

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS



PROYECTO

EXTENSIÓN DE RAMAL, SECTOR LOMA LINDA, SABANA SUR

MEMORIAS DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO DEL PROYECTO

Elaborado por:

Ing. Viviana Valverde Marín

OCTUBRE 2016



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Eric Alonso Bogantes Cabezas

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr N° Teléfono: 2242-5090



Firmado digitalmente
por ERIC ALONSO
BOGANTES CABEZAS
(FIRMA)
Fecha: 2021.06.16
17:21:24 -06'00'

Firma: _____

Octubre de 2016

1. Introducción

Este documento constituye la memoria de cálculo hidráulica del diseño de la Extensión de Ramal, sector Loma Linda ubicado sobre la carretera vieja a Escazú, de la POPS de la Sabana hasta el puente sobre circunvalación.

2. Memoria de Cálculo Hidráulico de Redes de Recolección y Colectores

A continuación se presenta una descripción del proyecto, los criterios y parámetros utilizados para el diseño hidráulico, además de las diferentes fórmulas y procedimientos utilizados en el diseño.

Se realizó un modelo matemático del sistema de alcantarillado sanitario utilizando el software Sewer GEMS V8i serie 5.

2.1 Área de Proyecto

El proyecto se ubica en el distrito de Mata Redonda, cantón de San José, provincia de San José. La extensión de red se realizará sobre Calle Vieja a Escazú al costado sur del Parque Metropolitano La Sabana, iniciando frente a la Universidad UCIMED, hasta el puente que se encuentra sobre circunvalación, en ese punto la red se desvía paralela a la circunvalación hacia la cámara de inicio del Túnel Trasvase ubicado al costado este de la circunvalación.

Octubre de 2016

Figura 2.1: Ubicación del proyecto



Fuente: www.google.com



Figura 2.2: Área del proyecto

Fuente: www.google.com

Octubre de 2016

2.2 Descripción del Proyecto

El proyecto nace como una primera etapa ante la problemática que se vive en las urbanizaciones Loma Linda y Roma. Actualmente las aguas residuales que se recolectan a lo largo de la calle sur de La Sabana, desde la Universal hasta la UCIMED, se están vertiendo al río María Aguilar que pasa a un costado de la Urbanización Loma Linda. Igualmente las aguas de la Urbanización Roma se vierten actualmente al río María Aguilar.

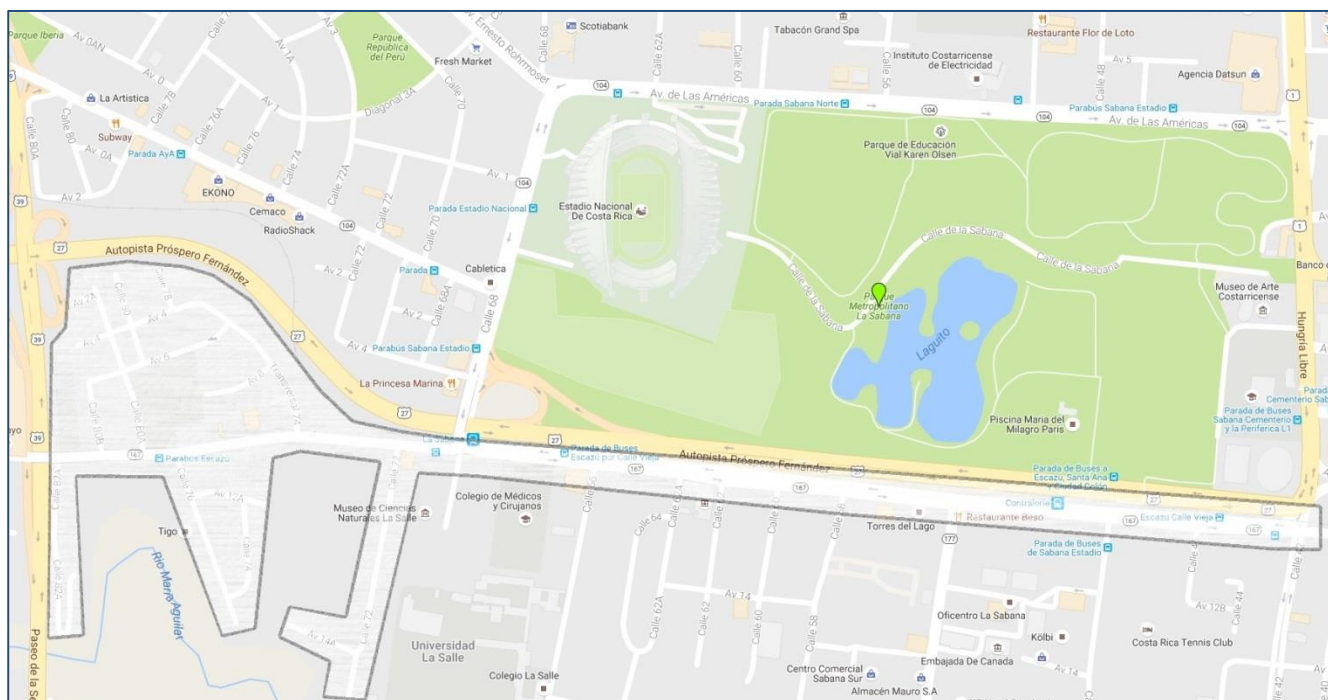
Como primera etapa para solucionar esta problemática, se propone continuar la red de alcantarillado sanitario que se encuentra sobre la Calle Vieja a Escazú, hasta el puente que está sobre la circunvalación, a partir de ese punto continuar la red de manera paralela a la circunvalación hasta llegar a la cámara de inicio del Túnel de Trasvase y conectarse al túnel para transportar dichas aguas residuales a la Planta de Tratamiento de Los Tajos. La extensión de ramal será de 500 m, con tubería PEAD ASTM F2947, recogerá las aguas residuales de todos los servicios que se encuentran conectados actualmente a la red de la calle Vieja a Escazú, MAG, UCIMED y se contempla en un futuro la recolección de las aguas residuales de las urbanizaciones Roma y Loma Linda, así como la zona del Balcón Verde. Para evitar que las aguas residuales se sigan desviando por el alcantarillado de Loma Linda, se debe clausurar la salida del pozo que une a esa red con la red de Loma Linda e independizar el alcantarillado de la urbanización.

