CONSTRUCCION EL SISTEMA DE ALCANTARRILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, EN EL SECTOR URBANO DEL CANTON SANTIAGO DE MENDEZ

MEMORIA TÉCNICA HIDRÁULICA

REALIZO:

ING. CHRISTIAN XAVIER ARBITO IÑIGUEZ

ESPECIALISTA PROYECTOS DEL GADM SANTIAGO

TABLA DE CONTENIDO

1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 4

1.1. Alcantarillado Combinado 5

1.2. Alcantarillado Sanitario 5

1.3. Alcantarillado Adoptado 6

2. ETAPAS DE PRE- FACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD 7

3. ESTUDIOS DEFINITIVOS. 7

3.1. Periodo de diseño 7

3.2. Población actual y de diseño. 8
3.2.1. Método Geométrico 8

3.3. Dotación 9

3.4. Parámetros iniciales de diseño 9

3.5. Estudio de Suelos. 11

4. DISEÑOS DEFINITIVOS 12

4.1. Diseño Hidráulico. 12
4.1.1. Área de Drenaje 12
4.1.2. Dotación de Agua. 12

4.2. Alcantarillado Sanitario 13
4.2.1. Caudal de aguas residuales. 13
4.2.2. Caudal Medio de Aguas Residuales. 13
4.2.3. Coeficiente de Retorno. 13
4.2.4. Factor de mayoración. 14
4.2.5. Caudal de infiltración. 17
4.2.6. Caudal de Aguas Ilícitas o Conexiones Erradas. (Q.Ili) 19
4.2.7. Resultados caudal de diseño 20

4.3. Alcantarillado Pluvial 21
4.3.1. Caudales de diseño de escorrentía pluvial 21
4.3.2. Coeficiente de Escurrimiento o Escorrentía 22
4.3.3. Curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia 23
4.3.4. Intensidad de lluvia 24
4.3.5. Periodo de Retorno de la Lluvia 25
4.3.6. Áreas de aporte 27
4.3.7. Área física conectada al sistema de aguas pluviales 27
4.3.8. Tiempo de Concentración Inicial 28

4.4. Criterios de Diseño de los Colectores. 29

4.5. Hidráulica de los Conductos. 29
4.5.1. Consideraciones de Diseño. 29
4.5.2. Velocidad y Capacidad de las Tuberías. 29
4.5.3. Coeficiente de Rugosidad. 31
4.5.4. Velocidad mínima 32
4.5.5. Velocidad máxima 33
4.5.6. Diámetro interno mínimo 34
4.5.7. Pendientes. 34
4.5.8. Profundidades. 34
4.5.9. Pozos de revisión. 35

4.6. Criterio de trazado de redes 36

4.7. Criterios de Diseño 36
4.7.1. Ecuación De Manning 36
4.7.2. Ecuación de Continuidad 36
4.7.3. Sección llena 37
4.7.4. Sección Parcialmente Llena 38
4.7.5. Relaciones de Tirantes, Velocidades y Caudales 38

4.8. Metodología empleada para el dimensionamiento de los colectores 39

4.9. Resultados Obtenidos Colectores Alcantarillado Sanitario 41

4.10. Resultados Obtenidos Colectores Alcantarillado Pluvial 54

5. RESULTADOS ESPERADOS 59

6. SUMIDEROS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL 59

7. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES 61

7.1. Objetivo del Tratamiento 61

7.2. Parámetros de calidad para observarse en la depuración del Agua Residual 61

7.3. Procesos de tratamiento y grado de remoción 62

7.4. Caracterización de las Aguas Residuales 63

7.5. Sistema de depuración del agua residual existente. 64
7.5.1. Caudal de ingreso a la Planta de Tratamiento No. 1. 66
7.5.2. Caudal de ingreso a la Planta de Tratamiento No. 2. 67
7.5.3. Caudal de ingreso a la Planta de Tratamiento No. 3. 67

MEMORIA TECNICA HIDRAULICA

1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.

A continuación, se hace un a análisis de los sistemas de alcantarillado los mismos que pueden ser de dos tipos: convencionales o no convencionales. En General, los convencionales han sido ampliamente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema necesarios debido en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros, que definen el caudal: densidad de población y su estimación futura, a un sistema de mantenimiento inadecuado o insuficiente, que conlleva una mayor exigencia de las normas y por lo tanto unos costos mayores. Los sistemas no convencionales surgen como respuesta de saneamiento básico de poblaciones con recursos económicos limitados, pero son sistemas poco flexibles que requieren una mayor definición y control de caudales, de un mantenimiento intensivo y, más importante, aunque la parte tecnológica, necesitan una cultura de la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que estos pueden tener

Los sistemas de alcantarillado convencionales se clasifican así, según el tipo de agua que conduzcan:

- **ALCANTARILLADO SEPARADO.**

Un sistema de alcantarillado separado es aquel en el cual se independizan la evacuación de las aguas residuales y lluvias. Se tiene entonces:

- **Alcantarillado sanitario.** Que es el sistema de recolección diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domesticas e industriales.

- **Alcantarillado pluvial.** Es el sistema de evacuación de las escorrentías superficiales producidas por las precipitaciones.

- **ALCANTARILLADO COMBINADO.**

Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domesticas e industriales) y las aguas lluvias.

Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limitan a la evacuación de las aguas residuales, se tiene entonces:

- **Alcantarillado simplificado.** Un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de equipos de mejores, equipamientos para el mantenimiento de este.

- **Alcantarillado condominiales.** Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas (≤ 1 ha) y las conducen a un sistema de alcantarillado convencional.

- **Alcantarillado sin arrastre de sólidos.** También conocido como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua se transportada luego a una planta de tratamiento o sistemas de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro pequeños que no tienen que seguir una gradiente de energía uniforme y que por tanto pueden trabajar a presión en algunos tramos.

El tipo de alcantarillado que se dé a usar depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto. Por lo tanto, por las condiciones topográficas se podría pensar en sistema de alcantarillado sanitario inicial, dejando correr las aguas lluvias por las calzadas de las calles. Lo que permitiría aplazar la construcción del sistema de alcantarillado pluvial hasta que el problema de las aguas lluvias sea de alguna consideración.

Unir las aguas residuales con las aguas lluvias, es decir, un alcantarillado combinado, es una solución económica inicial desde el punto de vista de recolección, pero no lo será tanto cuando se piense en la solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que este caudal combinado es muy variable en cantidad y calidad, lo cual genera perjuicios en los procesos de tratamientos. Se deberá procurar entonces hasta donde sea posible una solución separada al problema de la conducción de agua residuales y aguas lluvias.

En la fase de pre dimensionamiento del proyecto se analizó la posibilidad de emplazar un alcantarillado combinado o uno sanitario para la zona del proyecto.

A continuación, se elabora las opciones:

1.1. ALCANTARILLADO COMBINADO.

Considerando que los caudales de aguas residuales corresponden a una fracción muy pequeña comparados con los caudales de escorrentía pluvial, la capacidad de los colectores de un sistema combinado es fundamentalmente la misma que la de un sistema pluvial, por lo tanto, la implementación de un sistema combinado es siempre más económica que la de un sistema separado.

Un sistema combinado debe prever adecuadas estructuras de derivación de las aguas residuales hacia el sistema de depuración, permitiendo el desborde de la escorrentía pluvial hacia la corriente superficial receptora. Con esto se busca minimizar los efectos negativos de la descarga de aguas residuales al cuerpo receptor durante la ocurrencia de caudales de agua lluvia.

Las actividades de limpieza, operación y mantenimiento de colectores de un sistema combinado son más fáciles y económicas que al efectuarlas en sistemas separados, dadas las facilidades que presentan para este efecto los colectores de mayor diámetro, al ser menos susceptibles a taponamientos ya que son periódicamente autolimpiados durante la ocurrencia de lluvias con precipitación de moderada a fuerte. En resumen, las tareas de operación y mantenimiento se minimizan en los alcantarillados combinados en relación con los separados.

1.2. ALCANTARILLADO SANITARIO

Los sistemas separados tienen como ventaja desde el punto de vista sanitario, el hecho de que al independizar el agua residual de la pluvial se facilita su conducción hasta los sistemas de depuración, y, por otra parte, se minimiza el riesgo de polución de los cursos superficiales por eventuales descargas a través de las estructuras de alivio.

Estas ventajas tienen validez siempre que, en primera instancia, las redes de alcantarillado intradomiciliarias, consideran sistemas independientes para la evacuación de las aguas residuales y las aguas de origen pluvial recolectadas en cubiertas y patios.

Para estos sistemas se requiere implementar un estricto control en la construcción de las conexiones domiciliarias, para evitar conexiones erradas o cruzadas, que produzcan la descarga de aguas residuales en la red pluvial y viceversa originando por un lado una permanente polución de los cuerpos receptores al tener los sistemas pluviales descargas directas en aquellos; o por otro, la colmatación hidráulica de los

colectores del sistema sanitario al recibir descargas domiciliarias de escorrentía pluvial (caudales muy elevados).

Según estudios realizados, algunos centros poblados, como es el caso de las cabeceras parroquiales, según estudios realizados se han verificado problemas de deterioro de vías, afectación de predios y molestias al tránsito peatonal y vehicular motivado por la falta de drenaje superficial de la escorrentía pluvial. Es evidente que estos problemas se verán intensificado en la medida que se continúe con el proceso de apertura de vías y densificación habitacional, puesto que al incrementarse la población y consolidarse los núcleos urbanos, se incrementan las zonas duras y las superficies impermeables (vías asfaltadas, cubiertas de viviendas, patios hormigonados). Por la ubicación de la mayoría de los centros parroquiales, es posible dimensionar dichos alcantarillados de forma racional para que siempre estos crezcan de manera radial de adentro hacia fuera, y en dirección a los cursos de agua naturales más próximos. Se debe dar total prioridad a la conservación de los cursos de agua dado el alto costo que estos representan desde el punto de vista ambiental y estético. Por lo expuesto, en las condiciones expresadas, es recomendable dotar a estos sectores con sistemas de alcantarillado para drenaje de la escorrentía pluvial.

Para el caso de centros poblados no pavimentados y que no cuentan con programas de pavimentación a corto plazo, se considera procedente la implementación secuencial en el tiempo de los sistemas de alcantarillado, en primera instancia el alcantarillado sanitario y en una etapa posterior el pluvial, reduciendo así los montos de inversión inicial. Para que estos sistemas tengan éxito deben ser acompañados de campañas educativas que concienticen a la población sobre el correcto uso del servicio y de los tipos de conexión. De lo contrario el sistema tiende a fracasar al convertirse los dos sistemas en combinados.

1.3. ALCANTARILLADO ADOPTADO.

En base los criterios expuestos anteriormente, se selecciona como mejor alternativa el alcantarillado sanitario y pluvial separados.

Para el sistema proyectado, la elección del tipo de alcantarillado se fundamenta principalmente en los siguientes aspectos: la densidad poblacional; a que parte del área de estudio corresponde a parcelas y bosque remanente; a que existen pendientes que permiten el desalojo natural de los caudales pluviales, debido a la característica de que a lo largo del trazado del proyecto, la topografía permite transportar las aguas residuales a las la PTARs a diseñar, en función de esto se toma como parámetro el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

Las viviendas en su mayoría se encuentran junto a las vías; si bien no son de tipo adosadas, se encuentran acorta distancia una de otra de manera que, desde el punto de vista técnico y económico, es factible y conveniente una solución colectiva de recolección y evacuación de aguas residuales, es decir a través de un sistema de alcantarillado sanitario.

Con relación a la escorrentía superficial de origen pluvial, se constató que ésta no causa problemas a las viviendas ni a las vías en este sector, puesto que por pendientes y por la existencia de cuerpos de agua como rio, quebradas, cunetas, en las cuales es fácilmente drenada la escorrentía superficial.

Por lo analizado se concluye que la mejor alternativa desde todos los puntos de vista es instalar a lo largos de las vías un sistema de alcantarillado sanitario para la recolección de aguas residuales domésticas y un alcantarillado pluvial para drenar caudales pluviales.

2. ETAPAS DE PRE- FACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD

Conforme ha sido descrito en las secciones precedentes, el presente proyecto, representa una inversión ajustable al beneficio que proporcionara el sistema de alcantarillado tanto sanitario como pluvial y su necesidad es evidente, con la finalidad de solucionar la recolección, transporte y tratamiento del agua residuales de la población de la cabecera parroquial de Méndez. Adicionalmente de acuerdo al análisis presentado es indispensable que una red de alcantarillado sanitario y una red de alcantarillado pluvial tal como se ha propuesto representan la opción más adecuada para la solución de este problema de salud pública, por estas razones se continua con la siguiente fase de diseño del proyecto.

3. ESTUDIOS DEFINITIVOS.

3.1. PERIODO DE DISEÑO.

El periodo de diseño que se adopte para un sistema de alcantarillado separado o combinado deberá estar acorde a los siguientes aspectos, entre otros:

- Magnitud del proyecto.
- Facilidades de ampliar las obras (económicas y técnicas).
- Vida útil de los materiales utilizados.

La reglamentación técnica de la subsecretaría de saneamiento ambiental al respecto indica que no es recomendable diseñar obras definitivas para períodos menores a quince años y hace las siguientes recomendaciones de acuerdo con los componentes del servicio y su vida úti

Tabla 1. Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto, cemento, PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo a especificaciones del fabricante

Fuente: Norma CO 10.7-601

Acorde a estas sugerencias y en concordancia con lo establecido en la Norma CO 10.7-601. se adopta un período de diseño de 20 años, es decir hasta el año 2046, tomando como año inicio el 2026, al ser tuberías de PVC, y de hormigón, como red principal.

3.2. POBLACIÓN ACTUAL Y DE DISEÑO.

La población beneficiada para el proyecto al 2046 es de 3932 habitantes, dentro del área del proyecto.

3.2.1. MÉTODO GEOMÉTRICO.

Este método supone que el crecimiento de la población es proporcional a la población existente en un momento dado. (Ver Tabla 1-28)

$$Pf = Pa(1+r)^{(n)}$$

Donde:

- $Pf = Población\ futura\ al\ año\ proyectado$
- $Po = Población\ a\ proyectar$
- $n = Número\ de\ años\ proyectados$
- $r = Tasa\ anual\ de\ crecimiento\ geométrico$

- **TASA DE CRECIMIENTO**

La cobertura del proyecto contempla el centro urbano del Cantón Santiago, de acuerdo a la información tomada por el INEC, 3112 habitantes para el año 2010 (datos INEC 2001 – 2010) y una población de 3366 habitantes para el año 2022 (Censo 2010 – 2022). Estos datos nos permiten calcular una tasa de crecimiento del 0.65 % para la parroquia Santiago de Mendéz.

Tabla 3-2. Proyección de la población con el método geométrico.

Nro	Año	Población Proyectada Método Geométrico
0	2026	3454
1	2027	3477
2	2028	3499
3	2029	3522
4	2030	3545
5	2031	3568
6	2032	3591
7	2033	3615
8	2034	3638
9	2035	3662
10	2036	3686
11	2037	3710
12	2038	3734
13	2039	3758

14	2040	3782
15	2041	3807
16	2042	3832
17	2043	3857
18	2044	3882
19	2045	3907
20	2046	3932

Fuente: Departamento de Obras Públicas GADMS

El método geométrico es el que mejor se adapta a las exigencias del proyecto, por esta razón para el presente estudio se tomara el método geométrico como población de diseño. Es decir, correspondiendo a una población final de 3932 habitantes para el año 2046 para el centro urbano del Cantón Santiago,

3.3. DOTACIÓN.

El consumo o dotación neta es la cantidad de agua usada efectivamente en cada una de las actividades que se realizan en una comunidad.

Los rangos establecidos por la Norma CO 10.07-601 del Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras hidrosanitarias son los siguientes:

Tabla 3. Dotación de agua según norma.

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se considera una dotación media futura de 200 l/hab/día; que corresponde a clima calido.

3.4. PARÁMETROS INICIALES DE DISEÑO

Coeficiente de retorno: se establece un aporte del 80 % del agua potable al sistema de alcantarillado sanitario. Con base a las Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para EMAAP-Q (4.2.3.1 Coeficientes de retorno).

Tabla 4. Parámetros iníciales de diseño

DATOS DE POBLACIÓN	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR	
Población Futura (2046)	**H**	hab	3932	*(1)*
Áreas de aportación	**A**	ha	584.60	
Densidad poblacional	**D_p**	hab/ha	6.81	
Tasa de crecimiento poblacional	**r**	adim.	0.65%	
DATOS DE DISEÑO	**SIMBOLO**	**UNIDAD**	**VALOR**	
Dotación Media Futura	**Dmf**	l/hab/día	200	*(2)*
Coeficiente de retorno [0.7-0.8]	**K**	Qar/Qap	0.80	*(3)*
Velocidad Máxima	**V_{max}**	m/s	4.50	*(4)*
Máxima Altura/Diámetro	**d/D**	adim.	0.75	*(5)*
Profundidad Pozo Revisión	**h**	m	1.20	*(6)*
Caudal mínimo sanitario (inodoro)	**q_m**	l/s	1.50	*(7)*
Material de la tubería	**Mat**	adim.	PVC	*(8)*
Tipo de tubería de PVC (B - A2)	**Tipo**	adim.	B	*(9)*
Clase (1 - 2 - 3 - 4)	**CL**	adim	1	*(10)*
Coeficiente de rugosidad de Manning	**n**	adim.	0.011	*(11)*
FACTOR DE MAYORACIÓN	**SIMBOLO**	**UNIDAD**	**VALOR**	
La SSA recomienda utilizar un coeficiente de mayoración M=4	**M**	adim.	3.34	*(12)*
INFILTRACIÓN E ILICITAS	**SIMBOLO**	**UNIDAD**	**VALOR**	
Caudal de infiltración	**Qinf**	l/s/km	1	*(13)*
Caudal de ilícitas	**Qilc**	l/s/pozo	80*(P)/86,400	*(14)*

Fuente: Equipo consultor.

BIBLIOGRAFÍA

(1) Informe socioeconómico
(2) Procesamiento de consumos de micromedición.
(3) Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para EMAAP-Q (4.2.3.1 Coeficientes de retorno)
(4) Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para EMAAP-Q (4.2.9 Velocidad máxima)
(5) CO 10.7-602 (5.2.1.3 Condiciones hidráulicas)
(6) CO 10.7-601 (5.2.1.5 Criterios generales de diseño)
(7) Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para EMAAP-Q (4.2.6.a Caudales de diseño)
(8) PVC o H
(9) Referente al PVC
(10) Referente al H
(11) CO 10.7-601 (5.2.1.11 Coeficientes de rugosidad recomendados)
(12) Bibliografía técnica
(13) Normas de diseño de sistemas de alcantarillado ETAPA.
(14) CO 10.7-601 (4.3.6 Normas para diseños preliminares)

3.5. ESTUDIO DE SUELOS.

De acuerdo a los trabajos que deben ser ejecutados en el proyecto de construcción del alcantarillado, se requiere del análisis de los materiales de sub estrato de la vía principal Méndez - Cuenca y vías aledañas a la cabecera parroquial, sobre lo cual se desarrollan los siguientes puntos relacionados con los parámetros del suelo, que determinan la calidad y el uso de las capas de sub estrato.

