazados, ubicación, diámetros, materiales, pendientes, elevación de los ductos, etc.

MODELO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Para realizar el modelo de la red de aguas lluvias se utilizó el software EPA Storm Water Management Model (SWMM) el cual permite realizar un modelo dinámico de simulación de precipitaciones considerando flujo uniforme. Dentro del modelo realizado en EPA SWMM se emplea el método racional, sugerido por la norma NS-085 para diseñar este tipo de sistemas. Se presentan dos modelos hidráulicos, uno para las redes diseñadas con 5 años de periodo de retorno y otro para las redes diseñadas con 10 años de periodo de retorno, estos se presentan en los anexos de este informe.



Figura 37. Layout modelo del sistema de drenaje en EPA SWMM

Fuente: Equipo consultoría AECOM

La modelación hidráulica para esta etapa tiene en cuenta las siguientes disposiciones:

- La información de lluvias se toma teniendo en cuenta la curva IDF seleccionada.
- El tiempo de concentración mínimo sugerido por la normativa NS-085 versión 4.1. Se adopta el tiempo de concentración mínimo como condición crítica de diseño debido a que para esta etapa de factibilidad se presentan constantes cambios en las cotas rasantes finales de las manzanas. Por tal motivo, el cálculo de la pendiente media de las áreas es variable.
- Los coeficientes de escorrentía dentro de las manzanas son dos coeficientes de impermeabilidad 70% áreas duras (cubiertas) y 30% áreas verdes, explicado en la sección anterior sin descontar porcentaje que sería implantado dentro del área de cada manzana, esto con el fin de poder llegar a tener un factor de seguridad.

RESULTADO DE MODELACIÓN

El caudal total de todas las salidas corresponde a 7.06 m³/s para el modelo. Los caudales y características físicas de las tuberías proyectadas son las siguientes.