Para una segunda etapa se contempla la construcción de dos estaciones de bombeo, una para la urbanización Roma y otra para la urbanización Loma Linda, de tal manera que impulsen sus aguas residuales a la red nueva y no se sigan vertiendo al río.

A continuación se presenta una imagen con las zonas a recolectar por el ramal, mencionado anteriormente.

Octubre de 2016

Figura 2.3: Zonas a recolectar



Fuente: Google Maps

La extensión de esta red será de 500 m de longitud con diámetro de 200mm y de 250 mm en los últimos 35 m. Contará con 16 pozos ubicados en los cambios de dirección y uniones de calles, con profundidades entre los 1.11 m y los 2.59 m. Se utilizará un tramo existente de tubería que comienza en el Hospital Simulado de la UCIMED y se extiende alrededor de 100 m sobre la calle que está paralela a la circunvalación, en dirección a la entrada del túnel de Traslase.

2.3 Proyección de Población

Para la proyección de población se utilizaron los datos de población del distrito de Mata Redonda de los censos de los años 1984, 2000 y 2011. A continuación se presentan dichos datos:

Año	Población
2011	8313
2000	9321
1984	9486

Cuadro 2.1: Datos de población según Censos
Fuente: INEC

Octubre de 2016

Según los datos de los censos, el distrito de Mata Redonda ha presentado un decrecimiento poblacional entre los años 1984 y 2011, lo cual se ve justificado debido a la expansión en horizontal del Área Metropolitana en dichos años, lo cual ha creado que este distrito sea cada vez más comercial y menos residencial. Sin embargo, en los últimos años la Municipalidad de San José ha impulsado el proyecto de repoblación de las zonas centrales de San José fomentando la construcción de edificios de apartamentos, entre los cuales se encuentra la zona cercana al parque Metropolitano La Sabana; igualmente en la zona del proyecto se encuentra la Universidad UCIMED. Estas dos situaciones descritas anteriormente hacen creer que el distrito y especialmente la zona del proyecto, contemplará un crecimiento poblacional.