Donde se especifica que las limitaciones económicas imponen la utilización del material de sitio disponible como parte de la materia prima fundamental en la construcción de rellenos y de las capas de material de esta actividad.

La incorporación de agregados de rio, cantera o los obtenidos del procesamiento de áridos en planta toman la denominación de materiales seleccionados, como es el caso del mejoramiento, sub bases u otros productos, constituyen una buena estrategia para lograr materiales adecuados de acuerdo a las necesidades. El rubro de excavación de zanjas está vinculado con el uso de mezclas que se obtienen con la incorporación de materiales seleccionados. Sin embargo, al tratarse de zanjas de profundidad mayor a 1.20 m, se puede establecer rellenos de zanjas con la reutilización de materiales extraídos del sitio, en virtud de disminuir considerablemente los costos del rubro en mención, lo que requiere de un seguimiento permanente, así como del control de calidad de la obra. Para obtener el mayor desempeño de los materiales utilizados se deben realizar pruebas de laboratorio, en los que se proyecta llegar al cumplimiento de la normativa de aplicación en el empleo de estos materiales:

Para zanjas de ancho indefinido y de profundidad hasta 1.20 m se estima conveniente rellenar los espacios vacíos con material seleccionado compactado, especialmente si el área intervenida se ubica dentro de la calzada de vías, ya que en esta sección ocurren fuerzas externas originadas por el tráfico medio y pesado.

Para zanjas de mayor profundidad sobre 1.50 m se establece el uso exclusivo de material de sitio o mezclado con material seleccionado que cumpla con un índice de plasticidad menor a 20 y un límite liquido máximo de 40. En el presente caso el uso del material de sitio es restringido, sin embargo, se pueden usar las mezclas señaladas anteriormente de tal manera que se mejore la granulometría y la plasticidad del material de la excavación, trabajos que se pueden realizar en la obra con la ayuda de equipos mecánicos (bobcat, retroexcavadora, etc), para lo que se recomienda la aplicación de dosificaciones del orden de 3 a 5 volúmenes de material de sitio (o mayor), por 1 volumen de material granular seleccionado. La mezcla definitiva dependerá de la mezcla final obtenida, la que debe ser aprobada por la fiscalización.

Donde se especifica claramente que las dosificaciones deberán ser del orden de 3 a 5 volúmenes de material de sitio (o mayor), por 1 volumen de material granular seleccionado**.** Donde se puede evidenciar que se puede realizar la reutilización del material de sitio donde especifica que se puede realizar mediante la ayuda de equipos mecánicos y realizando una mezcla definitiva o final que debe ser aprobada por la fiscalización, esto conlleva a realizar el traslado de material extraído a una zona previa establecida para colocación de este material y posterior mezcla, donde la fiscalización velara por que se cumpla con la condición con el índice de plasticidad menor a 20 y un límite máximo de 40, donde se puede dar una saturación del suelo por la constate presencia de lluvias que existe en la zona y presencia de agua subterránea lo cual provocaría una dificultad al momento de cumplir las condiciones limitantes establecidas en él estudió de mecánica de suelos, además se generaría rubros adicionales para la mezcla del material y establecer un terreno donde se proceda a realizar estos trabajos y un incrementó en la cantidad de transporte y cargada de material para ser colocado nuevamente en obra., además el desperdicio generado tendría que ser nuevamente trasladado a la escombrera autorizada por la municipalidad.

Con estos antecedentes y al existir una alta presencia de lluvia en zona se establece que la mejor condición para proceder con los rellenos de zanjas es el cambio total del material excavado por material de mejoramiento evitando de esta manera problemas en la construcción y evitar fallas en las vías como hundimientos y desgastes donde se evidenciara de manera clara el deterioro de la superficie de rodadura, este desgaste puede ocasionar afecciones en los demás elementos de la vía inclusive a la obra de alcantarillado, de igual forma los usuarios tendrán un gran dificultad para transitar, esto hace que la capacidad de la vía se vea reducida y afectada. Ver CAP 8. Estudio de mecánica de suelos.

4. DISEÑOS DEFINITIVOS

4.1. DISEÑO HIDRÁULICO.

4.1.1. ÁREA DE DRENAJE

Las áreas de aporte o drenaje son determinadas por medición directa y su delimitación debe seguir verdaderas líneas de drenaje, definidas por los puntos de máxima pendiente correspondientes a las líneas de división de aguas, cuidando que el agua proveniente de la precipitación pueda llegar al mismo punto de captación, los límites también están fijados por las pendientes de los prados, jardines, vías y otras alteraciones de drenaje natural.

4.1.2. DOTACIÓN DE AGUA.

El consumo o dotación neta es la cantidad de agua usada efectivamente en cada una de las actividades que se realizan en una comunidad.

Los rangos establecidos por la Norma CO 10.07-601 del Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras hidrosanitarias son los siguientes:

Tabla 5. Dotación de agua según norma.

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se considera una dotación media futura de 200 l/hab/día; que corresponde a clima calido.

4.2. ALCANTARILLADO SANITARIO

4.2.1. CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES.

El caudal que transporta cada una de las tuberías de la red de recolección, está constituido por la sumatoria de los caudales de aguas servidas domésticas, aguas de infiltración y aguas ilícitas de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\mathbf{qd = q._{ar} + q._{inf} + q._{ilic}}$$

Donde:

- **qd :** Caudal de diseño (l/s)
- **q.ar :** Caudal de aguas residuales domésticas (l/s)
- **q.inf :** Caudal de infiltración (l/s)
- **q.ilic :** Caudal de aguas ilícitas (l/s)

En cualquier caso (especialmente en los tramos de cabecera), se adopta un caudal mínimo de diseño de 1.50 l/s, correspondiente al que se produce por la descarga de un inodoro, como se indica en el libro elementos de diseño para acueductos y alcantarillado de López Cualla)

La determinación de estos caudales se describe a continuación:

4.2.2. CAUDAL MEDIO DE AGUAS RESIDUALES.

El caudal medio de aguas residuales se calculará con la ecuación:

$$q.ar = \frac{\mathrm{Cr} * \mathrm{P} * \mathrm{D}}{86400}$$

Donde:

- **q.ar :** Caudal medio de aguas residuales (l/s)
- **Cr :** Coeficiente de retorno del agua de abastecimiento a las redes de alcantarillado (adim)
- **P :** Población aportante (hab)
- **D :** Dotación percápita de agua potable (l/hab/día)

4.2.3. COEFICIENTE DE RETORNO.

El coeficiente de retorno es la fracción de agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Este caudal se determina basándose en la dotación de agua potable y la población que aportará a la red de alcantarillado.

El factor de retorno del agua de abastecimiento a las redes de alcantarillado, adoptado representa un valor de Cr= 0.80. Dicho valor está en el rango normalmente recomendado en las normas y en la bibliografía técnica: 0.70 a 0.80.

Tabla 6. Coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y medio	0.70 - 0.80
Medio alto y alto	0.80 - 0.85

Fuente: Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para EMAAP-Q (4.2.3.1 Coeficientes de retorno)

4.2.4. FACTOR DE MAYORACIÓN.

En toda red de alcantarillado sanitario, se producen instantes en que circulan máximos caudales, generalmente coincidentes con la curva de máximo consumo de agua potable. Este caudal constituye el caudal máximo instantáneo y se obtiene afectando al caudal medio diario por un coeficiente de mayoración M.

A continuación, se citan algunas de ellas, tomadas de la siguiente bibliografía:

- Harold E. Babbitt, *Alcantarillado y tratamiento de Aguas Negras*
- Metcalf & Eddy *Wastewater engineering, collection and pumping of wastewater*
- Ricardo López Cualla *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*
- Ecuación de Babbitt. Para poblaciones menores de 1000 habitantes

$$M = \frac{5}{P^{0.2}}$$

Siendo P la población en miles

- Ecuación de Harmon. para poblaciones entre 1,000 y 1,000,000 de habitantes

$$M = 1 + \frac{14}{4 + P^{0.5}} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Siendo P la población en miles

- Ecuación de Flores

$$M = \frac{7}{P^{0.10}}$$

Siendo P la población total

- Ecuación de “Los Angeles”. Para caudales entre 2.80 l/s y 28.30 m3/s

$$M = \frac{3.53}{Qar^{0.0914}}$$

La ecuación de los Ángeles no está desarrollada para nuestro medio y, además da valores muy elevados del coeficiente de mayoración que no concuerdan con algunas medidas efectuadas en la ciudad.

Siendo Qar el caudal medio de aguas residuales en m3/s

- Ecuación de Metcalf & Eddy

$$M = \frac{2.228}{Q_{ar}^{0.073325}}$$

Siendo Qar el caudal medio de aguas residuales en m3/s

Para caudales medios diarios comprendidos entre 0.004 m3/s y 5 m3/s.

Esta última ecuación es la que se indica en las Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable y Eliminación de Residuos Líquidos (1986).

Con respecto a las ecuaciones señaladas se hacen los siguientes comentarios:

- Las ecuaciones de Harmon y de Flores dan valores más cercanos a los medidos que el de las anteriores ecuaciones.
- La ecuación de Metcalf & Eddy es la que mejor se ajusta al presente proyecto.
- El gráfico muestra una comparación de los valores del factor de mayoración para las ecuaciones de Babbitt, Harmon y Metcalf & Eddy.

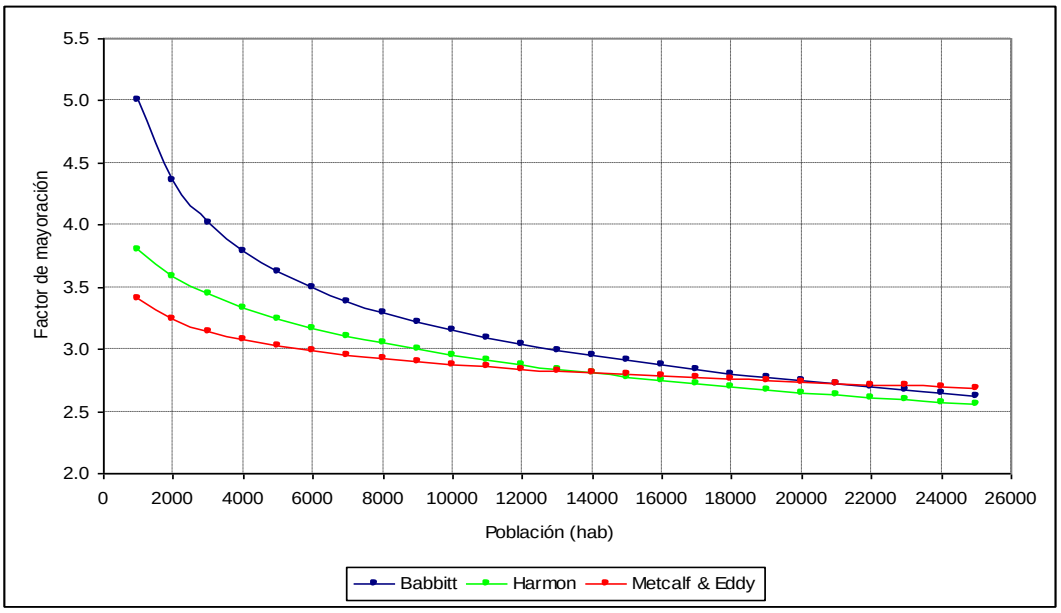


Figura 1. Factores de mayoración según Babbitt, Harmon y Metcalf & Eddy

En toda red de alcantarillado sanitario, se producen instantes en que circulan máximos caudales, generalmente coincidentes con la curva de máximo consumo de agua potable. Este caudal constituye el caudal máximo instantáneo y se obtiene afectando al caudal medio diario por un coeficiente de mayoración M.

De acuerdo con las normas el coeficiente mayoración para caudales medios diarios comprendidos entre 0.004 m3/s y 5 m3/s se calcularán por la fórmula:

$$M = \frac{3.72.228}{Q_{MD}^{0.0733}}$$

Donde:

- $M = Coeficiente\ de\ mayoración$
- $Q = Caudal\ medio\ diario$
- Se recomienda utilizar un coeficiente de mayoración debe ser mayor o igual a 1.40.

CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES:

$$Q_{ar} = k * q_{ar}$$

$$Q_{ar} = \frac{M * Cr * P * D}{86400}$$

- S*egún el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.*
- *Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 2.20 l/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.*
- *Por lo q*ue adoptamos este criterio para el diseño de los colectores sanitarios.

Para el presente caso, se utilizara la ecuación de Harmon para el calculo del coeficiente de mayoracion:

P=4 (Pblacion de diseño en miles).

$$M = 1 + \frac{14}{4 + P^{0.5}} = 1 + \frac{14}{4 + 4^{0.5}} = 3.34$$

4.2.5. CAUDAL DE INFILTRACIÓN.

El caudal de infiltración es producido por la entrada del agua que se encuentra por debajo del nivel freático del suelo a través de las uniones entre tramos de tuberías, de fisuras en el tubo y en la unión con las estructuras de conexión como los pozos de revisión.

Debido a la naturaleza de los conductos por donde circulan las aguas servidas, lo cual no garantiza una impermeabilidad absoluta, por lo tanto, habrá una cierta cantidad de agua proveniente del subsuelo que se infiltra en la tubería incrementando el caudal circulante. Este caudal varía con la permeabilidad del terreno, el nivel freático, el tipo y diámetro de la tubería, el tipo de juntas o uniones, la profundidad y métodos constructivos.

La infiltración de agua del suelo hacia los colectores depende tanto del contenido de agua del suelo como del material de dichos colectores.

Las normas de diseño Norma Boliviana NB 688-01 de Alcantarillado Sanitario, recomienda valores que se indican en la siguiente Tabla:

Tabla 7. Caudales de Infiltración.

Caudales de infiltración (l/s/km)				
Unión	**Tubería de hormigón**		**Tubería de PVC**	
Nivel freático bajo	0.5	0.2	0.1	0.05
Nivel freático alto	0.8	0.2	0.15	0.5

Fuente: Norma Boliviana NB 688-01 de Alcantarillado Sanitario).

En la actualidad el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, no presenta valores de aguas de infiltración, por lo que podemos basarnos en la literatura técnica existente al respecto.

En la actualidad el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, no presenta valores de aguas de infiltración, por lo que podemos basarnos en la literatura técnica existente al respecto; en este estudio se usa un caudal de infiltración de 0.1 l/s*km, debido a que la unión de las tuberías es elastomérica de caucho y las zonas del proyecto tiende a tener un nivel de agua intersticial bajo.

Según el Reglamento de Agua potable y Saneamiento de Colombia (RAS 2000), El aporte adicional de aguas de infiltración puede calcularse por metro lineal de tubería o por su equivalente en hectáreas de área drenada:

Tabla 8. Aportes de infiltración por tramo de tubería.

CONDICIONES	INFILTRACIÓN (l/s/Km)		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Tuberías existentes	4.00	3.00	2.00
Tuberías nuevas con unión de:			
Cemento	3.00	2.00	1.00
Caucho	1.50	1.00	0.50

Fuente: Estudio de Diseño para Acueductos y Alcantarillado: Lopez-Cuella.

Tabla 9. Aporte de infiltración por área drenada

Infiltración (l/s/ha)		
ALTA	MEDIA	BAJA
0.15 - 0.40	0.10 - 0.30	0.05 - 0.20

Fuente: RAS Colombia 2000

Las tasas de infiltración propuestas se enmarcarán en lo establecido en el documento “Criterios y Parámetros de diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado, Numeral 5.6 Caudal de infiltración, 5.6.4 Conclusiones y Recomendaciones e Ilustración No.1”, de los “Estudios y Diseños Finales de los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento para la ciudad de Cuenca, II Etapa”:

Tabla 10. Aporte de infiltración por km

Infiltración (l/s*km)		
ALTA	MEDIA	BAJA
0.50-1.00	0.15-0.50	0.00-0.15

Fuente: Planes Maestro Cuenca II Etapa

En el presente estudio se adopta un caudal de infiltración igual a 0.10 l/s/km

4.2.6. CAUDAL DE AGUAS ILÍCITAS O CONEXIONES ERRADAS. (Q.ILI)

El aporte de caudal por conexiones erradas en un alcantarillado sanitario proviene en especial de las conexiones que equivocadamente se hacen de las aguas lluvias domiciliarias y de conexiones clandestinas.

La bibliografía establece que cuando existe red de alcantarillado pluvial el valor puede variar de 0.10 hasta 0.2 l/s/ha. y, caso de no existir alcantarillado pluvial, el valor puede alcanzar hasta 2 l/s/ha.

Tabla 11. Aportes máximos por conexiones erradas con sistema pluvial

Nivel de complejidad del sistema	**Aporte (l/s/ha)**
Bajo y medio	0.20
Medio alto y alto	0.10

Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias sin sistema pluvial

Nivel de complejidad del sistema	**Aporte (l/s/ha)**
Bajo y medio	2.00
Medio alto y alto	2.00

Fuente: RAS Colombia 2000

Este tipo de caudal se produce por la eventual introducción al alcantarillado sanitario de aguas lluvias, especialmente en las zonas que carecen de alcantarillado pluvial, cuyo valor se debe exclusivamente a: conexiones ilícitas de aguas que escurren por techos, patios y drenajes de sótanos, con sumideros de aguas lluvias conectados al alcantarillado sanitario por ignorancia o equivocación, conexiones con viviendas abandonadas.

El caudal de aguas lluvias que se introduce en las alcantarillas es muy variable, y en muchos casos esta aportación debe ser tomada muy en cuenta dado su valor elevado. La subestimación de este parámetro puede traer consecuencias sanitarias a la población, especialmente cuando se presentan precipitaciones extremas que sobrepase la capacidad de transporte del colector y las aguas residuales diluidas salgan a la superficie a través de los pozos o de las mismas conexiones domiciliarias.

Según las normas de diseño de Sistemas de Agua Potable y Eliminación de Residuos Líquidos (1986), recomienda utilizar un valor de 80 l/hab/día, empleando la siguiente expresión:

$$q.ilic = \frac{80 * P}{86400}$$

Donde:

- **q.ilic** = Caudal de aguas ilícitas o lluvias (l/s)
- **P** = Población de diseño (hab)

4.2.7. RESULTADOS CAUDAL DE DISEÑO.

SISTEMA MÉNDEZ

Población Actual Méndez		
Población inicial (2022)	3366	Hab.
Tasa de Crecimiento	0.65	%
Población inicial (2026)	3454	Hab.