Tabla 24 Resultados modelación alcantarillado pluvial

ID	Nodo inicial	Nodo final	ID área de aporte	Q L/S	Longitud (m)	n de Manning	S %	Diámetro interno (mm)	Caudal/ Capacidad %	Esfuerzo	Y/D	V (m/s)	Número de Froude	Cota clave inicial (m)	Cota clave final (m)	Cota Batea Inicial (m)	Cota Batea Final (m)
										(Pas)							
TP1	1	2	A2	231.22	120.00	0.01	0.76	407	93.64	9.16	0.77	2.16	1.23	2550.28	2549.37	2549.85	2548.94
TP2	2	3	A1	275.23	111.70	0.01	1.51	452	59.66	17.87	0.56	3.00	2.12	2549.17	2547.48	2548.69	2547.00
TP3	4	5	A3	34.34	75.00	0.01	0.61	284	40.37	3.93	0.44	1.27	1.31	2550.31	2549.85	2550.01	2549.55
TP4	5	6	A5	93.15	110.00	0.01	0.56	327	78.43	5.26	0.67	1.57	1.14	2549.71	2549.09	2549.37	2548.75
TP7	9	10	A10	36.49	50.00	0.01	0.46	327	34.01	3.17	0.40	1.16	1.18	2549.46	2549.23	2549.12	2548.89
TP8	10	6	A9	63.99	70.00	0.01	0.47	327	58.92	4.01	0.55	1.35	1.12	2549.23	2548.90	2548.89	2548.56
TP5	6	7	A11	575.02	70.10	0.01	0.50	670	75.96	9.46	0.65	2.36	1.22	2548.74	2548.39	2548.04	2547.69
TP6	7	8	A7	610.42	92.40	0.01	0.85	670	61.62	15.14	0.57	2.95	1.69	2548.09	2547.30	2547.39	2546.60
TP10	231	233	A12	89.21	65.60	0.01	0.33	362	74.63	3.38	0.64	1.27	0.90	2549.00	2548.78	2548.62	2548.40
TP11	233	234	A13	124.21	83.80	0.01	0.28	452	62.93	3.33	0.58	1.30	0.90	2548.78	2548.55	2548.30	2548.07
TP12	234	235	A14	165.76	98.70	0.01	0.21	595	46.01	3.01	0.48	1.27	0.86	2548.55	2548.34	2547.93	2547.72
TP13	235	509	A15	193.03	68.50	0.01	0.20	595	54.75	3.08	0.53	1.30	0.83	2548.34	2548.20	2547.72	2547.58
TP9	509	236		193.03	33.30	0.01	0.21	595	53.96	3.15	0.52	1.31	0.84	2548.20	2548.13	2547.58	2547.51
TP14	236	208		193.03	14.80	0.01	0.20	595	54.88	3.06	0.53	1.29	0.83	2548.13	2548.10	2547.51	2547.48
TP15	213	212	A35	422.67	63.60	0.01	0.20	670	87.35	4.01	0.72	1.55	0.73	2550.12	2549.99	2549.42	2549.29
TP16	212	201	A34	504.15	120.00	0.01	0.14	900	56.92	3.28	0.54	1.44	0.73	2549.99	2549.82	2549.05	2548.88
TP17	201	202	A31	544.37	81.00	0.01	0.25	1259	19.02	5.14	0.30	1.77	1.09	2549.78	2549.58	2548.52	2548.32
TP28	222	202	A28	673.73	115.80	0.01	0.26	747	92.44	5.73	0.76	1.89	0.81	2549.92	2549.62	2549.14	2548.84
TP27	221	202	A27	443.52	78.40	0.01	0.43	670	62.87	7.73	0.57	2.11	1.20	2549.95	2549.61	2549.25	2548.91
TP18	202	203	A26	1701.97	83.00	0.01	0.25	1259	58.74	8.28	0.55	2.42	1.03	2549.58	2549.37	2548.32	2548.11
TP19	203	204	A25	1755.21	101.00	0.01	0.25	1295	56.81	8.23	0.54	2.42	1.03	2549.37	2549.12	2548.07	2547.82
TP20	204	205	A24	1816.33	103.00	0.01	0.25	1295	58.21	8.47	0.55	2.46	1.04	2549.12	2548.86	2547.82	2547.56
TP21	205	206	A21	2116.79	66.10	0.01	0.26	1295	67.21	9.06	0.60	2.56	1.02	2548.89	2548.72	2547.56	2547.39
TP22	206	207	A20	2175.42	120.00	0.01	0.25	1295	70.06	8.93	0.62	2.55	0.99	2548.69	2548.39	2547.39	2547.09
TP23	207	208	A19	2240.75	120.00	0.01	0.25	1507.2	48.15	9.10	0.49	2.58	1.09	2548.39	2548.09	2546.88	2546.58
TP24	208	210	A16	2630.68	76.30	0.01	0.25	1507.2	56.64	9.63	0.54	2.68	1.06	2548.09	2547.90	2546.58	2546.39
TP25	210	211	A17	2673.46	84.20	0.01	0.24	1507.2	58.94	9.31	0.55	2.65	1.03	2547.90	2547.70	2546.39	2546.19
TP26	211	214		2673.46	12.70	0.01	0.39	1507.2	45.78	14.06	0.47	3.20	1.37	2547.70	2547.65	2546.19	2546.14
TP73	501	502	A38	181.86	14.30	0.01	0.21	595	50.84	3.08	0.50	1.29	0.85	2549.20	2549.17	2548.58	2548.55
TP74	502	503		181.86	100.00	0.01	0.22	595	49.67	3.20	0.50	1.31	0.87	2549.17	2548.95	2548.55	2548.33
TP75	503	504		181.86	87.80	0.01	0.23	595	48.79	3.29	0.49	1.33	0.89	2548.95	2548.75	2548.33	2548.13
TP36	508	504	A69	149.73	13.50	0.01	0.30	452	73.34	3.75	0.64	1.39	0.89	2549.73	2549.69	2549.25	2549.21
TP76	504	505		331.59	41.80	0.01	0.22	595	91.61	3.79	0.75	1.48	0.71	2548.72	2548.63	2548.10	2548.01
TP77	505	506		331.59	36.50	0.01	0.22	595	90.77	3.85	0.75	1.49	0.72	2548.63	2548.55	2548.01	2547.93
TP78	506	135		331.59	7.10	0.01	0.70	595	50.62	10.31	0.50	2.36	1.55	2548.55	2548.50	2547.93	2547.88
TP68	510	135	A39	105.15	5.10	0.01	0.98	362	51.19	8.77	0.51	2.01	1.69	2549.98	2549.93	2549.60	2549.55