Debido al contexto de desarrollo en el que se encuentra la zona del proyecto y al crecimiento poblacional negativo que indican los censos, se decide no utilizar los datos de población de los censos. Por lo tanto, para realizar las proyecciones de población se utilizan como datos base las proyecciones del distrito Mata Redonda realizadas por el INEC hasta el año 2025. Se decide utilizar estos datos debido a que el INEC es una entidad especializada en población y proyecciones y consideran variables sociales que afinan las proyecciones de población. Los datos base del INEC son los siguientes:

Año	Población
2020	10066
2015	9845
2011	8313

Cuadro 2.2: Datos de proyección de población distrito Mata Redonda
Fuente: INEC

Teniendo los datos base, se utilizan los siguientes métodos matemáticos para realizar las proyecciones de población:

Octubre de 2016

<u>Crecimiento lineal</u>	<u>Crecimiento geométrico</u>	<u>Crecimiento logarítmico</u>
$P_f = P_{uc} + k_a * (T_f - T_{uc})$	$\log P_f = \log P_{uc} + (T_f - T_c) * \log(1 + r)$	$\ln P_f = \ln P_{ci} + \overline{k_g} * (T_f - T_{ci})$
$K_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$	$\log(1 + r) = \frac{\log\left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)}{T_{uc} - T_{ci}}$	$k_g = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$

Cuadro 2.3: Métodos matemáticos para proyección de población
Fuente: Diseño de Acueductos y Alcantarillados de Ricardo López Cualla

Donde:

- Pf: población proyectada
- Tf: año de la proyección
- Puc: población último censo
- Tuc: año del último censo
- Pci: población del censo inicial
- Tci: año del censo inicial
- ka: tasa de crecimiento lineal
- r: tasa de crecimiento geométrica
- kg: tasa de crecimiento logarítmica
- \overline{kg} : promedio de kg
- Pcp: población censo posterior
- Tcp: año censo posterior
- Pca: población censo anterior
- Tca: año censo anterior

A continuación se presentan los resultados de las tasas de crecimiento y las proyecciones de población para cada tipo de crecimiento:

<u>Año</u>	<u>Crecimiento lineal</u> <u>ka</u>	<u>Crecimiento geométrico</u> <u>Log(1+r)</u>	<u>Crecimiento logarítmico</u> <u>kg</u>
2025	194.78	0.00923324	0.04228579
2040			0.00443994
		$\overline{kg} =$	0.02336286