Poblacion inicial	3454	hab
Tasa de crecimiento	0.65	%
Periodo de diseño	20	años
Longitud Alcantarillado	9.71	km

Proyeccion geometrica		
Pf	**Pa*(1+r)^n**	
Pf	3932	hab

POBLACION FUTURA	**3932**	
DOTACION	**200**	
Cr	**0.8**	
Caudal medio Diario	**Cr*P*D**	
Caudal medio Diario	7.281	l/seg
Caudal maximo Diario	**M*Qmed**	
M	**3.34**	
Caudal máximo Diario	24.319	l/seg
Caudal de infiltracion	**0.1**	**l/seg*km**
Caudal de infiltracion	0.971	l/seg
Caudal ilicitas	**80**	**l/hab.dia**
Caudal ilicitas	3.641	l/s

Caudal Sanitario	**28.931**	**l/s**

Fuente: Equipo consultor
Elaboración: Equipo consultor

4.3. ALCANTARILLADO PLUVIAL.

4.3.1. APROVECHAMIENTO DEL SISTEMA EXISTENTE.

Durante la inspección técnica realizada en el área de intervención se verificó que gran parte de las redes antiguas de alcantarillado pluvial construidas con tubería de hormigón presentan un estado de deterioro estructural, evidenciándose fisuras, roturas, desplazamientos y colapsos parciales en varios sectores del centro urbano del cantón Santiago de Méndez.

El deterioro de dichas tuberías ha generado problemas de infiltración, pérdida de capacidad hidráulica y asentamientos localizados en la estructura vial, afectando la estabilidad de la superficie de rodadura y el correcto funcionamiento del sistema de drenaje existente.

Debido a estas condiciones, las redes antiguas de hormigón no serán incorporadas ni conectadas al nuevo sistema de alcantarillado pluvial, ya que no garantizan condiciones adecuadas de operación, estabilidad estructural ni funcionamiento hidráulico.

El proyecto contempla la implementación de un sistema pluvial completamente independiente, conformado por colectores nuevos, pozos de revisión, sumideros y estructuras de captación diseñadas conforme a las condiciones hidráulicas actuales del área urbana.

Cada descarga pluvial funcionará de manera independiente mediante su respectivo sistema de captación superficial, compuesto por rejillas, sumideros y acometidas hacia los colectores proyectados, evitando de esta manera la incorporación de caudales hacia tuberías antiguas deterioradas.

4.3.2. CAUDALES DE DISEÑO DE ESCORRENTÍA PLUVIAL.

Para la estimación del caudal de diseño puede utilizarse el método racional, el cual calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía.

El aporte de aguas lluvias se determinará mediante el Método Racional, cuya fórmula es:

$$\boldsymbol{Q} = \frac{C * I * A}{0.36}$$

Donde:

- **Q**: Caudal de escorrentía de aguas lluvias (l/s)
- **C:** Coeficiente de escurrimiento o escorrentía (adim)
- **I:** Intensidad de lluvia (mm/hora)
- **A:** Área de aporte (ha)

De acuerdo con el método racional, el caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, y éste es una fracción de la precipitación media bajo las siguientes suposiciones:

1. El caudal pico en cualquier punto es una función directa de la intensidad (I) de la lluvia, durante el tiempo de concentración para ese punto.
2. La frecuencia del caudal pico es la misma que la frecuencia media de la precipitación.
3. El tiempo de concentración está implícito en la determinación de la intensidad media de la lluvia por la relación anotada en el punto 1 anterior.

4.3.3. COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO O ESCORRENTÍA.

El coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$\mathbf{C} = \Sigma \frac{\mathrm{C} * \mathrm{A}}{\mathrm{A}}$$

Complementariamente, se calcula para cada zona urbanística los coeficientes de escorrentía ("**C**"), contemplados en el método racional, con miras a que sean considerados en la evaluación de las redes que van emplear dicho método de cálculo de caudales. Para este efecto, se adoptan los coeficientes parciales correspondientes a áreas impermeables y permeables recomendados en las normas y que se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 12. Valores de C para diferentes tipos de superficie.

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubierta metálica o teja vidriada	0.95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.90
Pavimentos asfalticos en buenas condiciones	0.85 a 0.90
Pavimentos de hormigón	0.80 a 0.85
Empedrados (juntas pequeñas)	0.75 a 0.80
Empedrados (juntas ordinarias)	0.40 a 0.50
Pavimentos de macadam	0.25 a 0.60
Superficies no pavimentadas	0.10 a 0.30
Parques y jardines	0.05 a 0.25

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

Tabla 13. Valores del Coeficiente de escurrimiento

TIPO DE ZONA	C
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0.70 - 0.90
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0.70
Zonas residenciales medianamente pobladas	0.55 - 0.65
Zonas residenciales con baja densidad	0.35 - 0.55
Parques, campos de deportes	0.10 - 0.20

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

Del agua lluvia que cae sobre la superficie de la tierra, una parte corre inmediatamente sobre la superficie en forma de avenidas (escorrentía), otra parte se evapora en el suelo, otra parte denominada interceptada permanece en las hojas de las plantas y se evapora, y otra parte denominada infiltración penetra en el suelo.

Este parámetro está definido básicamente por el tipo de cobertura superficial del terreno y su declive natural; por tanto, el análisis se realiza considerando la zonificación urbanística del área del proyecto, así como sus características topográficas. Por lo tanto, el coeficiente de escurrimiento se define como el coeficiente del caudal que discurre por la superficie en relación con el caudal total precipitado.

$$\mathbf{C} = \frac{\mathrm{QE}}{\mathrm{QT}}$$

El escurrimiento será variable a lo largo del tiempo dependiendo de la saturación del suelo. Este coeficiente es un factor en el que inciden varias consideraciones como:

- Permeabilidad del suelo
- Retención
- Retardación
- Tipo de calzada
- Tipo de zonas
- Características del terreno

Considerando la topografía de la zona, la intensidad de lluvia de diseño, que las calles y patios de las viviendas no tienen ningún acabado que permita que el agua escurra con facilidad, y además que el sector posee una baja densidad poblacional.

Los coeficientes de rugosidad adoptados son los siguientes:

Tabla 14. Coeficientes de rugosidad por tipo de superficie.

TIPO DE SUPERFICIE O ZONA	C
Parques y jardines	0.1
Superficies no pavimentadas	0.3
Zona residencial	0.5

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

En el presente estudio se utiliza C=0.55, según las Normas CO 10.07-601.

4.3.4. CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN Y FRECUENCIA.

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona d definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base hidrológica para la estimación de los caudales de diseño.

Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos. Se debe verificar la existencia de curvas IDF para la localidad. Si existen, éstas deben analizarse para establecer su validez y confiabilidad para su aplicación al proyecto. Si no existen, es necesario obtenerlas a partir de información histórica de las lluvias.

La obtención de las curvas IDF debe realizarse con información pluviográfica de estaciones ubicadas en la localidad, derivando las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos.

4.3.5. INTENSIDAD DE LLUVIA.

La norma C.O.10.07.601., establece en el artículo 5.1.5.1 el uso de los métodos Racional, Hidrograma unitario sintético, y Análisis estadístico para estimar los caudales pluviales desde parámetros meteorológico. El método Racional se usa en cuencas tributarias menores a 100 ha, siendo este el caso del presente estudio. Según el artículo 5.1.5.5 se establece que el sistema de drenaje es inicial, por lo que la frecuencia de la lluvia de diseño se escoge un periodo de retorno T= 5 años. El artículo 5.1.5.10 permite utilizar curvas IDF de áreas de características pluviográficas similares, en este proyecto se utiliza las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia para la estación M0062 - Macas.

Tabla 15. Cuadro intensidad duración frecuencia estación M0062.

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	Ecuaciones	R	R2
CÓDIGO	NOMBRE				
M0062	MACAS AEROPUERTO	5<30	*i= 125.5996*T^0.2276*t^-0.2881*	0.9831	0.9666
		30<120	*i= 513.621*T^0.2112*t^-0.6962*	0.994	0.988
		120<1440	*i= 1116.631*T^0.1747*t^-0.8301*	0.9965	0.9931

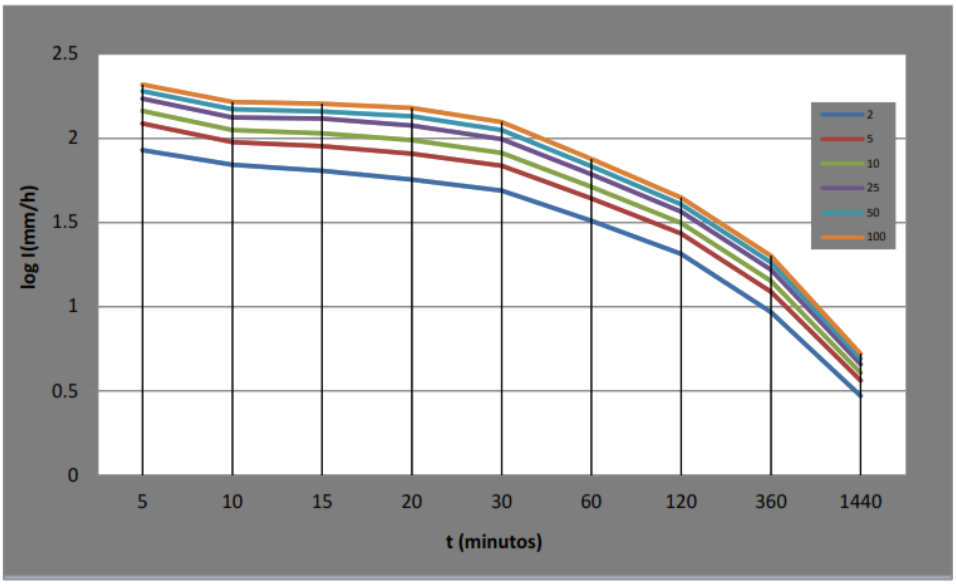


Figura 2. Factores Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia estación M0062 - Macas

Tabla 16. Intensidad máxima (mm/hora)

Duración t (min)	periodo de retorno T (Años)					
	2	5	10	25	50	100
5	92.5	113.9	133.4	164.4	192.4	225.3
10	75.8	93.3	109.3	134.6	157.6	184.5
15	67.4	83	97.2	119.8	140.2	164.2
20	62	76.4	89.5	110.2	129.1	151.1
30	55.7	67.6	78.2	95	109.9	127.3
60	34.4	41.7	48.3	58.6	67.8	78.5
120	23.7	27.8	31.4	36.8	41.6	46.9
360	9.5	11.2	12.6	14.8	16.7	18.9
1,440	3	3.5	4	4.7	5.3	6

Fuente: Actualización del estudio de lluvias Intensas (INAMHI) Versión (2) 2019

4.3.6. PERIODO DE RETORNO DE LA LLUVIA.

El período de retorno de diseño es un factor importante para la determinación de la capacidad de redes de alcantarillado pluvial y la prevención de inundaciones en vías, áreas urbanas y plazas, por los riesgos y daños a la propiedad, daños personales y al tráfico vehicular. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado.

a. Frecuencias de 1 año a 2 años

Se utilizan para redes de áreas urbanas y suburbanas.

b. Frecuencias de 2 años a 5 años

Se utilizan para redes de áreas urbanas residenciales y comerciales.

c. Frecuencias de 10 años

Para colectores de segundo orden como canalización de riachuelos.

d. Frecuencias de 20 años a 50 años

Se adoptan para el diseño de obras especiales como emisarios (canalizaciones de primer orden)

e. Frecuencias de 100 años

Se utilizan para ríos principales que constituyen el sistema de drenaje global de la cuenca.

En general la frecuencia de las precipitaciones debe ser balanceada entre inversión y riesgo. En este sentido, es necesario decidir con criterio las frecuencias elegidas, muchas veces dejando que los sistemas pluviales se sobrecarguen en precipitaciones excepcionales, permitiendo así viabilizar su necesidad y financiamiento.

El período de retorno a emplear en los diseños estará en función de las áreas de aporte acumuladas que llegan a un tramo determinado de colector, como se indica en la tabla:

Tabla 17. Periodos de retorno

Rangos de áreas aportantes (ha)	Periodo de retorno (años)
< 3	3
3 - 10	5
> 10	10

Fuente: Planes Maestros Cuenca II Etapa

El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio.

Tabla 18. Periodo de retorno en función del área de drenaje.

Características del área de drenaje	Mínimo (años)	Aceptable (años)	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores a 2 ha	2	2	3
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores a 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha	5	5	10
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha	10	25	25
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	25	25	50

Fuente: RAS Colombia 2000

Según la Norma CO 10.07-601, del Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias: El sistema de micro drenaje se dimensionará para el escurrimiento cuya ocurrencia tenga un período de retorno entre 2 y 10 años, seleccionándose la frecuencia de diseño en función de la importancia del sector y de los daños y molestias que puedan ocasionar las inundaciones periódicas. En el presente diseño se adopta un periodo de retorno igual a 5 años.

4.3.7. ÁREAS DE APORTE.

El área de aportación correspondiente al presente estudio comprende el sector urbano del cantón Santiago de Méndez, cuya delimitación fue realizada en función de las condiciones topográficas existentes, direcciones naturales de escorrentía, pendientes longitudinales y transversales de las vías, así como de la configuración actual del drenaje superficial del sector.

La delimitación de dichas áreas se efectuó considerando las líneas divisorias de aguas y la dirección de escurrimiento superficial hacia los sumideros y estructuras de captación proyectadas. La suma total de las áreas de aportación consideradas para el diseño hidráulico del sistema pluvial corresponde a 49.10 ha.



Figura 4. Trazado áreas de aporte

4.3.8. ÁREA FÍSICA CONECTADA AL SISTEMA DE AGUAS PLUVIALES.

El sistema de alcantarillado pluvial proyectado brindará servicio a las áreas urbanas consolidadas del centro urbano del cantón Santiago de Méndez, incluyendo vías principales, secundarias y zonas de expansión inmediata que actualmente presentan escorrentía superficial directa.

Las áreas físicas conectadas al sistema corresponden a superficies impermeables y semipermeables que generan aportes de escorrentía durante eventos de precipitación, entre ellas:

- Plataforma vial asfaltada y lastrada.
- Cunetas y bordillos existentes.
- Cubiertas domiciliarias.
- Áreas comerciales e institucionales.
- Espacios urbanizados con compactación superficial.

La conexión hidráulica de estas áreas se realizará mediante sumideros, pozos de revisión y colectores pluviales, los cuales conducirán los caudales captados hacia los puntos de descarga definidos en el diseño.

4.3.9. COBERTURA DE SERVICIO PLUVIAL

La cobertura del sistema de alcantarillado pluvial proyectado comprende las vías y áreas urbanas incluidas dentro del área de intervención del proyecto, mediante un sistema independiente de captación y conducción de aguas lluvias.

El sistema estará conformado por colectores pluviales nuevos, estructuras de captación superficial, sumideros, rejillas y pozos de revisión, los cuales permitirán interceptar y evacuar adecuadamente la escorrentía superficial generada por precipitación.

Las redes existentes no formarán parte de la cobertura operativa del nuevo sistema, debido a su estado de deterioro. La evacuación de caudales se realizará mediante descargas independientes, evitando interconexiones con tuberías antiguas de hormigón que presenten daños estructurales o asentamientos.

4.3.10. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN INICIAL

Este parámetro depende básicamente de factores como: la distancia que debe recorrer el escurrimiento superficial hasta llegar a los colectores, el declive del terreno y su tipo de cobertura promedio, caracterizado por el coeficiente de escorrentía.

Para los colectores de drenaje pluvial el tiempo de concentración es igual a la suma del tiempo de llegada más el tiempo de escurrimiento por los colectores hasta el punto en consideración. El tiempo de escurrimiento se lo obtendrá a partir de las características hidráulicas de los colectores recorridos por el agua. El tiempo de llegada es el tiempo necesario para que el escurrimiento superficial llegue desde el punto más alejado hasta el primer sumidero. Este tiempo dependerá de la pendiente de la superficie, del almacenamiento en las depresiones, de la cobertura del suelo, de la lluvia antecedente, de la longitud del escurrimiento, etc.

El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada (tiempo de concentración inicial) y el tiempo de recorrido en el colector, el tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector.

$$\mathbf{T} = te + tr$$

Si dos o más colectores confluyen a la misma estructura de conexión, debe considerarse como tiempo de concentración en ese punto el mayor de los tiempos de concentración de los respectivos colectores. Para la evaluación se considera un tiempo de concentración promedio igual a 10 minutos.

4.3.10.1. TIEMPO DE RECORRIDO

En cuanto al tiempo de recorrido, este se irá determinando conforme se avance en el diseño de las redes y subredes, mediante la expresión:

$$\boldsymbol{tr} = \frac{1}{60} * \Sigma \frac{Li}{Vi}$$

En donde:

- **Tr** = tiempo de recorrido del agua (min)
- **Li** = Longitud del colector (m)
- **Vi** = Velocidad en el colector (m/s)

4.4. CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS COLECTORES.

En este capítulo se presenta las bases y parámetros de diseño adoptados para el dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema, los mismos que se ajustan en su mayoría a lo establecido por el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras hidrosanitarias.

4.5. HIDRÁULICA DE LOS CONDUCTOS.

4.5.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

- Las tuberías del sistema de alcantarillado se diseñan a tubo parcialmente lleno, con el 80 % (relación q/Q) como máxima capacidad a ser utilizadas en condiciones de circulación a gravedad, evitando de esta manera que la tubería funcione llena y menos aún a presión, con lo que se garantiza la circulación del aire a través de los conductos.
- Se ha considerado que el flujo dentro de las tuberías entre los pozos de revisión es constante y deberá mantenerse ciertas velocidades de flujo para evitar sedimentación o erosiones de las mismas.
- La velocidad del líquido, bajo condiciones de caudal máximo instantáneo, no será menor que 0.45 m/s y preferiblemente sea mayor que 0.60 m/s, para impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido.
- Además, se asume que la velocidad media del flujo es igual en cualquier instante del tiempo, por ello los tramos entre los pozos de revisión tienen pendiente uniforme (no menor al uno por ciento).

4.5.2. VELOCIDAD Y CAPACIDAD DE LAS TUBERÍAS.

La ecuación de Manning se obtiene de la ecuación de Chezy:

$$\boldsymbol{v} = C\sqrt{R \sin\theta}$$

Donde:

- **v** = Velocidad media en el canal;
- **R** = Radio hidráulico definido por la relación entre el área de la sección transversal (A) y el perímetro mojado (P): R = A / P;
- **θ** = Ángulo que hace el fondo del canal con la horizontal.