ID	Nodo inicial	Nodo final	ID área de aporte	Q L/S	Longitud (m)	n de Manning	S %	Diametro interno (mm)	Caudal/ Capacidad %	Esfuerzo	Y/D	V (m/s)	Número de Froude	Cota clave inicial (m)	Cota clave final (m)	Cota Batea Inicial (m)	Cota Batea Final (m)
										(Pas)							
TP37	135	134A		436.75	72.80	0.01	0.15	900	47.74	3.27	0.49	1.42	0.78	2548.29	2548.18	2547.39	2547.28
TP38	134A	134		436.75	70.00	0.01	0.16	900	46.81	3.38	0.48	1.44	0.79	2548.22	2548.11	2547.28	2547.17
TP39	301	302	A40	51.35	100.30	0.01	0.43	327	49.56	3.43	0.50	1.23	1.10	2549.25	2548.82	2548.91	2548.48
TP49	311	312	A42	391.72	61.10	0.01	0.61	595	64.49	9.67	0.58	2.32	1.38	2549.50	2549.13	2548.88	2548.51
TP50	312	302	A43	410.77	61.20	0.01	0.57	595	69.58	9.36	0.61	2.29	1.32	2549.13	2548.78	2548.51	2548.16
TP40	302	303	A44	501.66	85.00	0.01	0.15	824	68.96	3.46	0.61	1.47	0.72	2548.86	2548.73	2548.00	2547.87
TP41	303	304	A46	535.14	70.00	0.01	0.34	824	49.14	6.88	0.49	2.03	1.15	2548.65	2548.41	2547.79	2547.55
TP42	304	305	A50	550.15	67.70	0.01	0.22	824	62.84	4.86	0.57	1.73	0.89	2548.41	2548.26	2547.55	2547.40
TP43	305	350	A49	565.30	9.80	0.01	0.82	824	33.64	14.11	0.40	2.84	1.83	2548.26	2548.18	2547.40	2547.32
TP55	401	402	A51	451.31	99.90	0.01	0.19	670	96.60	3.80	0.79	1.51	0.65	2549.25	2549.06	2548.55	2548.36
TP56	402	403	A53	630.81	100.20	0.01	0.20	824	75.91	4.65	0.65	1.71	0.80	2549.06	2548.86	2548.20	2548.00
TP57	403	413	A55	661.55	51.70	0.01	0.19	824	80.87	4.59	0.68	1.71	0.77	2548.86	2548.76	2548.00	2547.90
TP69	413	450	A48	678.40	25.50	0.01	0.16	824	92.09	3.83	0.76	1.57	0.64	2548.73	2548.69	2547.87	2547.83
TP67	414	404	A67	10.48	45.20	0.01	0.84	284	10.52	3.06	0.22	1.02	1.56	2549.03	2548.65	2548.73	2548.35
TP58	404	405		10.48	34.50	0.01	0.87	284	10.35	3.14	0.22	1.03	1.58	2548.65	2548.35	2548.35	2548.05
TP64	410	411	A61	400.47	112.30	0.01	0.44	595	77.67	7.39	0.66	2.05	1.11	2548.92	2548.43	2548.30	2547.81
TP65	411	405		400.47	21.20	0.01	0.75	595	59.05	11.69	0.55	2.54	1.57	2548.43	2548.27	2547.81	2547.65
TP59	405	406		410.95	99.50	0.01	0.22	670	81.58	4.27	0.69	1.59	0.79	2548.27	2548.05	2547.57	2547.35
TP60	406	407		410.95	99.70	0.01	0.23	670	79.86	4.43	0.68	1.62	0.81	2547.95	2547.72	2547.25	2547.02
TP61	407	408		410.95	77.30	0.01	0.22	670	81.80	4.25	0.69	1.59	0.79	2547.72	2547.55	2547.02	2546.85
TP62	408	409		410.95	20.90	0.01	0.19	670	87.68	3.76	0.73	1.50	0.71	2547.55	2547.51	2546.85	2546.81
TP66	412	409	A65	260.35	95.80	0.01	1.16	407	85.30	13.75	0.71	2.63	1.63	2549.79	2548.68	2549.36	2548.25
TP63	409	310		671.30	24.00	0.01	0.21	824	79.07	4.91	0.67	1.76	0.80	2547.51	2547.46	2546.65	2546.60
TP70	320	306	A68	13.69	61.50	0.01	1.14	284	11.82	4.36	0.23	1.23	1.82	2549.50	2548.80	2549.20	2548.50
TP71	321	306		1243.70	26.10	0.01	0.15	1202.9	62.28	4.89	0.57	1.85	0.79	2547.80	2547.76	2546.56	2546.52
TP51	313	314	A58	426.36	62.20	0.01	0.23	670	83.90	4.38	0.70	1.61	0.79	2549.65	2549.51	2548.95	2548.81
TP52	314	306	A59	445.94	62.30	0.01	0.64	670	51.95	10.69	0.51	2.46	1.51	2548.33	2547.93	2547.63	2547.23
TP44	306	307		1703.33	93.50	0.01	0.15	1202.9	86.29	5.27	0.72	1.95	0.70	2547.76	2547.62	2546.52	2546.38
TP45	307	308		1703.33	70.00	0.01	0.16	1202.9	84.23	5.50	0.70	1.99	0.72	2547.62	2547.51	2546.38	2546.27
TP72	322	308	A60	250.64	17.70	0.01	0.56	595	42.72	7.75	0.46	2.03	1.42	2548.11	2548.01	2547.49	2547.39
TP46	308	309		1953.97	66.00	0.01	0.15	1507.2	53.93	5.75	0.52	2.07	0.83	2547.52	2547.42	2545.97	2545.87
TP47	309	310		1953.97	80.20	0.01	0.15	1507.2	53.93	5.75	0.52	2.07	0.83	2547.41	2547.29	2545.87	2545.75
TP48	310	222A	A66	2625.27	20.92	0.01	0.33	1507.2	49.10	12.10	0.49	2.98	1.25	2547.29	2547.22	2545.74	2545.67
TP53	315	316		246.90	114.80	0.01	0.85	407	94.24	10.32	0.77	2.29	1.30	2549.87	2548.89	2549.44	2548.46
TP54	316	222A		246.90	38.59	0.01	2.12	407	59.80	22.56	0.56	3.31	2.47	2548.89	2548.07	2548.46	2547.64