Cuadro 2.4: Tasas de crecimiento según cada método matemático
Fuente: AyA

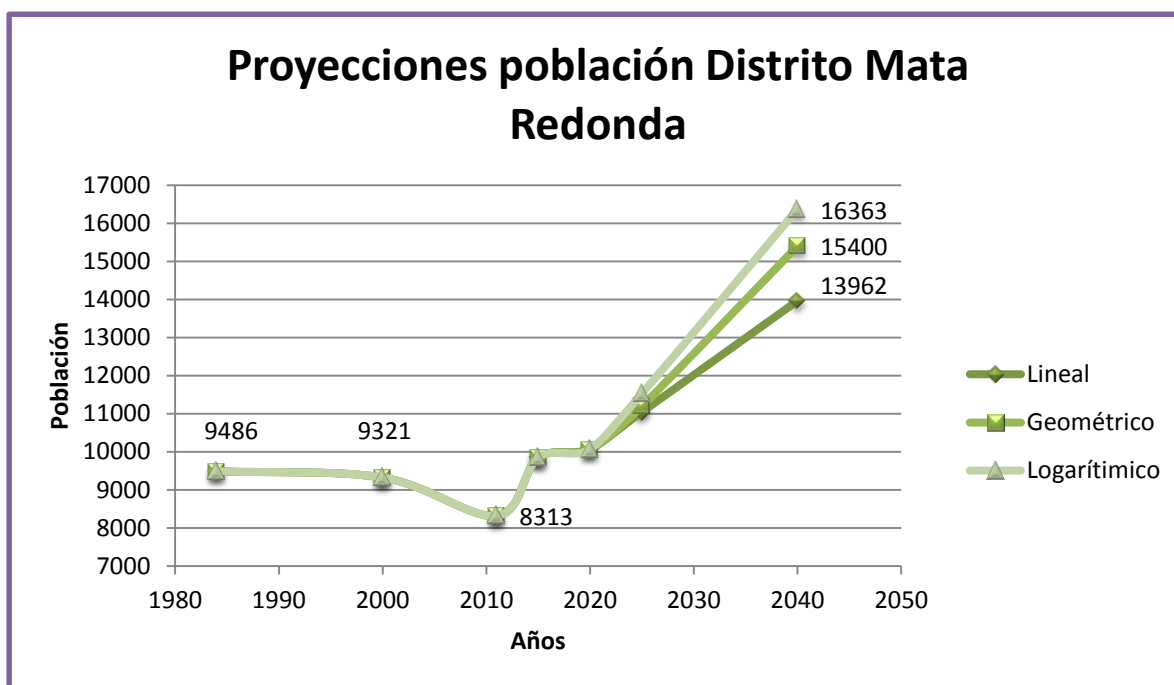
Octubre de 2016

Año	<u>Crecimiento lineal</u>	<u>Crecimiento geométrico</u>	<u>Crecimiento logarítmico</u>
2025	11040	11195	11526
2040	13962	15400	16363

Cuadro 2.5: Proyecciones de población del distrito de Mata Redonda
Fuente: AyA

A continuación, se presenta el gráfico con los datos de los censos y de las proyecciones:

Figura 2.4: Proyecciones de población según métodos matemáticos para el distrito.



Fuente: AyA

Para el área del proyecto, se proyectó solamente la población de las urbanizaciones Roma, Loma Linda y el sector del Balcón Verde, esto porque cuando se diseñó la red de alcantarillado sanitario que se encuentra actualmente al costado norte de la Contraloría General de la República y que es la red que se va a extender, ya se había realizado una proyección de población hasta el año 2040 de toda la zona que recoge dicha red, por lo tanto, las únicas zonas nuevas a incorporarse a este ramal son las urbanizaciones mencionadas y el sector del Balcón Verde. A continuación se presenta una imagen con

Octubre de 2016

Zona	Población al 2016
Urb Roma	325
Urb Loma Linda	354
Sector Balcón Verde	719

Cuadro 2.6: Población actual de las zonas a proyectar
Fuente: AyA

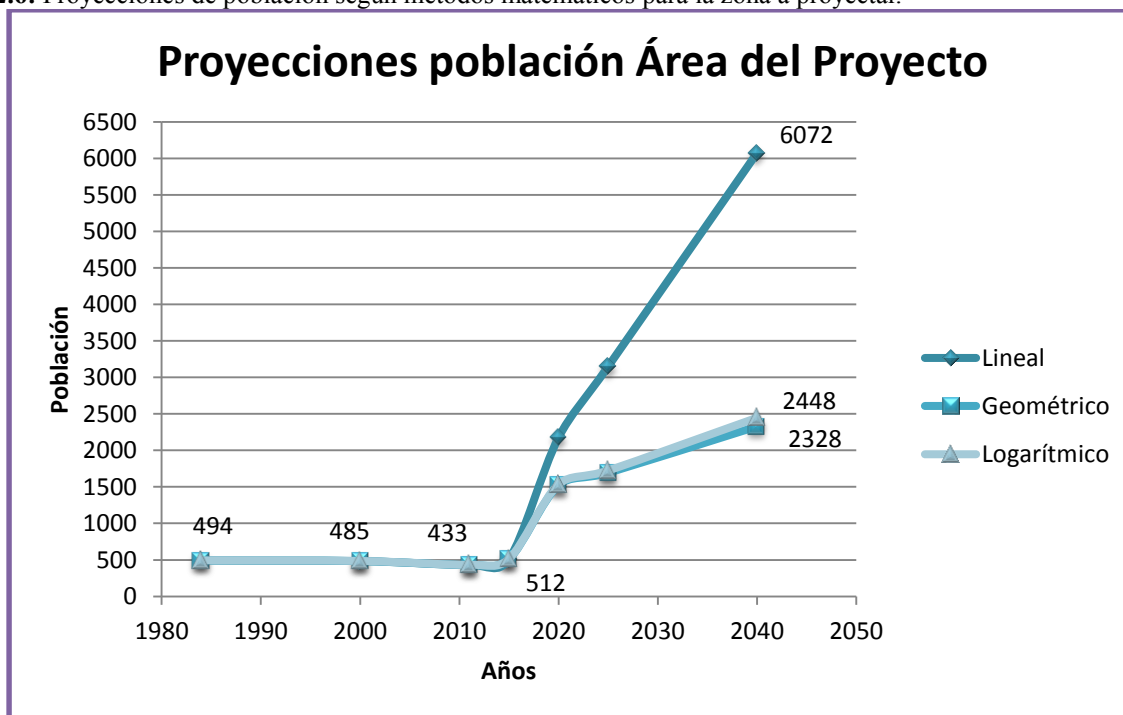
Utilizando los métodos matemáticos indicados en el Cuadro 2.3, las tasas de crecimiento del Cuadro 2.4 y la población base al 2016 indicada en el Cuadro 2.6; las poblaciones proyectadas al 2040 para el área de la zona a proyectar son las siguientes:

Sector	<u>Crecimiento lineal</u>	<u>Crecimiento geométrico</u>	<u>Crecimiento logarítmico</u>
Zona a proyectar	6072	2328	2448

Cuadro 2.7: Población proyectada al año 2040 para el área a proyectar
Fuente: AyA

A continuación se presenta la figura con las proyecciones de población en la zona del proyecto (Urbanizaciones Roma y Loma Linda y Sector Balcón Verde).

Figura 2.6: Proyecciones de población según métodos matemáticos para la zona a proyectar.



Fuente: AyA

Octubre de 2016

Al ver el cuadro se decide seleccionar la proyección de población del método logarítmico, esto porque no presentan un crecimiento tan pronunciado como el método lineal y en el área del proyecto se espera haya aumento de población por la cercanía a la UCIMED y el plan de repoblación, sin embargo, no se espera que sea tan pronunciado.

A continuación se realiza el cálculo de la población de saturación, esto para verificar si la saturación en la zona del proyecto se alcanza dentro del tiempo del periodo de diseño o si de lo contrario, se alcanza dentro de muchos años.

Para calcular la población de saturación se utiliza el Plan Regulador del Cantón de San José, en el cual se indica que:

- Área mínima de lote: 400 m²

Además, se indica que existen una altura máxima de edificación (desde la acera hasta el techo) permitida por la Municipalidad de San José, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$AE = (\text{derecho de vía} + \text{retiros}) * CA \\ = (10 + 2) * 2 = 24\text{m}$$

Donde:

- CA: coeficiente indicado en el Plan Regulador =2
- Derecho de vía: tomado del mapa de vialidad del Plan Regulador = 10m
- Retiros: tomado del mapa de retiros del Plan Regulador = 2m

Al aplicar la fórmula de altura de edificación, la altura máxima según los parámetros de la zona del proyecto es de 24 m. Si se considera que entre cada piso hay una altura de 3m entonces:

$$\text{Cantidad de piso por edificio} = \frac{24}{3} = 8 \text{ pisos}$$

la cantidad máxima de pisos que tendría el edificio serían 8.

Considerando que el área mínimo de lote permitido es de 400 m² y que la huella máxima del edificio

Octubre de 2016

puede ser de 320 m², esto por los espacios libres tales como antejardín, pasillos, escaleras, ascensores y que actualmente un tamaño promedio de apartamento puede ser de 95 m², entonces:

$$\text{Cantidad de apartamentos por piso} = \frac{320}{95} = 3.4 \approx 3 \text{ apartamentos por piso}$$

se puede decir que cabrían 3 apartamentos por piso. Por lo tanto, el total de apartamentos por edificio sería de 24.

$$\text{Cantidad de apartamentos por edificio} = 3 * 8 = 24 \text{ apartamentos por edificio}$$

Conociendo el dato del área de la zona a proyectar, el cual es de 0.199 km², el área mínima permitida por lote de 400 m² y el hacinamiento de Mata Redonda de 2.9 hab/vivienda se tiene que en el proyecto habría alrededor de 34 745 habitantes, la cual sería la población de saturación.

$$\text{Población de saturación} = \left(\frac{199684.35}{400} \right) * 24 * 2.9 = 34\,745 \text{ habitantes}$$

En vista de que la población de saturación es mucho mayor que la proyección de población al año 2040, se decide realizar el diseño para la población del 2040 y continuar con el periodo de diseño de la tubería que trae el tramo de alcantarillado sanitario anterior.

Por lo tanto, las poblaciones a utilizar para el cálculo de caudales de los nuevos tramos (Urbanizaciones Roma y Loma Linda y el Sector del Balcón Verde) sería:

- Población al 2016: 1398 habitantes
- Población al 2040: 2448 habitantes

2.4 Caudales del proyecto

Para el cálculo de caudales, se cuenta con los caudales de la zona sobre la Contraloría General de la República que drena hacia la red, que va de la Universal hasta la POPS, se cuenta con los caudales del MAG y la UCIMED, por lo que el cálculo se realiza para las zonas de las Urbanizaciones Roma y

Octubre de 2016

Loma Linda, así como el sector del Balcón Verde.