Cuando el valor de θ es pequeño, como ocurre en la mayoría de los casos, el seno del ángulo se equipara con la tangente del mismo, es decir con la pendiente del fondo del canal, a la que designaremos como S_0.

De esta manera la ecuación de Chezy quedaría de la forma:

$$\boldsymbol{v} = C\sqrt{RS_0}$$

Las experiencias realizadas por Manning indican que el coeficiente C de Chezy no es constante, sino que depende del material del conducto y de la geometría de la sección mojada, a través del radio hidráulico R, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{C} = \frac{1}{n}R^{1/6}$$

Siendo n el coeficiente de rugosidad de Manning, el mismo que ha sido ampliamente experimentado y cuyos valores se encuentran compilados en varios manuales de hidráulica y otros son suministrados por las casas fabricantes de las tuberías.

Sustituyendo la ecuación anterior en la de Chezy se obtiene:

$$v = \frac{R^{2/3}S_0^{1/2}}{n}$$

Aplicando la ecuación de la continuidad Q = v.A e introduciendo un factor ϕ para el sistema de unidades:

$$Q = \frac{\varphi A R^{2/3}S_0^{1/2}}{n} = \frac{\varphi A^{5/3}S_0^{1/2}}{nP^{2/3}}$$

Para el sistema internacional ϕ = 1; para el sistema inglés ϕ = 1.486

La introducción del factor ϕ en la ecuación es de absoluta importancia, en vista de que la ecuación de Manning no es dimensionalmente homogénea. Si no se introduce este factor, los coeficientes de rugosidad de Manning no tendrían carácter universal, sino que presentarían valores diferentes según el sistema de unidades que se usen, esto llevaría a una gran confusión y permitiría errores en su aplicación si no se tiene un cuidado especial. Para sección llena:

$A = \pi D^2 / 4$

$P = \pi D.$

$R = D / 4;$

$$Q = 0.3117\frac{\varphi D^{8/3}S_0^{1/2}}{n}$$

$$D = 1.5483\left(\frac{nQ}{\varphi S_0^{1/2}}\right)^{3/8}$$

Para el diseño de la tubería se utiliza la fórmula de Manning, cuya expresión es:

$$v = \frac{R^{2/3} S_0^{1/2}}{n}$$

Donde:

- **V** = Velocidad (m/s)
- **J** = Pendiente de la tubería (%)
- **R** = Radio hidráulico
- **n** = Coeficiente de rugosidad de Manning

4.5.3. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

El coeficiente de rugosidad de Manning es estimado a partir de mediciones de laboratorio y de campo y depende en general del tipo de material del conducto. En el diseño de redes de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales, deben usarse valores de coeficientes de rugosidad que representen adecuadamente el efecto friccional en las condiciones de servicio que el colector experimentará durante su vida útil. Estas condiciones de servicio dependen de varios factores:

- Material del conducto
- Forma y tamaño del conducto
- Profundidad del flujo
- Tipo de uniones
- Número de uniones por unidad de longitud
- Desalineamiento horizontal del conducto
- Desalineamiento vertical del conducto por efecto de las uniones
- Depósito de material en el conducto
- Entrada de flujos laterales puntuales al conducto.
- Penetración de raíces
- Deformación del colector.

Tabla 19. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning

MATERIAL	n
CONDUCTOS CERRADOS	
Asbesto - cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0.012 - 0.015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0.015 - 0.017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026

Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Fuente: RAS Colombia 2000

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) se adoptará los valores de la siguiente tabla:

Tabla 20. Coeficiente de rugosidad de Manning Norma CO 10.07-601

Material	Coeficiente de rugosidad
Hormigón simple	
Con uniones de mortero	0.013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	0.013
Asbesto cemento	0.011
Plástico	0.011

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

Las suposiciones básicas del método racional, con respecto a la relación entre la intensidad de lluvia de diseño, tiempo de concentración y el caudal de escorrentía, no justifican la corrección de C con el tiempo, por lo tanto, en la aplicación del método racional se utilizará un valor constante del coeficiente C.

Si bien el coeficiente varía con respecto al material, se podrá considerar un coeficiente uniforme debido a la película biológica producida por el paso del agua residual a través de la tubería.

El coeficiente de rugosidad en alcantarillados sanitarios puede tomar valores entre 0.009 y 0.013.

Para tubería de PVC se adopta un valor de n=0.011, y Hormigón Armado de n=0.013.

4.5.4. VELOCIDAD MÍNIMA

Las aguas residuales fluyen por un periodo largo a bajas velocidades, los sólidos transportados pueden depositarse dentro de los colectores. En consecuencia, se debe disponer regularmente de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para lograr este objetivo, se establece la velocidad mínima como criterio de diseño.

Según el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, norma CO 10.07-601, la velocidad mínima en alcantarillado sanitario no debe ser menor a 0.60 m/s, y que preferiblemente sea mayor a 0.90 m/s, para impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido.

La capacidad hidráulica del sistema debe ser suficiente para el caudal de diseño, con una velocidad de flujo que produzca autolimpieza.

Si la velocidad es menor que la mínima debido a la topografía, se diseñará un programa especial de limpieza y mantenimiento para los tramos afectados.

4.5.5. VELOCIDAD MÁXIMA

Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores por gravedad dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión., para tuberías de Hormigón Armado la Vmax, será hasta de 10 m/s, debido a la gran cantidad de material que entra a la tubería en los eventos de alta pluviosidad, y es más resistente a la abrasión.

La Norma CO 10.07-601 recomienda los siguientes valores de velocidad máxima:

Tabla 21. Velocidades máximas a tubo lleno recomendadas

Material	Velocidad máxima (m/s)
Hormigón simple Con uniones de mortero	4.00
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3.50 - 4.00
Asbesto cemento	4.50 - 5.00
Plástico	4.50

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

Para aguas con cantidades no significativas de sedimentos suspendidos, la velocidad máxima es función del material de la tubería. En la medida en que el tamaño de los sólidos aumenta, se debe reducir la velocidad a causa de la posible abrasión de la tubería, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 22. Velocidad máxima para tuberías de alcantarillado, m/s

Material de la tubería	Agua con sedimentos coloidales (m/s)	Agua con fragmentos de arena y grava (m/s)
Ladrillo común	3	2
Ladrillo vitrificado y gres	5	3.3
Concreto (Kg/cm2)		
140	3	2
210	5	3.3
250	6	4
280	6.5	4.3
315	7.5	5
Concreto reforzado mayor de 280 Kg/cm2 y curado al vapor	10	6.6
Cloruro de polivinilo (PVC)	10	10

Fuente: Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado, López Cualla.

Tabla 23. Velocidades máximas permisibles

Tipo de material	V (m/s)
Ladrillo común	3.00
Ladrillo vitrificado y gres	5.00
Concreto	5.00
PVC	10.00

Fuente: RAS Colombia 2000

4.5.6. DIÁMETRO INTERNO MÍNIMO

El diámetro interno mínimo en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales es de 200mm, con el fin de evitar obstrucciones de los conductos por objetos relativamente grandes introducidos al sistema.

En el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, indica los siguientes valores:

Tabla 24. Diámetro mínimo en sistemas de alcantarillado.

Sistema	Diámetro interno (mm)
Alcantarillado sanitario	200
Alcantarillado pluvial	250
Alcantarillado combinado	250

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

Las conexiones domiciliarias en alcantarillado tendrán un diámetro mínimo de 0.10 m para sistemas sanitarios y 0.15 m para sistemas pluviales y una pendiente mínima de 1 %.

4.5.7. PENDIENTES.

Las mínimas pendientes del proyecto estarán determinadas por las condiciones de trabajo de la tubería en flujo parcial y la facilidad constructiva en la instalación de las tuberías, procurando seguir las pendientes naturales del terreno, a fin de que funcionen como canales.

4.5.8. PROFUNDIDADES.

Para el diseño de la red de alcantarillado se ha previsto que las tuberías tengan la pendiente suficiente, de manera que permitan desalojar a gravedad las aguas servidas y asegurar también un relleno adecuado que garantice la protección de la tubería a la acción de cargas propias del relleno y sobrecargas vivas. Por lo que se considerará como profundidad mínima sobre la clave de la tubería 1.20 m.

Las profundidades de los pozos de alcantarillado condominial serán menores a 1.00 m

Se tomará en cuenta la ubicación de las tuberías respecto de la red de agua potable, estableciendo que la red de alcantarillado sanitario se encuentre a 0.30 m por debajo cuando sean paralelas entre sí y 0.20 m cuando se crucen, o en su defecto por la profundidad dada en el diseño.

En los tramos críticos las tuberías deberán quedar protegidas mínimo con 0.90 m de relleno compactado de acuerdo a los niveles de construcción de los sistemas de alcantarillado proyectados; para así asegurar el normal funcionamiento de las mismas.

La profundidad máxima se fijó de acuerdo a consideraciones de economía de la comunidad, tipo de material, pendiente del terreno y cargas actuantes sobre la tubería; pero fundamentalmente se tomó en cuenta que todo el sistema funcione a gravedad.

4.5.9. POZOS DE REVISIÓN.

Los trabajos de nivelación de los ejes viales permitieron definir en campo los puntos de deflexión horizontal, en los cuales es necesario considerar pozos de revisión. El análisis de los perfiles verticales permitió a su vez definir la ubicación de pozos adicionales que permitan efectuar deflexiones verticales de los colectores, de manera que aquellos se ajusten al perfil del terreno, cuidando que su profundidad de instalación se encuentre en un rango de valores adecuados y que además permita recibir los aportes previstos a través de las conexiones domiciliarias, así como de colectores transversales.

Los pozos de revisión se proyectarán en los siguientes casos:

- Al inicio de los tramos de cabecera
- En los cambios de dirección
- En los cambios de diámetro en las tuberías
- En la intersección de varias tuberías
- Tramos mayores a 100 metros

Los pozos de salto se diseñarán cuando el desnivel entre la tubería de llegada y de salida tenga valores iguales o superiores a 0.60 m. Para cuando se presenten condiciones especiales se diseñarán estructuras especiales, justificando su óptimo funcionamiento hidráulico y una fácil operación y mantenimiento.

Los pozos de revisión en general tendrán las siguientes características:

- Estructura de Hormigón Simple
- Forma cilíndrica cuyo diámetro interior igual a 1.00 m y paredes de espesor igual a 0.20 m.
- Tapa de Hormigón Armado, cuyo diámetro es igual a 0.60 m, la cual ira sujeta al cerco metálico de hierro.

La distancia máxima entre pozos de revisión se indica en la siguiente tabla:

Tabla 25. Distancia entre pozos de revisión

Distancia máxima (m)	Diámetro de pozos
100	< 350 mm
150	400-800 mm
200	> 800 mm

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

Los diámetros recomendados de los pozos de revisión son los siguientes:

Tabla 26. Diámetros recomendados de pozos de revisión.

Diámetro de la tubería mm	Diámetro del pozo mm
menor e igual 550	0.9
mayor a 550	diseño especial

Fuente: Código Ecuatoriano: Norma CO 10.07-601

4.6. CRITERIO DE TRAZADO DE REDES

Se observan los siguientes criterios básicos aplicables a estos sistemas:

- En general los colectores seguirán la pendiente de las vías para minimizar los cortes.
- El enlace de tramos de colector en los cambios de alineación, pendiente o unión de varios tramos se efectuará a través de pozos convencionales, los cuales brindan mayores facilidades para la operación del sistema.

4.7. CRITERIOS DE DISEÑO

Durante el funcionamiento del sistema de alcantarillado, se debe cumplir la condición de autolimpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables heces y otros productos de desecho) en los colectores.
La eliminación continua de sedimentos es costosa y en caso de falta de mantenimiento se pueden generar problemas de obstrucción taponamiento.
Para los cálculos hidráulicos, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

4.7.1. ECUACIÓN DE MANNING

$$\boldsymbol{V} = \frac{1}{n}.Rh^{\frac{2}{3}}.J^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- **V :** Velocidad, en m/s
- **N :** Coeficiente de rugosidad de Manning adimensional
- **RH :** Radio hidráulico, en m
- **J :** Pendiente, en m/m

4.7.2. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

$$\boldsymbol{Q} = V.A$$

Donde:

- **Q:** Caudal, en m3/s
- **A**: Área de la sección, en m2
- **V**: Velocidad, en m/s

Los cálculos de las figuras de los sectores y segmentos circulares y relaciones trigonométricas, fueron obtenidos de la siguiente figura:

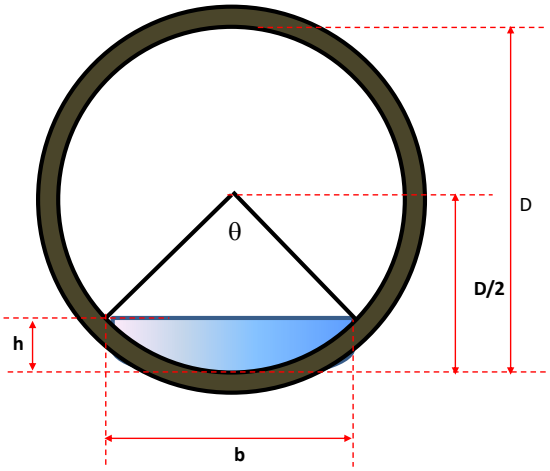


Figura 5. Esquema sección transversal tubería. (Fuente: DGAPA)

4.7.3. SECCIÓN LLENA

Las relaciones geométricas para la sección circular son:

a. Área:

$$A = \frac{\pi . D^2}{4}$$

b. Perímetro:

$$P = \pi . D$$

c. Radio hidráulico:

$$Rh = \frac{D}{4}$$

d. Velocidad:

$$V = \frac{0.397}{n} \ . D^{\frac{2}{3}} \ . J^{\frac{2}{3}}$$

4.7.4. SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA

a. Angulo Central

$$\theta = 2.\arccos\left(1 - \frac{2.h}{D}\right)$$

b. Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{D}{4}.\left(1 - \frac{360.sen\theta}{2\pi\theta}\right)$$

c. Velocidad

$$V = \frac{0.397.D^{\frac{2}{3}}}{n}.\left(1 - \frac{360.sen\theta}{2\pi\theta}\right)^{\frac{5}{3}}.J^{\frac{1}{2}}$$

d. Caudal

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257{,}15.n.\left(2\pi\theta^{\frac{2}{3}}\right)}.(2\pi\theta - 360sen\theta)^{\frac{5}{3}}.J^{\frac{1}{2}}$$

4.7.5. RELACIONES DE TIRANTES, VELOCIDADES Y CAUDALES

a) Relación de tirantes:

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2}.(1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right))$$

b) Relación de velocidades:

$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{360\ .sen\theta}{2.\pi.\theta}\right)^{\frac{2}{3}}$$

c) Relación de caudales:

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{\theta}{360} - \frac{sen\theta}{2\pi}\right).\left(1 - \frac{360.sen\theta}{2\pi\theta}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

- **D**: Diámetro (m)
- **h**: Tirante de agua, (m)

4.8. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS COLECTORES

El diseño hidráulico de los conductos para la evacuación tanto de aguas provenientes de las lluvias, así como de aguas residuales domésticas, residuales industriales, residuales comerciales e institucionales, se basa fundamentalmente en la resolución de la ecuación de movimiento para conductos cerrados trabajando parcialmente llenos, es decir, con la presencia de una superficie en contacto con la atmósfera, llamada superficie libre.

De entre todas las ecuaciones que se han propuesto, la de Manning ha demostrado ser una de las más adecuadas en el sentido de que, para un gran rango de caudales, los valores calculados coinciden, dentro de una razonable precisión, con los valores medidos a través de numerosas experiencias. Por esta razón, para el diseño del alcantarillado en el presente estudio, se usará la ecuación de Manning.

Los colectores que formarán parte del sistema de alcantarillado se diseñarán con una relación: calado/diámetro interno (Y/D) ≤ r, siendo r un valor menor a la unidad (0.70-0.90) que depende del diámetro interior de la tubería, o de la relación entre el caudal transportado a sección parcialmente llena y el caudal a sección llena. De esta manera, se mantendrán siempre las condiciones de flujo a gravedad en los colectores.

Basados en la información topográfica de la zona, los perfiles de los ejes viales y los criterios y parámetros de diseño expuestos, se efectuaron los diseños hidráulicos de los nuevos colectores.

Para la determinación de caudales y cálculo de los colectores, se ha empleado una hoja de cálculo preparada en EXCEL, considera las variaciones de ciertos parámetros de las áreas aportantes como: densidad, dotación, material, así como la configuración de las redes de recolección que integran colectores.

Los planos correspondientes tanto en planta como en perfil, detallan las características geométricas de los colectores y sus correspondientes datos de operación hidráulica.

En el proceso de cálculo se establece el caudal acumulado en el respectivo tramo luego se asume el diámetro y la pendiente de la tubería.

Se determina la relación q/Q y luego se determina en el gráfico las relaciones d/D y v/V.

q	=	Caudal parcial	[l/s]
Q	=	Caudal a tubo lleno	[l/s]
v	=	Velocidad parcial	[m/s]
V	=	Velocidad a tubo lleno	[m/s]

Para encontrar la velocidad y caudal a sección llena se utiliza la ecuación de Manning.

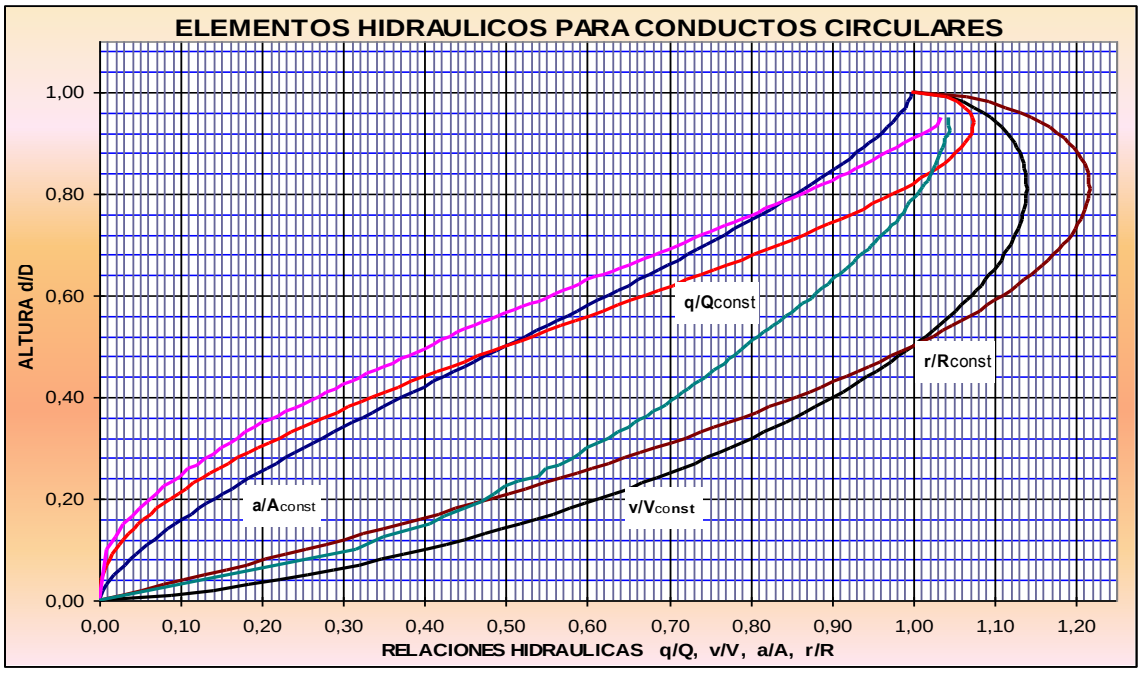
En el programa de cálculo estas curvas se encuentran ajustadas a diferentes tipos de ecuaciones que se utilizan para obtener los valores respectivos.