Fuente: Equipo consultoría AECOM



En la Tabla 25 se presenta el resultado del predimensionamiento del sistema global, donde en la tercera columna se evidencia el caudal total ingresado en la zona del proyecto sin SUDS y en la segunda columna el caudal total en el sistema con SUDS. Se evidencia que para primera condición el caudal total es de $7.06 \text{ m}^3/\text{s}$ mientras que para el sistema con SUDS el caudal se estima en $3.04 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que significa una reducción de la escorrentía en aproximadamente un 43%, porcentaje que se atribuye a tener que no todos los aportes pico se presentan al mismo tiempo, así como la capacidad de almacenamiento que tienen los conductos y tipologías de SUDS proyectados.

Tabla 25 Amortiguamiento de picos SUDS

Descarga	Amortiguamiento
	134
214	37%
222A	49%
3	36%
8	36%
Total	43%

Fuente: Equipo consultoría AECOM

Con los SUDS propuestos se plantea un amortiguamiento del pico del 43%. Adicionalmente, la distribución de las zonas en donde se amortigua el caudal sigue lo establecido por el decreto 088 de 2017 donde se pide distribuir el 30% de caudal amortiguado así:

- 10% al interior de áreas útiles.
- 10% En cesiones para vías, parques y zonas verdes.
- 10% en cualquier área neta urbanizable del proyecto urbanístico.

Tabla 26 Distribución de amortiguamiento SUDS

Zona	Amortiguamiento del pico
Interior de áreas útiles	14.7%
Cesiones para vías, parques y zonas verdes	28.3%

Fuente: Equipo consultoría AECOM



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial, las cotas mínimas urbanizables y las entregas del drenaje al canal Guaymaral y Río Bogotá aquí planteadas, dependerán de los ajustes a los diseños conceptuales que realice el Fideicomiso Lagos de Torca, las condiciones topográficas del sector y el diseño geométrico de los proyectos viales, dichas entregas se deberán verificar y ajustar al momento de contar con la información necesaria.
- Dentro del plano de áreas de drenaje de los sistemas sanitario y pluvial, se referencian las cotas mínimas urbanizables requeridas para el correcto funcionamiento de estas redes bajo un sistema a flujo libre.
- En etapas posteriores se deberán armonizar los diseños de redes locales de los planes parciales No.26 y 27 junto con la definición de distritos hidráulicos que se manejarán en el sector de estos planes parciales.
- La tipología propuesta de SUDS se realiza de manera conceptual, por lo que en etapas posteriores del plan parcial se deberán verificar y estudiar con detalle las diferentes tipologías de SUDS.
- Por medio de la modelación computacional del sistema de drenaje de aguas lluvias mediante la aplicación del modelo con el método racional se permite llegar a un diseño ajustado al comportamiento real del flujo en el sistema y avalado por la norma NS-085 de la EAAB-ESP.
- Los diseños presentados corresponden a una versión conceptual, por lo tanto, en la etapa de elaboración de los diseños definitivos de redes de acueducto y alcantarillado se pueden presentar variaciones en profundidades, diámetros y longitudes, teniendo en cuenta la información resultante de los levantamientos topográficos y la investigación de redes existentes, generando obras adicionales que estarán a cargo del gestor y/o urbanizador del Plan Parcial No 29.