Para el cálculo de dichos caudales se utilizaron los siguientes criterios:

- FMH: 1.8
- FMD: 1.25
- Factor retorno domiciliar: 0.8%
- Factor de retorno no domiciliar: 0.9% (para esta zona no se consideró este factor debido a que es zona residencial)
- Factor infiltración: 0.25 l-s/km (para estos casos la red de camino no crece, es la misma actualmente y al 2040)
- Dotación: 251 l/hab-d (facilitado por la Unidad Ejecutora PAPS a cargo del Proyecto de Mejoramiento Ambiental AMSJ)
- % servicios domiciliar: 78% (facilitado por la Unidad Ejecutora PAPS a cargo del Proyecto de Mejoramiento Ambiental AMSJ)
- % servicios no domiciliar: 22% (facilitado por la Unidad Ejecutora PAPS a cargo del Proyecto de Mejoramiento Ambiental AMSJ)

El cálculo de caudales se realizó para cada urbanización, por lo que se tomó la población proyectada al 2040 de toda la zona y se distribuyó según áreas en cada sector. A continuación se presenta el proceso para el cálculo de caudal para el año 2040 de la Urbanización Roma a forma de ejemplo:

- Población al 2040 toda la zona: 2448 habitantes
- Área todo el proyecto: 0.199 km²
- Área urbanización Roma: 0.05 km²
- Longitud de calles Roma: 0.527 km

$$Población Urb Roma = \frac{0.05}{0.199} * 2448 = 615 \text{ habitantes}$$

$$Q \text{ potable} = Dot * habitantes = \frac{615 * 251}{86400} = 1.79 \text{ l/s}$$

Octubre de 2016

$$Q \text{ retorno domi} = Q_{\text{potable}} * FR_{\text{domiciliar}} * \% \text{ servicios domi} = 1.79 * 0.8 * 100\% \\ = 1.43 \text{ l/s}$$

$$Q \text{ retorno no domi} = Q_{\text{potable}} * FR_{\text{no domiciliar}} * \% \text{ servicios no domi} = 1.79 * 0 * 0 = 0 \text{ l/s}$$

$$Q \text{ prom AR} = Q \text{ retorno domi} + Q \text{ retorno no domi} = 1.43 + 0 = 1.43 \text{ l/s}$$

$$Q \text{ infiltración} = \text{Factor infiltración} * \text{km calles} = 0.25 * 0.527 = 0.13 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{promedio AR total}} = Q_{\text{promedio AR}} + Q \text{ infiltración} = 1.43 + 0.13 = 1.56 \text{ l/s}$$

A continuación, se calculan los caudales mayorados por los factores máximos diarios y horarios, esto para determinar las caudales para diseño tractivo (2016) y al fin del periodo de diseño (2040).

$$Q_{\text{mínimo}} = Q_{\text{prom AR}} * FMH + Q \text{ infiltración} = 1.43 * 1.8 + 0.13 = 2.70 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{máximo}} = Q_{\text{prom AR}} * FMH * FMD + Q \text{ infiltración} = 1.43 * 1.8 * 1.25 + 0.13 \\ = 3.35 \text{ l/s}$$

El caudal mínimo es el que se utiliza para el diseño en el programa SewerGems en el escenario de la fuerza tractiva y el caudal máximo es el que se utiliza en el escenario de saturación en el cual se revisa capacidad de tubería.

A continuación se presenta un cuadro con los caudales para las Urbanizaciones Roma y Loma Linda y Sector Balcón Verde.

Octubre de 2016

Urb Roma									
AÑO	Población	A	B	C	D	E	F	G	H
	(hab)	Caudal promedio potable	Caudal de retorno domiciliar	Caudal de retorno no domiciliar	Caudal promedio aguas residuales	Q infiltración	Caudal promedio Total	Caudal mínimo	Caudal máximo
		Qp(L/s)	QrD (L/s)	QrND (L/s)	Qp(L/s)	Qi (L/s)	Qpt(L/s)	Qmh (L/s)	Qmax (L/s)
2016	325	0.94	0.75	0.00	0.75	0.13	0.89	1.49	1.83
2040	615	1.79	1.43	0.00	1.43	0.13	1.56	2.70	3.35