Tabla 27. Ecuaciones para la construcción de las curvas de relaciones hidráulicas

RELACIONES	FORMULAS
$\frac{h}{D}$	Ingresar valores que varien de 0 a 1
θ	$\theta = 2arcCos\left[1 - 2\frac{h}{D}\right]$
$\frac{a}{A}$	$\frac{a}{A} = 0.15915494\left[\theta - Sen\theta\right]$
$\frac{r}{R}$	$\frac{r}{R} = \left[1 - \frac{Sen\theta}{\theta}\right]$
$\frac{v}{V}$	$\frac{v}{V} = \left[1 - \frac{Sen\theta}{\theta}\right]$
$\frac{q}{Q}$	$\frac{q}{Q} = 0.15915494\frac{\left[\theta - Sen\theta\right]^{5/3}}{\theta^{2/3}}$

Por consiguiente, el valor de θ depende de la relación y/D. Esto nos permite confeccionar, con la ayuda de las ecuaciones anteriores, curvas, que sirven para el diseño hidráulico de secciones circulares funcionando parcialmente llenas.

El valor de la relación y/D para caudal máximo es: y/D = 0.93818



4.9. RESULTADOS OBTENIDOS COLECTORES ALCANTARILLADO SANITARIO

Los resultado obtenidos se identifican en la suguiente tabla:

Tabla 29. Dimensionamiento de los colectores- Alcantarillado Sanitario

DESCRIPCIÓN	POZO No.			DOMICILIARIAS		POBLACION			AGUAS SERVIDAS					CAUDAL		AGUAS ILICITAS		Q.diseño
	Inicial	Final	LONGITUD	#	DENSIDAD	DENSIDAD x # domiciliarias		Población futura	Qmd (l/s)		Factor	Q2=M*Qmd	Diseño	INFILTRACION		Qilict * Población		lt/seg
			m	u	hab/viv	Parcial	Acumulado	Acumulado	Parcial	T-SRS	M	Acumulado		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	QMI+Qinf+Qilic
PTAR 01																		
	PZ S1-1	PZ S1-3	26.63	2	4.00	8	8	9	0.015	0.017	3.34	0.056	2.200	0.003	0.003	0.007	0.007	2.210
	PZ S1-3	PZ S1-4	44.4	6	4.00	24	44	50	0.044	0.093	3.34	0.309	2.200	0.004	0.009	0.022	0.041	2.250
	PZ S1-4	PZ S1-5	38.17	1	4.00	4	48	55	0.007	0.102	3.34	0.340	2.200	0.004	0.013	0.004	0.044	2.257
	PZ S1-5	PZ S1-6	22.03	1	4.00	4	52	59	0.007	0.109	3.34	0.365	2.200	0.002	0.015	0.004	0.048	2.263
	PZ S1-6	PZ S1-7	49.62	2	4.00	8	124	141	0.015	0.261	3.34	0.872	2.200	0.005	0.030	0.007	0.115	2.345
	PZ S1-7	PZ S1-8	45.49	1	4.00	4	160	182	0.007	0.337	3.34	1.126	2.200	0.005	0.044	0.004	0.148	2.392
	PZ S1-8	PZ S1-9	55.18	0	4.00	0	160	182	0.000	0.337	3.34	1.126	2.200	0.006	0.049	0.000	0.148	2.397
	PZ S1-9	PZ S1-10	55.76	2	4.00	8	168	191	0.015	0.354	3.34	1.181	2.200	0.006	0.055	0.007	0.156	2.410
	PZ S1-10	PZ S1-11	52.72	6	4.00	24	192	219	0.044	0.406	3.34	1.355	2.200	0.005	0.060	0.022	0.178	2.438
	PZ S1-11	PZ S1-12	55.38	6	4.00	24	216	246	0.044	0.456	3.34	1.522	2.200	0.006	0.065	0.022	0.200	2.465
	PZ S1-12	PZ S1-13	78.54	10	4.00	40	256	291	0.074	0.539	3.34	1.800	2.200	0.008	0.073	0.037	0.237	2.510
	PZ S1-13	PZ S1-14	31.61	1	4.00	4	260	296	0.007	0.548	3.34	1.831	2.200	0.003	0.076	0.004	0.241	2.517
	PZ S1-14	PZ S1-15	14.92	0	4.00	0	260	296	0.000	0.548	3.34	1.831	2.200	0.001	0.078	0.000	0.241	2.519

	PZ S1-2	PZ S1-3	19.94	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.002	0.002	0.011	0.011	2.213
	PZ S1-25	PZ S1-24	47.09	10	4.00	40	40	46	0.074	0.085	3.34	0.285	2.200	0.005	0.005	0.037	0.037	2.242
	PZ S1-24	PZ S1-6	50	6	4.00	24	64	73	0.044	0.135	3.34	0.452	2.200	0.005	0.010	0.022	0.059	2.269
	PZ S1-27	PZ S1-26	49.42	5	4.00	20	20	23	0.037	0.043	3.34	0.142	2.200	0.005	0.005	0.019	0.019	2.223
	PZ S1-26	PZ S1-7	42.96	3	4.00	12	32	36	0.022	0.067	3.34	0.223	2.200	0.004	0.009	0.011	0.030	2.239
	PZ S1-69	PZ S1-68	27.51	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.003	0.003	0.011	0.011	2.214
	PZ S1-68	PZ S1-67	80.17	5	4.00	20	80	91	0.037	0.169	3.34	0.563	2.200	0.008	0.018	0.019	0.074	2.292
	PZ S1-67	PZ S1-22	92.44	3	4.00	12	92	105	0.022	0.194	3.34	0.649	2.200	0.009	0.027	0.011	0.085	2.312
	PZ S1-22	PZ S1-21	36.43	4	4.00	16	152	173	0.030	0.320	3.34	1.070	2.200	0.004	0.044	0.015	0.141	2.385
	PZ S1-21	PZ S1-20	55.33	7	4.00	28	180	205	0.052	0.380	3.34	1.268	2.200	0.006	0.050	0.026	0.167	2.416
	PZ S1-20	PZ S1-19	6.79	1	4.00	4	184	209	0.007	0.387	3.34	1.293	2.200	0.001	0.050	0.004	0.170	2.421
	PZ S1-19	PZ S1-18A	45.36	5	4.00	20	408	464	0.037	0.859	3.34	2.870	2.870	0.005	0.089	0.019	0.378	3.337
	PZ S1-18A	PZ S1-18	39.01	10	4.00	40	448	510	0.074	0.944	3.34	3.154	3.154	0.004	0.093	0.037	0.415	3.663
	PZ S1-18	PZ S1-17	28.87	4	4.00	16	464	528	0.030	0.978	3.34	3.266	3.266	0.003	0.096	0.015	0.430	3.792
	PZ S1-17	PZ S1-16	53.48	5	4.00	20	888	1,011	0.037	1.872	3.34	6.253	6.253	0.005	0.201	0.019	0.822	7.277
	PZ S1-16	PZ S1-15	51.36	3	4.00	12	900	1,025	0.022	1.898	3.34	6.340	6.340	0.005	0.206	0.011	0.833	7.380
	PZ S1-23	PZ S1-22	84.18	8	4.00	32	32	36	0.059	0.067	3.34	0.223	2.200	0.008	0.008	0.030	0.030	2.238
	PZ S1-66	PZ S1-22	47.40	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.005	0.005	0.011	0.011	2.216
	PZ S1-70	PZ S1-68	72.74	12	4.00	48	48	55	0.089	0.102	3.34	0.340	2.200	0.007	0.007	0.044	0.044	2.252

	PZ S1-62	PZ S1-61	57.86	8	4.00	32	32	36	0.059	0.067	3.34	0.223	2.200	0.006	0.006	0.030	0.030	2.235
	PZ S1-61	PZ S1-60	51.84	7	4.00	28	60	68	0.052	0.126	3.34	0.421	2.200	0.005	0.011	0.026	0.056	2.267
	PZ S1-60	PZ S1-59	30.23	3	4.00	12	72	82	0.022	0.152	3.34	0.507	2.200	0.003	0.014	0.011	0.067	2.281
	PZ S1-59	PZ S1-58	39.73	2	4.00	8	80	91	0.015	0.169	3.34	0.563	2.200	0.004	0.018	0.007	0.074	2.292
	PZ S1-58	PZ S1-19	49.26	5	4.00	20	204	232	0.037	0.430	3.34	1.435	2.200	0.005	0.035	0.019	0.189	2.424
	PZ S1-63	PZ S1-58	64.80	14	4.00	56	56	64	0.104	0.119	3.34	0.396	2.200	0.006	0.006	0.052	0.052	2.258
	PZ S1-65	PZ S1-64	53.95	8	4.00	32	32	36	0.059	0.067	3.34	0.223	2.200	0.005	0.005	0.030	0.030	2.235
	PZ S1-64	PZ S1-58	52.87	12	4.00	48	48	55	0.089	0.102	3.34	0.340	2.200	0.005	0.005	0.044	0.044	2.250
	PZ S1-46	PZ S1-45	75.16	12	4.00	48	48	55	0.089	0.102	3.34	0.340	2.200	0.008	0.008	0.044	0.044	2.252
	PZ S1-45	PZ S1-44	51.46	2	4.00	8	108	123	0.015	0.228	3.34	0.761	2.200	0.005	0.023	0.007	0.100	2.323
	PZ S1-44	PZ S1-43	46.46	2	4.00	8	116	132	0.015	0.244	3.34	0.816	2.200	0.005	0.027	0.007	0.107	2.335
	PZ S1-43	PZ S1-42	41.39	2	4.00	8	124	141	0.015	0.261	3.34	0.872	2.200	0.004	0.031	0.007	0.115	2.346
	PZ S1-42	PZ S1-41	42.52	3	4.00	12	136	155	0.022	0.287	3.34	0.959	2.200	0.004	0.036	0.011	0.126	2.362
	PZ S1-41	PZ S1-40	40.36	4	4.00	16	152	173	0.030	0.320	3.34	1.070	2.200	0.004	0.040	0.015	0.141	2.380
	PZ S1-40	PZ S1-39	55.16	4	4.00	16	168	191	0.030	0.354	3.34	1.181	2.200	0.006	0.045	0.015	0.156	2.401
	PZ S1-39	PZ S1-38	30.30	3	4.00	12	180	205	0.022	0.380	3.34	1.268	2.200	0.003	0.048	0.011	0.167	2.415
	PZ S1-38	PZ S1-37	6.78	1	4.00	4	184	209	0.007	0.387	3.34	1.293	2.200	0.001	0.049	0.004	0.170	2.419
	PZ S1-37	PZ S1-36	39.02	1	4.00	4	188	214	0.007	0.396	3.34	1.324	2.200	0.004	0.053	0.004	0.174	2.427
	PZ S1-36	PZ S1-35	28.46	2	4.00	8	196	223	0.015	0.413	3.34	1.379	2.200	0.003	0.056	0.007	0.181	2.437
	PZ S1-35	PZ S1-34	36.03	3	4.00	12	208	237	0.022	0.439	3.34	1.466	2.200	0.004	0.059	0.011	0.193	2.452

	PZ S1-34	PZ S1-33	32.00	3	4.00	12	220	250	0.022	0.463	3.34	1.546	2.200	0.003	0.062	0.011	0.204	2.466
	PZ S1-33	PZ S1-32	33.89	2	4.00	8	228	260	0.015	0.481	3.34	1.608	2.200	0.003	0.066	0.007	0.211	2.477
	PZ S1-32	PZ S1-31	34.00	4	4.00	16	244	278	0.030	0.515	3.34	1.719	2.200	0.003	0.069	0.015	0.226	2.495
	PZ S1-31	PZ S1-30	52.73	3	4.00	12	256	291	0.022	0.539	3.34	1.800	2.200	0.005	0.075	0.011	0.237	2.512
	PZ S1-30	PZ S1-17	49.13	4	4.00	16	404	460	0.030	0.852	3.34	2.845	2.845	0.005	0.100	0.015	0.374	3.319
	PZ S1-52	PZ S1-51	48.95	8	4.00	32	32	36	0.059	0.067	3.34	0.223	2.200	0.005	0.005	0.030	0.030	2.235
	PZ S1-51	PZ S1-45	50.64	5	4.00	20	52	59	0.037	0.109	3.34	0.365	2.200	0.005	0.010	0.019	0.048	2.258
	PZ S1-57	PZ S1-56	52.44	7	4.00	28	28	32	0.052	0.059	3.34	0.198	2.200	0.005	0.005	0.026	0.026	2.231
	PZ S1-56	PZ S1-56 A	22.57	3	4.00	12	40	46	0.022	0.085	3.34	0.285	2.200	0.002	0.008	0.011	0.037	2.245
	PZ S1-56 A	PZ S1-55	45.03	9	4.00	36	76	87	0.067	0.161	3.34	0.538	2.200	0.005	0.012	0.033	0.070	2.282
	PZ S1-55	PZ S1-30	81.79	14	4.00	56	132	150	0.104	0.278	3.34	0.928	2.200	0.008	0.020	0.052	0.122	2.342
LLEGADA A LA PLANTA 1	PZ S1-15	PZ S1-28	50.17	2	4.00	8	1,168	1,330	0.015	2.463	3.34	8.226	8.226	0.005	0.289	0.007	1.241	9.757
LLEGADA A LA PLANTA 1	PZ S1-28	PZ-PTAR 1	26.54	3	4.00	12	1,180	1,343	0.022	2.487	3.34	8.307	8.307	0.003	0.292	0.011	1.253	**9.851**
PTAR 02																		
	PZ S2-1	PZ S2-2	37.73	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.004	0.004	0.011	0.011	2.215
	PZ S2-2	PZ S2-3	78.81	4	4.00	16	28	32	0.030	0.059	3.34	0.198	2.200	0.008	0.012	0.015	0.026	2.238
	PZ S2-3	PZ S2-4	52.27	2	4.00	8	116	132	0.015	0.244	3.34	0.816	2.200	0.005	0.048	0.007	0.107	2.356
	PZ S2-4	PZ S2-5	33.81	2	4.00	8	212	241	0.015	0.446	3.34	1.491	2.200	0.003	0.079	0.007	0.196	2.475
	PZ S2-5	PZ S2-6	57.71	1	4.00	4	228	260	0.007	0.481	3.34	1.608	2.200	0.006	0.094	0.004	0.200	2.494
	PZ S2-6	PZ S2-7	25.64	1	4.00	4	260	296	0.007	0.548	3.34	1.831	2.200	0.003	0.118	0.004	0.204	2.522

	PZ S2-7	PZ S2-8	30.56	1	4.00	4	264	301	0.007	0.557	3.34	1.862	2.200	0.003	0.121	0.004	0.207	2.529
	PZ S2-8	PZ S2-9	33.07	2	4.00	8	272	310	0.015	0.574	3.34	1.917	2.200	0.003	0.125	0.007	0.215	2.539
	PZ S2-9	PZ S2-10	26.02	1	4.00	4	276	314	0.007	0.581	3.34	1.942	2.200	0.003	0.127	0.004	0.219	2.546
	PZ S2-10	PZ S2-11	49.90	1	4.00	4	280	319	0.007	0.591	3.34	1.973	2.200	0.005	0.132	0.004	0.222	2.554
	PZ S2-11	PZ S2-12	22.56	2	4.00	8	288	328	0.015	0.607	3.34	2.029	2.200	0.002	0.134	0.007	0.230	2.564
	PZ S2-12	PZ S2-13	18.42	2	4.00	8	296	337	0.015	0.624	3.34	2.084	2.200	0.002	0.136	0.007	0.237	2.573
	PZ S2-13	PZ S2-14	24.04	3	4.00	12	308	351	0.022	0.650	3.34	2.171	2.200	0.002	0.139	0.011	0.248	2.587
	PZ S2-14	PZ S2-15	71.45	5	4.00	20	328	373	0.037	0.691	3.34	2.307	2.307	0.007	0.146	0.019	0.267	2.720
	PZ S2-15	PZ S2-16	36.75	1	4.00	4	332	378	0.007	0.700	3.34	2.338	2.338	0.004	0.149	0.004	0.270	2.758
	PZ S2-16	PZ S2-17	43.23	1	4.00	4	336	382	0.007	0.707	3.34	2.363	2.363	0.004	0.154	0.004	0.354	2.871
LLEGADA A LA PLANTA 2	PZ S2-17	PZ-PTAR 2	12.73	1	4.00	4	340	387	0.007	0.717	3.34	2.394	2.394	0.001	0.155	0.004	0.358	**2.907**
	PZ S2-21	PZ S2-20	70.59	6	4.00	24	24	27	0.044	0.050	3.34	0.167	2.200	0.007	0.007	0.022	0.022	2.229
	PZ S2-20	PZ S2-19	24.30	3	4.00	12	72	82	0.022	0.152	3.34	0.507	2.200	0.002	0.018	0.011	0.067	2.285
	PZ S2-19	PZ S2-18	45.25	3	4.00	12	84	96	0.022	0.178	3.34	0.594	2.200	0.005	0.023	0.011	0.078	2.301
	PZ S2-18	PZ S2-4	45.14	1	4.00	4	88	100	0.007	0.185	3.34	0.619	2.200	0.005	0.027	0.004	0.081	2.309
	PZ S2-22	PZ S2-20	87.87	9	4.00	36	36	41	0.067	0.076	3.34	0.254	2.200	0.009	0.009	0.033	0.033	2.242
	PZ S2-27	PZ S2-26	65.73	1	4.00	4	4	5	0.007	0.009	3.34	0.031	2.200	0.007	0.007	0.004	0.004	2.210
	PZ S2-26	PZ S2-25	58.50	1	4.00	4	8	9	0.007	0.017	3.34	0.056	2.200	0.006	0.012	0.004	0.007	2.220
	PZ S2-25	PZ S2-24	57.69	5	4.00	20	28	32	0.037	0.059	3.34	0.198	2.200	0.006	0.018	0.019	0.026	2.244
	PZ S2-24	PZ S2-23	62.06	7	4.00	28	56	64	0.052	0.119	3.34	0.396	2.200	0.006	0.024	0.026	0.052	2.276

	PZ S2-23	PZ S2-3	71.86	6	4.00	24	80	91	0.044	0.169	3.34	0.563	2.200	0.007	0.032	0.022	0.074	2.306
	PZ S2-29	PZ S2-28	52.34	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.005	0.005	0.011	0.011	2.216
	PZ S2-28	PZ S2-5	41.53	0	4.00	0	12	14	0.000	0.026	3.34	0.087	2.200	0.004	0.009	0.000	0.011	2.220
	PZ S2-36	PZ S2-35	62.73	2	4.00	8	8	9	0.015	0.017	3.34	0.056	2.200	0.006	0.006	0.007	0.007	2.214
	PZ S2-35	PZ S2-34	40.17	1	4.00	4	12	14	0.007	0.026	3.34	0.087	2.200	0.004	0.010	0.004	0.011	2.221
	PZ S2-34	PZ S2-33	41.60	2	4.00	8	20	23	0.015	0.043	3.34	0.142	2.200	0.004	0.014	0.007	0.019	2.233
	PZ S2-33	PZ S2-32	26.42	2	4.00	8	28	32	0.015	0.059	3.34	0.198	2.200	0.003	0.017	0.007	0.026	2.243
	PZ S2-32	PZ S2-31	26.34	0	4.00	0	28	32	0.000	0.059	3.34	0.198	2.200	0.003	0.020	0.000	0.026	2.246
	PZ S2-31	PZ S2-6	15.90	0	4.00	0	28	32	0.000	0.059	3.34	0.198	2.200	0.002	0.021	0.000	0.026	2.247
PTAR 03																		
	PZ S3-1	PZ S3-1A	33.12	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.003	0.003	0.011	0.011	2.214
	PZ S3-1A	PZ S3-2	27.44	3	4.00	12	24	27	0.022	0.050	3.34	0.167	2.200	0.003	0.006	0.011	0.022	2.228
	PZ S3-2	PZ S3-3	14.06	0	4.00	0	32	36	0.000	0.067	3.34	0.223	2.200	0.001	0.012	0.000	0.030	2.241
	PZ S3-3	PZ S3-4	60.03	4	4.00	16	56	64	0.030	0.119	3.34	0.396	2.200	0.006	0.022	0.015	0.052	2.273
	PZ S3-4	PZ S3-5	10.19	0	4.00	0	60	68	0.000	0.126	3.34	0.421	2.200	0.001	0.026	0.000	0.056	2.281
	PZ S3-5	PZ S3-6	69.31	5	4.00	20	84	96	0.037	0.178	3.34	0.594	2.200	0.007	0.036	0.019	0.078	2.314
	PZ S3-6	PZ S3-7	68.27	1	4.00	4	108	123	0.007	0.228	3.34	0.761	2.200	0.007	0.050	0.004	0.100	2.350
	PZ S3-7	PZ S3-8	70.31	3	4.00	12	140	159	0.022	0.294	3.34	0.983	2.200	0.007	0.063	0.011	0.130	2.392
	PZ S3-8	PZ S3-9	12.59	1	4.00	4	196	223	0.007	0.413	3.34	1.379	2.200	0.001	0.094	0.004	0.181	2.476
	PZ S3-9	PZ S3-10	61.45	5	4.00	20	228	260	0.037	0.481	3.34	1.608	2.200	0.006	0.106	0.019	0.211	2.517
	PZ S3-10	PZ S3-11	13.60	1	4.00	4	232	264	0.007	0.489	3.34	1.633	2.200	0.001	0.107	0.004	0.215	2.522

	PZ S3-11	PZ S3-12	42.23	6	4.00	24	256	291	0.044	0.539	3.34	1.800	2.200	0.004	0.112	0.022	0.237	2.549
	PZ S3-12	PZ S3-13	81.62	10	4.00	40	296	337	0.074	0.624	3.34	2.084	2.200	0.008	0.120	0.037	0.274	2.594
	PZ S3-13	PZ S3-14	21.87	2	4.00	8	304	346	0.015	0.641	3.34	2.140	2.200	0.002	0.122	0.007	0.281	2.604
	PZ S3-14	PZ S3-15	13.29	1	4.00	4	400	455	0.007	0.843	3.34	2.814	2.814	0.001	0.147	0.004	0.370	3.332
	PZ S3-15	PZ S3-16	25.27	4	4.00	16	416	474	0.030	0.878	3.34	2.932	2.932	0.003	0.150	0.015	0.385	3.467
	PZ S3-16	PZ S3-17	28.46	1	4.00	4	420	478	0.007	0.885	3.34	2.957	2.957	0.003	0.153	0.004	0.389	3.498
	PZ S3-17	PZ S3-18	28.41	0	4.00	0	420	478	0.000	0.885	3.34	2.957	2.957	0.003	0.155	0.000	0.389	3.501
	PZ S3-18	PZ S3-19	19.31	0	4.00	0	1,004	1,143	0.000	2.117	3.34	7.070	7.070	0.002	0.386	0.000	0.930	8.386
	PZ S3-34	PZ S3-2	40.73	2	4.00	8	8	9	0.015	0.017	3.34	0.056	2.200	0.004	0.004	0.007	0.007	2.211
	PZ S3-35	PZ S3-3	40.58	2	4.00	8	8	9	0.015	0.017	3.34	0.056	2.200	0.004	0.004	0.007	0.007	2.211
	PZ S3-36	PZ S3-4	32.01	1	4.00	4	4	5	0.007	0.009	3.34	0.031	2.200	0.003	0.003	0.004	0.004	2.207
	PZ S3-37	PZ S3-5	32.07	1	4.00	4	4	5	0.007	0.009	3.34	0.031	2.200	0.003	0.003	0.004	0.004	2.207
	PZ S3-40	PZ S3-39	20.02	2	4.00	8	8	9	0.015	0.017	3.34	0.056	2.200	0.002	0.002	0.007	0.007	2.209
	PZ S3-39	PZ S3-38	23.71	1	4.00	4	12	14	0.007	0.026	3.34	0.087	2.200	0.002	0.004	0.004	0.011	2.215
	PZ S3-38	PZ S3-6	24.86	2	4.00	8	20	23	0.015	0.043	3.34	0.142	2.200	0.002	0.007	0.007	0.019	2.225
	PZ S3-42	PZ S3-41	31.67	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.003	0.003	0.011	0.011	2.214
	PZ S3-41	PZ S3-7	30.28	2	4.00	8	20	23	0.015	0.043	3.34	0.142	2.200	0.003	0.006	0.007	0.019	2.225
	PZ S3-52	PZ S3-51	52.24	1	4.00	4	4	5	0.007	0.009	3.34	0.031	2.200	0.005	0.005	0.004	0.004	2.209

	PZ S3-51	PZ S3-50	13.19	2	4.00	8	12	14	0.015	0.026	3.34	0.087	2.200	0.001	0.007	0.007	0.011	2.218
	PZ S3-50	PZ S3-49	24.97	2	4.00	8	20	23	0.015	0.043	3.34	0.142	2.200	0.002	0.009	0.007	0.019	2.228
	PZ S3-49	PZ S3-48	30.33	2	4.00	8	28	32	0.015	0.059	3.34	0.198	2.200	0.003	0.012	0.007	0.026	2.238
	PZ S3-48	PZ S3-47	28.50	1	4.00	4	32	36	0.007	0.067	3.34	0.223	2.200	0.003	0.015	0.004	0.030	2.245
	PZ S3-47	PZ S3-46	15.84	0	4.00	0	32	36	0.000	0.067	3.34	0.223	2.200	0.002	0.017	0.000	0.030	2.246
	PZ S3-46	PZ S3-45	33.84	1	4.00	4	36	41	0.007	0.076	3.34	0.254	2.200	0.003	0.020	0.004	0.033	2.253
	PZ S3-45	PZ S3-44	41.20	2	4.00	8	44	50	0.015	0.093	3.34	0.309	2.200	0.004	0.024	0.007	0.041	2.265
	PZ S3-44	PZ S3-43 B	11.22	1	4.00	4	48	55	0.007	0.102	3.34	0.340	2.200	0.001	0.025	0.004	0.044	2.270
	PZ S3-43 B	PZ S3-43 A	14.55	1	4.00	4	52	59	0.007	0.109	3.34	0.365	2.200	0.001	0.027	0.004	0.048	2.275
	PZ S3-43 A	PZ S3-43	23.97	0	4.00	0	52	59	0.000	0.109	3.34	0.365	2.200	0.002	0.029	0.000	0.048	2.277
	PZ S3-43	PZ S3-8	13.11	0	4.00	0	52	59	0.000	0.109	3.34	0.365	2.200	0.001	0.030	0.000	0.048	2.278
	PZ S3-67	PZ S3-9	55.60	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.006	0.006	0.011	0.011	2.217
	PZ S3-65	PZ S3-64	59.32	5	4.00	20	20	23	0.037	0.043	3.34	0.142	2.200	0.006	0.006	0.019	0.019	2.224
	PZ S3-64	PZ S3-63	64.22	7	4.00	28	64	73	0.052	0.135	3.34	0.452	2.200	0.006	0.017	0.026	0.059	2.277
	PZ S3-63	PZ S3-14	64.96	7	4.00	28	92	105	0.052	0.194	3.34	0.649	2.200	0.006	0.024	0.026	0.085	2.309
	PZ S3-66	PZ S3-64	50.00	4	4.00	16	16	18	0.030	0.033	3.34	0.111	2.200	0.005	0.005	0.015	0.015	2.220
	PZ S3-33	PZ S3-32	61.35	4	4.00	16	16	18	0.030	0.033	3.34	0.111	2.200	0.006	0.006	0.015	0.015	2.221
	PZ S3-32	PZ S3-31	51.51	3	4.00	12	28	32	0.022	0.059	3.34	0.198	2.200	0.005	0.011	0.011	0.026	2.237
	PZ S3-31	PZ S3-30	58.25	4	4.00	16	44	50	0.030	0.093	3.34	0.309	2.200	0.006	0.017	0.015	0.041	2.258
	PZ S3-30	PZ S3-29	79.14	6	4.00	24	361	411	0.044	0.761	3.34	2.542	2.542	0.008	0.112	0.022	0.334	2.988

	PZ S3-29	PZ S3-28	48.06	4	4.00	16	389	443	0.030	0.820	3.34	2.740	2.740	0.005	0.123	0.015	0.360	3.223
	PZ S3-28	PZ S3-27	53.40	7	4.00	28	417	475	0.052	0.880	3.34	2.938	2.938	0.005	0.128	0.026	0.386	3.453
	PZ S3-27	PZ S3-26	28.96	1	4.00	4	493	561	0.007	1.039	3.34	3.470	3.470	0.003	0.163	0.004	0.456	4.090
	PZ S3-26	PZ S3-25	31.25	1	4.00	4	497	566	0.007	1.048	3.34	3.501	3.501	0.003	0.167	0.004	0.460	4.128
	PZ S3-25	PZ S3-24	41.65	0	4.00	0	497	566	0.000	1.048	3.34	3.501	3.501	0.004	0.171	0.000	0.460	4.132
	PZ S3-24	PZ S3-23	68.87	4	4.00	16	513	584	0.030	1.081	3.34	3.612	3.612	0.007	0.178	0.015	0.475	4.265
	PZ S3-23	PZ S3-22	73.16	0	4.00	0	513	584	0.000	1.081	3.34	3.612	3.612	0.007	0.185	0.000	0.475	4.272
	PZ S3-22	PZ S3-21	63.33	1	4.00	4	517	589	0.007	1.091	3.34	3.643	3.643	0.006	0.191	0.004	0.479	4.313
	PZ S3-21	PZ S3-20	42.84	1	4.00	4	521	593	0.007	1.098	3.34	3.668	3.668	0.004	0.196	0.004	0.482	4.346
	PZ S3-20	PZ S3-19	18.13	0	4.00	0	521	593	0.000	1.098	3.34	3.668	3.668	0.002	0.197	0.000	0.482	4.348
	PZ S3-105	PZ S3-29	62.89	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.006	0.006	0.011	0.011	2.217
	PZ S3-103	PZ S3-102	65.79	4	4.00	16	16	18	0.030	0.033	3.34	0.111	2.200	0.007	0.007	0.015	0.015	2.221
	PZ S3-102	PZ S3-101	97.56	7	4.00	28	44	50	0.052	0.093	3.34	0.309	2.200	0.010	0.016	0.026	0.041	2.257
	PZ S3-101	PZ S3-100	6.75	0	4.00	0	44	50	0.000	0.093	3.34	0.309	2.200	0.001	0.017	0.000	0.041	2.258
	PZ S3-100	PZ S3-27	66.21	2	4.00	8	72	82	0.015	0.152	3.34	0.507	2.200	0.007	0.032	0.007	0.067	2.299
	PZ S3-104	PZ S3-100	84.93	5	4.00	20	20	23	0.037	0.043	3.34	0.142	2.200	0.008	0.008	0.019	0.019	2.227
	PZ S3-114	PZ S3-113	63.44	7	4.00	28	28	32	0.052	0.059	3.34	0.198	2.200	0.006	0.006	0.026	0.026	2.232
	PZ S3-113	PZ S3-112	50.51	3	4.00	12	40	46	0.022	0.085	3.34	0.285	2.200	0.005	0.011	0.011	0.037	2.248
	PZ S3-112	PZ S3-111	99.23	8	4.00	32	72	82	0.059	0.152	3.34	0.507	2.200	0.010	0.021	0.030	0.067	2.288
	PZ S3-111	PZ S3-106	46.57	2	4.00	8	185	211	0.015	0.391	3.34	1.305	2.200	0.005	0.069	0.007	0.171	2.440

	PZ S3-106	PZ S3-30	51.18	5	4.00	20	293	334	0.037	0.619	3.34	2.066	2.200	0.005	0.087	0.019	0.271	2.558
	PZ S3-108	PZ S3-106	86.35	13	4.00	52	52	59	0.096	0.109	3.34	0.365	2.200	0.009	0.009	0.048	0.048	2.257
	PZ S3-107	PZ S3-106	45.57	9	4.00	36	36	41	0.067	0.076	3.34	0.254	2.200	0.005	0.005	0.033	0.033	2.238
	PZ S3-119	PZ S3-118	57.99	1	4.00	4	4	5	0.007	0.009	3.34	0.031	2.200	0.006	0.006	0.004	0.004	2.210
	PZ S3-118	PZ S3-117	55.99	0	4.00	0	4	5	0.000	0.009	3.34	0.031	2.200	0.006	0.011	0.000	0.004	2.215
	PZ S3-117	PZ S3-116	58.88	3	4.00	12	17	19	0.022	0.035	3.34	0.118	2.200	0.006	0.019	0.011	0.016	2.235
	PZ S3-116	PZ S3-115	58.90	5	4.00	20	37	42	0.037	0.078	3.34	0.260	2.200	0.006	0.025	0.019	0.034	2.259
	PZ S3-115	PZ S3-110 A	8.34	0	4.00	0	81	92	0.000	0.170	3.34	0.569	2.200	0.001	0.038	0.000	0.075	2.313
	PZ S3-110 A	PZ S3-111	19.07	2	4.00	8	105	120	0.015	0.222	3.34	0.742	2.200	0.002	0.043	0.007	0.097	2.340
	PZ S3-122	PZ S3-117	18.88	0	4.00	1	1	1	0.002	0.002	3.34	0.006	2.200	0.002	0.002	0.001	0.001	2.203
	PZ S3-109	PZ S3-110 A	26.65	4	4.00	16	16	18	0.030	0.033	3.34	0.111	2.200	0.003	0.003	0.015	0.015	2.217
	PZ S3-121	PZ S3-120	83.65	9	4.00	36	36	41	0.067	0.076	3.34	0.254	2.200	0.008	0.008	0.033	0.033	2.242
	PZ S3-120	PZ S3-115	38.57	2	4.00	8	44	50	0.015	0.093	3.34	0.309	2.200	0.004	0.012	0.007	0.041	2.253
	PZ S3-61	PZ S3-60	47.81	4	4.00	16	16	18	0.030	0.033	3.34	0.111	2.200	0.005	0.005	0.015	0.015	2.220
	PZ S3-60	PZ S3-59	71.03	5	4.00	20	52	59	0.037	0.109	3.34	0.365	2.200	0.007	0.016	0.019	0.048	2.264
	PZ S3-59	PZ S3-58	70.29	6	4.00	24	76	87	0.044	0.161	3.34	0.538	2.200	0.007	0.023	0.022	0.070	2.293
	PZ S3-58	PZ S3-57	17.36	1	4.00	4	80	91	0.007	0.169	3.34	0.563	2.200	0.002	0.025	0.004	0.074	2.299
	PZ S3-57	PZ S3-56	53.08	4	4.00	16	196	223	0.030	0.413	3.34	1.379	2.200	0.005	0.070	0.015	0.181	2.452

	PZ S3-56	PZ S3-55	74.10	11	4.00	44	520	592	0.081	1.096	3.34	3.662	3.662	0.007	0.211	0.041	0.481	4.354
	PZ S3-55	PZ S3-54	57.17	7	4.00	28	560	637	0.052	1.180	3.34	3.940	3.940	0.006	0.222	0.026	0.519	4.681
	PZ S3-54	PZ S3-53	56.75	6	4.00	24	584	665	0.044	1.231	3.34	4.113	4.113	0.006	0.228	0.022	0.541	4.882
	PZ S3-53	PZ S3-18	11.66	0	4.00	0	584	665	0.000	1.231	3.34	4.113	4.113	0.001	0.229	0.000	0.541	4.883
	PZ S3-92	PZ S3-60	39.38	4	4.00	16	16	18	0.030	0.033	3.34	0.111	2.200	0.004	0.004	0.015	0.015	2.219
	PZ S3-62	PZ S3-55	58.92	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.006	0.006	0.011	0.011	2.217
	PZ S3-78	PZ S3-77	54.96	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.005	0.005	0.011	0.011	2.217
	PZ S3-77	PZ S3-76	69.01	4	4.00	16	72	82	0.030	0.152	3.34	0.507	2.200	0.007	0.046	0.015	0.067	2.312
	PZ S3-76	PZ S3-75	69.88	1	4.00	4	76	87	0.007	0.161	3.34	0.538	2.200	0.007	0.053	0.004	0.070	2.323
	PZ S3-75	PZ S3-71	59.77	4	4.00	16	92	105	0.030	0.194	3.34	0.649	2.200	0.006	0.059	0.015	0.085	2.344
	PZ S3-71	PZ S3-68	70.80	2	4.00	8	172	196	0.015	0.363	3.34	1.212	2.200	0.007	0.095	0.007	0.159	2.455
	PZ S3-68	PZ S3-56	14.33	0	4.00	0	280	319	0.000	0.591	3.34	1.973	2.200	0.001	0.133	0.000	0.259	2.592
	PZ S3-98	PZ S3-97	54.85	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.005	0.005	0.011	0.011	2.217
	PZ S3-97	PZ S3-96	19.71	0	4.00	0	12	14	0.000	0.026	3.34	0.087	2.200	0.002	0.007	0.000	0.011	2.219
	PZ S3-96	PZ S3-93	93.65	8	4.00	32	44	50	0.059	0.093	3.34	0.309	2.200	0.009	0.017	0.030	0.041	2.258
	PZ S3-93	PZ S3-57	81.19	4	4.00	16	100	114	0.030	0.211	3.34	0.705	2.200	0.008	0.040	0.015	0.093	2.333
	PZ S3-95	PZ S3-94	55.12	2	4.00	8	8	9	0.015	0.017	3.34	0.056	2.200	0.006	0.006	0.007	0.007	2.213
	PZ S3-94	PZ S3-93	10.13	0	4.00	0	40	46	0.000	0.085	3.34	0.285	2.200	0.001	0.015	0.000	0.037	2.252
	PZ S3-99	PZ S3-94	88.89	8	4.00	32	32	36	0.059	0.067	3.34	0.223	2.200	0.009	0.009	0.030	0.030	2.239