Urb Loma Linda									
AÑO	Población	A	B	C	D	E	F	G	D
	(hab)	Caudal promedio potable	Caudal de retorno domiciliar	Caudal de retorno no domiciliar	Caudal promedio aguas residuales domiciliarias	Q infiltración	Caudal promedio Total	Caudal mínimo	Caudal máximo
		Qp(L/s)	Qr	Qr (L/s)	QpD(L/s)	Qi (L/s)	Qpt(L/s)	Qmh (L/s)	Qmax (L/s)
2016	354	1.03	0.64	0.18	0.82	0.15	0.97	1.63	2.00
2040	487	1.41	0.88	0.25	1.13	0.15	1.28	2.18	2.69

Sector Balcón Verde									
AÑO	Población	A	B	C	D	E	F	G	D
	(hab)	Caudal promedio potable	Caudal de retorno domiciliar	Caudal de retorno no domiciliar	Caudal promedio aguas residuales domiciliarias	Q infiltración	Caudal promedio Total	Caudal mínimo	Caudal máximo
		Qp(L/s)	Qr	Qr (L/s)	QpD(L/s)	Qi (L/s)	Qpt(L/s)	Qmh (L/s)	Qmax (L/s)
2016	719	2.09	1.31	0.36	1.67	0.46	2.13	3.47	4.22
2040	1,347	3.91	2.45	0.68	3.13	0.46	3.59	6.10	7.50

Cuadro 2.8: Caudales Urb Roma, Loma Linda y Sector Balcón Verde
Fuente: AyA

A continuación se presentan los caudales totales del proyecto, tanto para diseño de fuerza tractiva como para diseño de capacidad de tubería:

Sector	Qmin (l/s)	Q min total (l/s)	Qmax (l/s)	Q max total (l/s)
La Universal-Puente MAG	16.28	24.19	28.09	48.28
MAG	0.59		0.88	
UCIMED	1.87		2.80	
Sector POPS	1.98		2.96	
Urb Roma	1.49		3.3	
Urb Loma Linda	1.6		2.7	
Balcón Verde	3.5		7.50	

Cuadro 2.9: Caudales finales escenario fuerza tractiva y saturación
Fuente: AyA

Octubre de 2016

Los caudales de La Universal-Puente MAG se tomaron del diseño de la red existente, los caudales MAG, UCIMED y sector POPS se tomaron de unos cálculos realizados para un primer diseño de la extensión de esta red.

2.5 Criterios de Diseño

Los criterios utilizados como parámetros de diseño para las redes de recolección fueron los siguientes:

Se utilizó la fórmula de Manning para el diseño hidráulico, esto porque se utiliza para el cálculo de canales abiertos y tuberías que transportan fluidos por gravedad, como es el caso de las redes de alcantarillado sanitario.

$$V = (R^{2/3} S^{1/2}) / n$$

Donde:

- V: velocidad media en la sección (m/s)
- R: radio hidráulico (m), que corresponde a la expresión $R=A/P$
- P: perímetro mojado (m)
- A: área de la sección de flujo (m²)
- S: pendiente de la línea de energía (m/m)
- N: coeficiente de rugosidad de Manning

El material de la tubería de alcantarillado sanitario a utilizar es Polietileno de alta densidad (PEAD ASTM F2947). La selección del valor del coeficiente de rugosidad de una tubería es una variable muy importante para la determinación de su diámetro. En el caso de este proyecto, se utilizó un valor de 0,011 para este coeficiente.

Se consideraron los siguientes parámetros para este diseño:

- Diámetro mínimo de tuberías a emplear 200 mm, esto porque la tubería aguas arriba es de 200 mm.
- Cota de elevación inicial de cada tramo de tubería como mínimo 1,10 m por debajo del nivel de la rasante, en los tramos iniciales con tubería de diámetro mínimo de 200 mm esto da como

Octubre de 2016

resultado una cobertura mínima de 0,90 m.

- Longitud máxima de tramos de tubería entre pozos de registro 100 m. En los casos en que fue necesario incorporar pozos intermedios por cambios de dirección, se mantiene el criterio de la distancia máxima, siempre y cuando se mantenga el trazo de la tubería dentro del derecho de vía.
- Relación de tirante entre diámetro (y/D) máxima de 75%.:

Donde:

- **Y** es el tirante en la sección y
- **D** es el diámetro de la tubería de recolección.