	PZ S3-85	PZ S3-84	79.21	0	4.00	0	0	0	0.000	0.000	3.34	0.000	2.200	0.008	0.008	0.000	0.000	2.208
	PZ S3-84	PZ S3-83	68.36	1	4.00	4	4	5	0.007	0.009	3.34	0.031	2.200	0.007	0.015	0.004	0.004	2.218
	PZ S3-83	PZ S3-82	61.72	3	4.00	12	16	18	0.022	0.033	3.34	0.111	2.200	0.006	0.021	0.011	0.015	2.236
	PZ S3-82	PZ S3-77	8.16	0	4.00	0	44	50	0.000	0.093	3.34	0.309	2.200	0.001	0.033	0.000	0.041	2.274
	PZ S3-87	PZ S3-86	44.44	4	4.00	16	16	18	0.030	0.033	3.34	0.111	2.200	0.004	0.004	0.015	0.015	2.219
	PZ S3-86	PZ S3-82	70.73	3	4.00	12	28	32	0.022	0.059	3.34	0.198	2.200	0.007	0.012	0.011	0.026	2.237
	PZ S3-91	PZ S3-90	59.47	2	4.00	8	8	9	0.015	0.017	3.34	0.056	2.200	0.006	0.006	0.007	0.007	2.213
	PZ S3-90	PZ S3-88	61.70	4	4.00	16	24	27	0.030	0.050	3.34	0.167	2.200	0.006	0.012	0.015	0.022	2.234
	PZ S3-88	PZ S3-69	70.15	7	4.00	28	64	73	0.052	0.135	3.34	0.452	2.200	0.007	0.025	0.026	0.059	2.284
	PZ S3-69	PZ S3-68	69.35	7	4.00	28	108	123	0.052	0.228	3.34	0.761	2.200	0.007	0.036	0.026	0.100	2.336
	PZ S3-89	PZ S3-88	54.09	3	4.00	12	12	14	0.022	0.026	3.34	0.087	2.200	0.005	0.005	0.011	0.011	2.217
	PZ S3-70	PZ S3-69	47.70	4	4.00	16	16	18	0.030	0.033	3.34	0.111	2.200	0.005	0.005	0.015	0.015	2.220
	PZ S3-74	PZ S3-73	53.43	2	4.00	8	8	9	0.015	0.017	3.34	0.056	2.200	0.005	0.005	0.007	0.007	2.213
	PZ S3-73	PZ S3-72	70.42	1	4.00	4	32	36	0.007	0.067	3.34	0.223	2.200	0.007	0.018	0.004	0.030	2.247
	PZ S3-72	PZ S3-71	70.49	4	4.00	16	72	82	0.030	0.152	3.34	0.507	2.200	0.007	0.030	0.015	0.067	2.296
	PZ S3-80	PZ S3-73	51.39	5	4.00	20	20	23	0.037	0.043	3.34	0.142	2.200	0.005	0.005	0.019	0.019	2.224
	PZ S3-79	PZ S3-72	50.39	6	4.00	24	24	27	0.044	0.050	3.34	0.167	2.200	0.005	0.005	0.022	0.022	2.227

LLEGADA A LA PLANTA 3	PZ S3-19	PZ S3-123	15.71	1	4.00	4	1,529	1,741	0.007	3.224	3.34	10.768	10.768	0.002	0.585	0.004	1.466	12.820
LLEGADA A LA PLANTA 3	PZ S3-123	PZ S3-124	29.20	2	4.00	8	1,537	1,750	0.015	3.241	3.34	10.824	10.824	0.003	0.588	0.007	1.523	12.936
LLEGADA A LA PLANTA 3	PZ S3-124	PZ S3-125	29.54	1	4.00	4	1,541	1,754	0.007	3.248	3.34	10.849	10.849	0.003	0.591	0.004	1.527	12.967
LLEGADA A LA PLANTA 3	PZ S3-125	PZ S3-126	15.25	1	4.00	4	1,545	1,759	0.007	3.257	3.34	10.880	10.880	0.002	0.593	0.004	1.581	13.053
LLEGADA A LA PLANTA 3	PZ S3-126	PZ S3-127	10.85	0	4.00	0	1,545	1,759	0.000	3.257	3.34	10.880	10.880	0.001	0.594	0.000	1.631	13.104
LLEGADA A LA PLANTA 3	PZ S3-127	PZ S3-128	18.99	0	4.00	0	1,545	1,759	0.000	3.257	3.34	10.880	10.880	0.002	0.596	0.000	1.631	13.106
LLEGADA A LA PLANTA 3	PZ S3-128	PZ-PTAR 3	11.48	0	4.00	0	1,545	1,759	0.000	3.257	3.34	10.880	10.880	0.001	0.597	0.000	1.631	**13.107**

Fuente: Equipo consultor
Elaboración: Equipo consultor

4.10. RESULTADOS OBTENIDOS COLECTORES ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Tabla 30. Dimensionamiento de los colectores-Alcantarillado Pluvial

ZONA DESCARGA 1

Tramo													Seccion Llena				Tabla		
Punto Inicial	Punto Final	Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Area(ha)	Area Acum	tc(min)	i	Qd(lts/s)	Sn(%)	Diam (mm)	So(%)	V(m/s)	Q(lts/s)	q/Q	q/Q(SIMP)	y/D	v/V	Vel(m/s)
PZ E1P-6	PZ E1P-7	480.51	479.60	45.37	0.124	0.12	10.00	98.21	18.60	2.01%	250.00	2.4%	2.24	109.89	0.17	0.20	0.34	0.66	1.47
PZ E1P-7	PZ E1P-9	479.60	478.92	78.97	0.180	0.30	10.52	95.96	44.57	0.86%	250.00	0.98%	1.42	69.64	0.64	0.60	0.63	0.91	1.29
PZ E1P-9	PZ E1P-10	478.92	478.22	50.13	0.845	1.15	11.54	91.96	161.42	1.40%	350.00	1.20%	1.96	189.03	0.85	0.90	0.82	1.02	1.99
PZ E1P-10	PZ E1P-11	478.22	478.65	53.78	0.778	1.93	11.96	90.46	266.32	0.80%	500.00	1.06%	2.34	459.91	0.58	0.60	0.63	0.91	2.13
PZ E1P-11	PZ E1P-17	478.65	478.20	59.13	0.197	2.12	12.38	89.03	288.91	0.76%	500.00	1.10%	2.38	468.50	0.62	0.60	0.63	0.91	2.17
PZ E1P-17	PZ E1P-18	478.20	475.40	44.57	1.447	3.57	12.83	87.57	477.74	6.28%	500.00	5.82%	5.48	1077.65	0.44	0.40	0.50	0.81	4.43
PZ E1P-18	PZ E1P-19	475.40	471.12	53.16	0.247	3.82	13.00	87.04	507.74	8.05%	500.00	9.00%	6.82	1340.10	0.38	0.40	0.50	0.81	5.50
PZ E1P-19	PZ E1P-20	471.12	467.96	27.16	0.291	4.11	13.16	86.55	543.35	11.63%	500.00	12.73%	8.11	1593.78	0.34	0.30	0.43	0.74	5.99
PZ E1P-20	PZ E1P-21	467.96	464.20	26.84	0.275	4.38	13.24	86.33	578.19	14.01%	500.00	11.03%	7.55	1483.55	0.39	0.40	0.50	0.81	6.09
PZ E1P-21	PZ E1P-22	464.20	460.74	28.18	0.275	4.66	13.31	86.11	612.90	12.28%	500.00	10.14%	7.24	1422.44	0.43	0.40	0.50	0.81	5.84
PZ E1P-22	DESCARGA 1	460.74	458.31	32.87	0.261	4.92	13.39	85.87	645.44	7.39%	500.00	5.58%	5.37	1055.19	0.61	0.60	0.63	0.91	4.88

ZONA DESCARGA 2

Tramo													Seccion Llena				Tabla		
Punto Inicial	Punto Final	Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Area(ha)	Area Acum	tc(min)	i	Qd(lts/s)	Sn(%)	Diam (mm)	So(%)	V(m/s)	Q(lts/s)	q/Q	q/Q(SIMP)	y/D	v/V	Vel(m/s)
PZ E2P-1	PZ E2P-2	491.63	488.68	73.08	0.115	0.12	10.00	98.21	17.25	4.04%	250.00	4.0%	2.88	141.40	0.12	0.10	0.24	0.54	1.55
PZ E2P-2	PZ E2P-3	488.68	484.9	100.03	0.388	0.50	10.78	94.85	72.89	3.78%	250.00	3.9%	2.82	138.57	0.53	0.50	0.56	0.86	2.43
PZ E2P-3	PZ E2P-4	484.9	484.1	55.61	0.546	1.05	11.47	92.20	147.76	1.44%	350.00	1.4%	2.15	207.07	0.71	0.70	0.69	0.95	2.04
PZ E2P-4	PZ E2P-5	484.1	483.17	59.82	0.425	1.47	11.93	90.57	203.95	1.55%	400.00	1.2%	2.16	272.13	0.75	0.70	0.69	0.95	2.05
PZ E2P-5	PZ E2P-6	483.17	481.39	79.99	0.557	2.03	12.41	88.92	275.90	2.23%	400.00	2.4%	3.01	378.48	0.73	0.70	0.69	0.95	2.85
PZ E2P-6	PZ E2P-7	481.39	480.65	25.82	0.228	2.26	12.88	87.42	301.70	2.87%	400.00	3.3%	3.53	444.15	0.68	0.70	0.69	0.95	3.35
PZ E2P-7	PZ E2P-8	480.65	479.88	16.81	0.124	2.38	13.01	87.02	316.82	4.58%	400.00	4.6%	4.20	528.41	0.60	0.60	0.63	0.91	3.82
PZ E2P-8	PZ E2P-9	479.88	477.05	40.58	0.282	2.67	13.08	86.80	353.39	6.97%	400.00	9.4%	6.01	756.16	0.47	0.50	0.56	0.86	5.18
PZ E2P-9	PZ E2P-10	477.05	476.17	9.97	0.044	2.71	13.21	86.40	357.59	8.83%	500.00	8.8%	6.76	1327.38	0.27	0.30	0.43	0.74	4.99
PZ E2P-10	DESCARGA 2	476.17	473.58	7.18	0.021	2.73	13.24	86.30	359.94	36.07%	500.00	9.6%	7.04	1382.60	0.26	0.30	0.43	0.74	5.20

ZONA DESCARGA 3

Tramo													Seccion Llena				Tabla		
Punto Inicial	Punto Final	Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Area(ha)	Area Acum	tc(min)	i	Qd(lts/s)	Sn(%)	Diam (mm)	So(%)	V(m/s)	Q(lts/s)	q/Q	q/Q(SIMP)	y/D	v/V	Vel(m/s)
PZ E3P-2	PZ E3P-3	479.77	479.34	67.64	0.461	0.46	10.00	98.21	69.17	0.64%	350.00	1.4%	2.10	201.98	0.34	0.30	0.43	0.74	1.55
PZ E3P-3	PZ E3P-4	479.34	479.28	91.50	0.590	1.05	10.73	95.09	152.68	0.07%	500.00	1.2%	2.45	481.11	0.32	0.30	0.43	0.74	1.81
PZ E3P-4	PZ E3P-5	479.28	477.53	29.43	0.761	1.81	11.57	91.84	254.23	5.95%	500.00	4.3%	4.69	920.89	0.28	0.30	0.43	0.74	3.46
PZ E3P-5	PZ E3P-6	477.53	474.17	29.89	0.152	1.96	11.71	91.32	274.02	11.24%	500.00	7.9%	6.39	1254.74	0.22	0.20	0.34	0.66	4.19
PZ E3P-6	DESCARGA 3	474.17	474.02	7.70	0.131	2.10	11.83	90.90	290.94	1.95%	600.00	4.6%	5.49	1552.83	0.19	0.20	0.34	0.66	3.60

ZONA DESCARGA 4

Tramo													Seccion Llena				Tabla		
Punto Inicial	Punto Final	Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Area(ha)	Area Acum	tc(min)	i	Qd(lts/s)	Sn(%)	Diam (mm)	So(%)	V(m/s)	Q(lts/s)	q/Q	q/Q(SIMP)	y/D	v/V	Vel(m/s)
PZ E4P-1	PZ E4P-2	510	505.71	95.22	1.072	1.07	10.00	98.21	160.84	4.51%	250.00	4.4%	3.00	147.57	1.09	1.10	0.93	1.06	3.19
PZ E4P-2	PZ E4P-3	505.71	503.81	42.26	0.370	1.44	10.50	96.04	211.58	4.50%	300.00	4.3%	3.34	236.39	0.90	0.90	0.82	1.02	3.40
PZ E4P-3	PZ E4P-4	503.81	500.4	46.34	0.163	1.61	10.70	95.18	233.39	7.36%	300.00	7.1%	4.32	305.47	0.76	0.80	0.76	0.98	4.25
PZ E4P-4	PZ E4P-5	500.4	496.12	49.62	0.176	1.78	10.89	94.44	256.98	8.63%	300.00	8.8%	4.80	339.74	0.76	0.80	0.76	0.98	4.73
PZ E4P-5	PZ E4P-6	496.12	493.52	30.82	0.190	1.97	11.06	93.75	282.32	8.44%	300.00	8.4%	4.70	332.35	0.85	0.80	0.76	0.98	4.62
PZ E4P-6	PZ E4P-7	493.52	492.67	39.51	0.231	2.20	11.17	93.32	313.96	2.15%	375.00	2.9%	3.21	354.44	0.89	0.90	0.82	1.02	3.26
PZ E4P-7	DESCARGA 4	492.67	492.54	6.02	0.144	2.35	11.37	92.56	331.74	2.16%	375.00	3.8%	3.66	404.86	0.82	0.80	0.76	0.98	3.60

ZONA DESCARGA 5

Tramo													Seccion Llena				Tabla		
Punto Inicial	Punto Final	Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Area(ha)	Area Acum	tc(min)	i	Qd(lts/s)	Sn(%)	Diam (mm)	So(%)	V(m/s)	Q(lts/s)	q/Q	q/Q(SIMP)	y/D	v/V	Vel(m/s)
PZ E5P-1	PZ E5P-2	515.99	510.8	72.56	0.198	0.20	10.00	98.21	29.71	7.15%	250.00	7.6%	3.94	193.43	0.15	0.20	0.34	0.66	2.58
PZ E5P-2	PZ E5P-3	510.8	508.77	77.86	0.274	0.47	10.47	96.16	69.34	2.61%	300.00	2.7%	2.67	189.02	0.37	0.40	0.50	0.81	2.16
PZ E5P-3	PZ E5P-4	508.77	506.02	45.63	0.270	0.74	11.07	93.72	106.24	6.03%	300.00	5.2%	3.67	259.61	0.41	0.40	0.50	0.81	2.96
PZ E5P-4	PZ E5P-7	506.02	507.76	20.45	0.117	0.86	11.33	92.74	121.70	8.51%	300.00	1.8%	2.16	152.63	0.80	0.80	0.76	0.98	2.12
PZ E5P-7	PZ E5P-8	507.76	507.78	51.69	0.199	1.48	11.49	92.14	208.48	0.04%	400.00	1.1%	2.06	259.57	0.80	0.80	0.76	0.98	2.03
PZ E5P-8	DESCARGA 5	507.78	506.00	23.59	0.212	1.69	11.91	90.61	234.38	7.55%	400.00	1.2%	2.16	271.01	0.86	0.90	0.82	1.02	2.19

ZONA DESCARGA 6

Tramo													Seccion Llena				Tabla		
Punto Inicial	Punto Final	Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Area(ha)	Area Acum	tc(min)	i	Qd(lts/s)	Sn(%)	Diam (mm)	So(%)	V(m/s)	Q(lts/s)	q/Q	q/Q(SIMP)	y/D	v/V	Vel(m/s)
PZ E6P-1	PZ E2P-2	482.03	480.56	54.27	0.598	0.60	10.00	98.21	89.72	2.71%	250.00	2.7%	2.36	115.81	0.77	0.80	0.76	0.98	2.32
PZ E2P-2	PZ E6P-3	480.56	478.4	63.23	0.977	1.58	10.39	96.49	232.19	3.42%	350.00	3.9%	3.53	339.91	0.68	0.70	0.69	0.95	3.35
PZ E6P-3	PZ E6P-4	478.4	476	72.79	0.630	2.21	10.70	95.18	320.63	3.30%	400.00	3.2%	3.49	438.65	0.73	0.70	0.69	0.95	3.31
PZ E6P-4	PZ E6P-6	476	474.33	68.56	0.890	3.10	11.07	93.71	443.12	2.44%	600.00	2.3%	3.89	1099.22	0.40	0.40	0.50	0.81	3.14
PZ E6P-6	PZ E6P-7	474.33	472.50	43.19	1.040	4.14	11.44	92.33	583.27	4.24%	600.00	3.5%	4.82	1364.75	0.43	0.40	0.50	0.81	3.89
PZ E6P-7	PZ E6P-8	472.50	470.36	41.92	0.226	4.36	11.62	91.65	610.63	5.10%	600.00	5.5%	6.04	1709.70	0.36	0.40	0.50	0.81	4.88
PZ E6P-8	PZ E6P-9	470.36	467.27	51.35	0.350	4.71	11.76	91.13	655.93	6.02%	600.00	5.8%	6.17	1746.34	0.38	0.40	0.50	0.81	4.98
PZ E6P-9	DESCARGA 6	467.27	467.51	11.18	0.060	4.77	11.94	90.53	659.86	2.15%	800.00	3.2%	5.57	2802.77	0.24	0.20	0.34	0.66	3.66