La restricción del tirante dentro del tubo obedece a varios aspectos, siendo el principal, asegurar una ventilación dentro de la tubería que ayudará a una evacuación más eficiente, es decir, hidráulicamente el comportamiento será mejor. Por otro lado, la correcta ventilación ayudará a prevenir en parte la aparición de los malos olores, que se puedan presentar, principalmente por la formación de sulfuros y la presencia de condiciones anaeróbicas en las aguas que transportan las tuberías.

- Velocidad máxima del fluido en las tuberías 6.5 m/s: El valor máximo de la velocidad viene determinado por la posible erosión sobre los conductos, de forma que las aguas residuales deben circular con una velocidad máxima, que no genere erosiones o desgastes en los conductos
- El esfuerzo tractivo medio, que es el parámetro actualmente utilizado para asegurar que una tubería que trabaja a canal abierto tenga la capacidad de auto-limpieza a lo largo del perímetro mojado, es la tensión cortante ejercida sobre las paredes de la tubería por el líquido en escurrimiento, que actúa sobre los sedimentos promoviendo su arrastre. se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\tau = \gamma R_h S$$

Donde:

- τ : esfuerzo tractivo (Pa)
- γ : peso específico del fluido
- R_h : radio hidráulico (m)
- S : pendiente del tramo (m/m)

Octubre de 2016

La norma NBR 9649 exige la verificación de una tensión tractiva media de 1.0 Pa al menos una vez al día, calculada para el caudal inicial con coeficiente de Manning $n = 0.011$. En definitiva, dicha exigencia se traduce en la exigencia de una pendiente mínima para cada tramo, la cual se expresa a partir de la siguiente ecuación:

$$S_{0,MIN} = 0,000234Q^{-0,47}$$

Donde:

$S_{0,MIN}$ en m/m y Q en l/s

Para el diseño de los tramos iniciales del sistema los caudales captados son muy pequeños por lo cual es recomendable asumir un caudal teórico que facilite el diseño. El AyA en su Reglamentación para Diseño y Construcción de Urbanizaciones y Fraccionamientos, estima que el caudal de diseño para un sistema colector no debe ser inferior a 1.5 l/seg. Es decir, se aplicará este criterio, no solo a los tramos iniciales, sino a todo tramo en el que el caudal calculado debido a la producción de aguas residuales sea inferior a ese valor.

Se utilizará un valor de coeficiente de Manning de 0.011 correspondiente a tubos de PVC (cloruro de polivinilo) o de PEAD.

El valor de 1 Pa, como fuerza tractiva mínima de diseño, es suficiente para garantizar la auto-limpieza, pero no lo es para garantizar la no-formación de sulfuros. La generación de sulfuros se ve propiciada por la formación de una película de limo en las zonas sumergidas de los tubos.

- Coeficiente de rugosidad: El coeficiente de rugosidad más práctico y de uso más difundido es el coeficiente de Manning que depende sobre todo del material y estado del tubo. Este coeficiente es estimado a partir de mediciones de laboratorio y de campo.

Los coeficientes de Manning a utilizar son los que se muestran en el Cuadro 2.10

Octubre de 2016

Material	Coefficiente de Manning
PVC	0,011
Polietileno de Alta Densidad	0,011
Hierro Dúctil	0,011
Acero sin Revestir	0,012
Concreto C-14	0,013

Cuadro 2.10: Coeficientes de Manning

Se analizaron dos escenarios, en el modelo hidráulico, utilizando el programa SewerGEMS. En primera instancia se corrió el modelo con los caudales mínimos, los cuales corresponden a los caudales al principio del periodo de diseño, para determinar las pendientes de los tramos que cumpliera con el criterio de la fuerza tractiva mínima de 1 Pa. Posteriormente se creó otro escenario donde se comprobó la capacidad de esas redes, con las pendientes determinadas en el escenario anterior, corriendo el modelo con los caudales del final del periodo de diseño y determinando los diámetros requeridos para cumplir con el criterio de relación y/D máximo del 75%. A partir de esta condición se ajustan las condiciones definitivas de la red, lo cual corresponde al diseño plasmado en planos.

2.6 Resultados Obtenidos del Modelo Hidráulico

En el Anexo 1 se presentan las tablas de datos del modelo hidráulico generado en Sewer GEMS.

Octubre de 2016

Anexo 1. Datos de Salida del Modelo Sewer GEMS (Se adjunta en formato digital)