ZONA DESCARGA 7

Tramo													Seccion Llena				Tabla		
Punto Inicial	Punto Final	Cota Inicial	Cota Final	Longitud (m)	Area(ha)	Area Acum	tc(min)	i	Qd(lts/s)	Sn(%)	Diam (mm)	So(%)	V(m/s)	Q(lts/s)	q/Q	q/Q(SIMP)	y/D	v/V	Vel(m/s)
PZ E7P-1	PZ E7P-2	520.34	515.92	48.69	0.241	0.24	10.00	98.21	36.16	9.08%	250.00	9.2%	4.35	213.85	0.17	0.20	0.34	0.66	2.86
PZ E7P-2	PZ E7P-3	515.92	516.35	67.96	0.236	0.48	10.28	96.95	70.65	0.63%	350.00	0.5%	1.24	119.55	0.59	0.60	0.63	0.91	1.13
PZ E7P-3	PZ E7P-4	516.35	513.58	70.03	0.48	0.96	11.29	92.88	135.81	3.96%	350.00	2.9%	3.07	295.88	0.46	0.50	0.56	0.86	2.65
PZ E7P-4	PZ E7P-5	513.58	513.6	44.82	0.556	1.51	11.73	91.26	210.96	0.04%	500.00	0.5%	1.61	315.86	0.67	0.70	0.69	0.95	1.52
PZ E7P-5	PZ E7P-6	513.6	513.83	27.05	0.265	1.78	12.22	89.56	243.28	0.85%	500.00	0.5%	1.61	315.86	0.77	0.80	0.76	0.98	1.58
PZ E7P-6	PZ E7P-7	513.83	509.19	70.26	0.560	2.34	12.50	88.62	316.53	6.60%	500.00	5.6%	5.38	1057.08	0.30	0.30	0.43	0.74	3.98
PZ E7P-7	PZ E7P-8	509.19	502.11	70.04	0.248	2.59	12.80	87.67	346.38	10.11 %	500.00	6.6%	5.84	1147.59	0.30	0.30	0.43	0.74	4.32

PZ E7P-8	PZ E7P-9	502.11	496.74	47.41	0.341	2.93	13.07	86.83	388.30	11.33 %	500.00	6.10 %	5.62	1103.27	0.35	0.40	0.50	0.81	4.53
PZ E7P-9	PZ E7P-10	496.74	495.69	24.61	0.153	3.08	13.24	86.30	406.11	4.27%	600.00	4.10 %	5.20	1470.81	0.28	0.30	0.43	0.74	3.84
PZ E7P-10	PZ E7P-11	495.69	494.27	31.53	2.314	5.39	13.35	85.99	708.60	4.50%	600.00	4.40 %	5.39	1523.67	0.47	0.50	0.56	0.86	4.64
PZ E7P-11	PZ E7P-12	494.27	492.70	33.71	0.144	5.54	13.46	85.65	724.69	4.66%	600.00	1.70 %	3.35	947.09	0.77	0.80	0.76	0.98	3.29
PZ E7P-12	PZ E7P-13	492.7	490.96	34.97	0.189	5.73	13.63	85.16	745.10	4.98%	600.00	2.20 %	3.81	1077.40	0.69	0.70	0.69	0.95	3.61
PZ E7P-13	PZ E7P-14	490.96	485.55	30.61	0.353	6.08	13.79	84.70	786.75	17.67 %	600.00	3.40 %	4.73	1339.38	0.59	0.60	0.63	0.91	4.30
PZ E7P-14	PZ E7P-15	485.55	480.12	30.65	0.163	6.24	13.91	84.37	804.67	17.72 %	600.00	4.00 %	5.13	1452.76	0.55	0.60	0.63	0.91	4.67
PZ E7P-15	PZ E7P-16	480.12	480.00	16.81	0.218	6.46	14.02	84.06	829.77	0.71%	800.00	0.60 %	2.41	1211.74	0.68	0.70	0.69	0.95	2.28
PZ E7P-16	PZ E7P-17	480.00	479.84	61.49	0.328	6.79	14.15	83.73	868.41	0.26%	800.00	0.50 %	2.20	1106.17	0.79	0.80	0.76	0.98	2.16
PZ E7P-17	PZ E7P-18	479.84	478.30	70.02	1.339	8.13	14.62	82.47	1024.06	2.20%	800.00	1.90 %	4.29	2156.31	0.47	0.50	0.56	0.86	3.70
PZ E7P-18	PZ E7P-19	478.30	477.60	69.85	1.54	9.67	14.93	81.66	1206.17	1.00%	900.00	0.96 %	3.30	2098.35	0.57	0.60	0.63	0.91	3.00
PZ E7P-19	PZ E7P-20	477.60	477.55	74.57	3.214	12.88	15.32	80.70	1588.27	0.07%	1200.00	0.50 %	2.88	3261.35	0.49	0.50	0.56	0.86	2.48
PZ E7P-20	PZ E7P-21	477.55	475.85	75.42	3.35	16.23	15.82	79.52	1971.94	2.25%	1200.00	1.70 %	5.31	6013.63	0.33	0.30	0.43	0.74	3.93
PZ E7P-21	PZ E7P-22	475.85	474.31	64.93	1.697	17.93	16.14	78.79	2158.13	2.37%	1200.00	1.90 %	5.62	6357.53	0.34	0.30	0.43	0.74	4.15
PZ E7P-22	PZ E7P-23	474.31	472.22	66.49	0.544	18.47	16.40	78.21	2207.28	3.14%	1200.00	1.90 %	5.62	6357.53	0.35	0.30	0.43	0.74	4.15
PZ E7P-23	PZ E7P-24	472.22	471.68	26.60	0.243	18.72	16.67	77.63	2219.78	2.03%	1200.00	1.10 %	4.27	4837.36	0.46	0.50	0.56	0.86	3.68
PZ E7P-24	PZ E7P-25	471.68	471.06	31.15	8.503	27.22	16.79	77.37	3217.60	1.99%	1200.00	1.10 %	4.27	4837.36	0.67	0.70	0.69	0.95	4.05
PZ E7P-25	PZ E7P-26	471.06	470.40	42.47	2.44	29.66	16.92	77.10	3493.91	1.55%	1200.00	1.40 %	4.82	5457.28	0.64	0.60	0.63	0.91	4.38
PZ E7P-26	DESCARGA 7	470.40	468.89	18.94	0.00	29.66	17.08	76.77	3478.68	7.97%	1200.00	7.80 %	11.38	12881.29	0.27	0.30	0.43	0.74	8.41

Fuente: Equipo consultor
Elaboración: Equipo consult

5. RESULTADOS ESPERADOS.

Una vez concluida la ejecución del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario, se espera:

- Mejorar las condiciones de salubridad del sector.
- Dotar de un seguro y adecuado sistema de recolección de aguas servidas y pluviales.
- Reducir las enfermedades endémicas producidas por un inadecuado sistema de saneamiento.
- Mejorar la calidad de vida de los beneficiados.
- Permitir una rápida evacuación del agua pluvial de las vías públicas
- Evitar la formación de caudales excesivos en las calzadas
- Evitar la invasión de aguas pluviales a propiedades públicas y privadas
- Evitar la acumulación de aguas en vías de circulación
- Evitar la paralización del tráfico vehicular y peatonal durante una precipitación pluvial intensa
- Evitar las conexiones erradas del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales
- Mitigar efectos nocivos a cuerpos de agua receptores por contaminación de escurrimiento pluvial urbano

6. SUMIDEROS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Para determinar el número y ubicación de los sumideros, se asume que se implementarán aquellos modelos estándar determinados por ETAPA, en cuanto a las dimensiones de las rejillas de hierro fundido para captación del escurrimiento (detalles en los planos correspondientes).

Considerando dichas dimensiones de las rejillas, a continuación, se determina la capacidad hidráulica de las mismas y en función de ello las separaciones máximas recomendadas entre sumideros, en función de las pendientes longitudinales de las vías.

Para el efecto, se considera la ecuación de Manning para sección triangular presentada en la bibliografía técnica:

$$\boldsymbol{Q} = \frac{z}{n} * S^{0.5} * d^{8/3}$$

Donde:

Q: Caudal total en la cuneta (m3/s)

z: Inverso de la pendiente transversal de la cuneta. Siendo que la pendiente transversal es normalmente m= 0.10 (10%), z= 1/m= 10

n: Rugosidad de Manning de las vías. (Para vías con pavimento, se adoptan=0.020)

S: Pendiente longitudinal de la vía (m/m)

d: Máximo calado de agua en la cuneta (junto al bordillo)

En el siguiente esquema se ilustran algunas dimensiones:

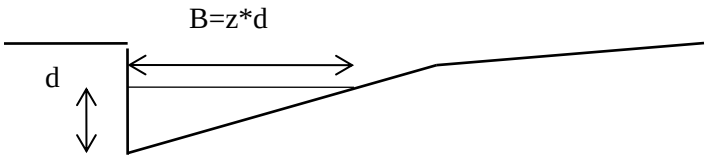


Figura 6. Sección transversal de la cuneta

De su parte, la capacidad de intercepción de flujo de un imbornal está dado por la ecuación:

$$\boldsymbol{Qs} = \frac{L * B * d}{2 * M * \left(2 * \frac{d}{g}\right)^{0.5}}$$

Qs: Caudal captado por el sumidero (m3/s)

L: Longitud total de la rejilla del sumidero: L=0.55m

B: Ancho total de la rejilla del sumidero: B=0.40m

d: Calado de agua en la cuneta, junto al bordillo, aguas arriba del sumidero (m)

M: Factor relacionado con el porcentaje del área total ocupada por las rejas del sumidero. Para el presente caso, en que las rejas ocupan prácticamente el 50 % del área total, se tiene M= 4

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s2)

Si se trata de captar todo el caudal que llega al imbornal, el ancho de la sección del flujo en la cuneta debe ser igual a “B” es decir 0.40 m. Para este ancho se tiene un calado máximo:

d = B/z= 0.40/10 = 0.04 m

Con este valor de calado “d” y las dimensiones del imbornal (L, B), su capacidad hidráulica resulta:

Qi= 0,0121 m3/s,

≈Qi= 12 l/s

Para que, con este caudal, la sección transversal del flujo en la cuneta tenga un ancho B=0.40 y el calado d= 0.04m, la pendiente longitudinal de la vía resulta:

S= 0.016 (1.6%)

Considerando que en general las vías del área del proyecto tienen pendientes superiores a la mínima requerida para utilizar la capacidad máxima de la rejilla, los anchos y calados del flujo en las cunetas serán menores a los calculados, con lo que la capacidad de los imbornales será en realidad mayor a la asumida de Qi= 12 l/s.

Considerando ahora la ecuación de intensidad de lluvia, un período de retorno de 3 años, un tiempo de concentración de t= 3 minutos, un coeficiente de escorrentía C=0.9 para las vías y un ancho de vía máximo de Bv= 10 m, calculamos el caudal de escorrentía para cada cuneta en un tramo de Lv=100 m de vía.

$$Q = \frac{C * I * \frac{Lv * Bv}{20000}}{0.36}$$

I = 121 mm/hora

Q= 15 l/s

Con estos resultados, siendo que la capacidad del imbornal corresponde al 75 % del caudal de escorrentía producido en 100 m de vía, se define la necesidad de instalar sumideros a distancias no mayores de 75 m con lo cual se tiene un porcentaje de seguridad de captación adecuada de la escorrentía superficial.

Considerando que, en los sectores de Méndez, las longitudes entre intersecciones viales en general son inferiores a 100 m, será suficiente colocar un sumidero a cada costado de las vías en cada tramo de las mismas.

En el conjunto de planos en planta de la red proyectada que clasifica los colectores según su nivel de prioridad de implementación, se presenta también el detalle de la ubicación propuesta para los sumideros a implementarse.

7. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

7.1. OBJETIVO DEL TRATAMIENTO

El objetivo primordial para la depuración del agua residual es evitar la contaminación de las aguas del cuerpo receptor de forma que puedan ser utilizadas con seguridad para otras actividades que se verifican en la zona aguas abajo de los puntos de descarga.

7.2. PARÁMETROS DE CALIDAD PARA OBSERVARSE EN LA DEPURACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

El objetivo primordial para la depuración del agua residual es evitar la contaminación de las aguas del cuerpo receptor de forma que puedan ser utilizadas con seguridad para las actividades benéficas que se verifican en la zona aguas abajo de los puntos de descarga.

El agua residual de tipo doméstica tiene básicamente los siguientes potenciales efectos contaminantes:

- Incremento de materiales sólidos flotantes que desmejoran la calidad estética y paisajística.
- Su contenido de materia orgánica (caracterizada por la demanda bioquímica de oxígeno: DBO), que al ser descargada origina la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua del cuerpo receptor, pudiendo en caso extremo afectar el normal desarrollo de la flora y fauna acuática. Es importante indicar que normalmente este problema no es de magnitud considerable debido al gran potencial de re-aeración de las corrientes superficiales.
- El aspecto de mayor importancia consiste en el elevado riesgo microbiológico que tiene este tipo de aguas residuales puesto que a través del agua de la corriente en la que son descargadas pueden transmitir una amplia variedad de enfermedades.

Por lo expuesto, el diseño de los sistemas de tratamiento tiene como objetivo básico la remoción de sólidos gruesos, disminución de la carga orgánica y microbiológica del agua residual hasta niveles que no produzcan efectos contaminantes en el cuerpo receptor.

El Texto Unificado de Legislación Ambiental, en el Libro VI: Normas de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua. Tabla No.12, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, establece entre otros aspectos, los siguientes requerimientos de depuración mínima del agua residual a ser descargada en cuerpos hídricos superficiales:

Tabla 28. Requisitos de depuración mínima del agua residual a ser descargada en cuerpos de agua

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite permisible
Potencial Hidrógeno	PH	----	5-9
Materia Flotante	Material visible	----	Ausencia
Sólidos suspendidos	-----	mg/l	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/l	100
Demanda Química de Oxigeno	DQO		250
Coliformes fecales	NMP/100ml	mg/l	Remoción mayor al 99.9 %

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS). Libro VI: Normas de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua.

7.3. PROCESOS DE TRATAMIENTO Y GRADO DE REMOCIÓN

Para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores de la Tabla 50, en la cual se presenta bajo la columna de helminto, la remoción de huevos de nematodos intestinales de los diferentes procesos, en unidades de ciclos logarítmicos (base 10):

Tabla 29. Procesos de tratamiento y grados de remoción.

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCION, %		REM,ciclos $\log_{10}$	
	DBO	Sólidos S.	Bacteria	Helminto
Sedimentación primaria	25-40	40-70	0-1	0-1
Lodos activados (a)	55-95	55-95	0-2	0-1
Filtros percoladores (a)	50-95	50-92	0-2	0-1
Lagunas aereadas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	90-98	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización. (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992

(a) Precedidos y seguidos de sedimentación

(b) Incluye laguna secundaria

(c) Dependiente del tipo de lagunas

(d) Seguidas de sedimentación

(e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: Temperatura, período de retención y formas.

7.4. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La composición de las aguas residuales de tipo doméstico en lo relativo a carga orgánica y microbiológica tiene ligeras variaciones dentro de una misma región, puesto que dependen básicamente de las dotaciones de agua, los hábitos alimenticios y las condiciones de salud de la población, factores que se presentan similares en una zona.

Como información de referencia, se recopiló la correspondiente a la calidad del agua residual de la ciudad de Méndez. La información de los parámetros más relevantes se resume en el siguiente cuadro:

Tabla 30. Características de las aguas residuales de la ciudad de Mendez

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADO
Cloro Activo	< 0,1	< 0,13	< 0,01	mg/l	0,5	CUMPLE
Cloruros	< 2,2	< 2,0	< 1,02	mg/l	1000	CUMPLE
Cobre	2,67	2,67	1,56	mg/l	1	NO CUMPLE
Color real	14	17	5	UC	Inapreciable en dilución: 1/20	NO CUMPLE
Cromo hexavalente	0,5	0,7	0,3	mg/l	0,5	NO CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno	116,1	164,5	98,4	mg/l	100	NO CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	248,6	294,6	191,6	mg/l	200	NO CUMPLE
Fluoruros	< 3,1	< 5,0	< 1,14	mg/l	5	CUMPLE
Hierro total	< 8,6	< 8,6	< 3,0	mg/l	10	CUMPLE
Manganeso total	6,33	6,33	2,68	mg/l	2	NO CUMPLE
Materia Flotante	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	Ausencia	CUMPLE
Nitrógeno Amoniacal	< 23,6	< 23,6	< 3,37	mg/l	30	CUMPLE
Potencial de hidrógeno	6,3	6,12	6,59	-	6 a 9	CUMPLE
Sólidos suspendidos totales	< 73,0	< 73,0	< 61,0	mg/l	130	CUMPLE
Sólidos totales	< 113,4	< 113,4	< 73,9	mg/l	1600	CUMPLE
Sulfatos	< 100	< 100	< 25	mg/l	1000	CUMPLE
Temperatura	22,4	24,7	25,7	°C	Condición natural +/-3	CUMPLE
Conductividad	< 243,1	< 318,3	< 200,8	uS/cm	NE	CUMPLE
Coliformes Totales	1,00E+07	1,25E+07	1,01E+06	NMP/100 ml	NE	NO CUMPLE
Coliformes Fecales	1,00E+06	1,20E+06	1,22E+05	NMP/100 ml	2000	NO CUMPLE

Fuente: Análisis Químico

7.5. SISTEMA DE DEPURACIÓN DEL AGUA RESIDUAL EXISTENTE.

Los datos de entrada para el diseño de la Planta de Tratamiento son valores tomados del diseño del sistema de alcantarillado antes descrito y para los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual fueron tomados del análisis de laboratorio que se muestra en la Tabla 33.

- **POBLACIÓN**

El valor de población actual del área de cobertura del diseño es 3454 habitantes y su población futura es de 3932 habitantes en el sistema de alcantarillado sanitario proyectado al año 2046.

- **DOTACIÓN**

La dotación neta de agua potable es de 200 l/hab/día, y el coeficiente de retorno (aporte de aguas residuales) es de Cr=0.8, por lo tanto, la producción de aguas residuales por persona (Dar) es igual a 160 l/hab/día.

- **PARÁMETROS DE AGUA RESIDUAL**

Los parámetros del agua residual utilizada para el diseño de PTAR fueron tomados del análisis de laboratorio que se muestra en la Tabla 33, que corresponde las muestras de aguas residuales M01-AR25, M02-AR25 y M03-AR25, tomadas del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la parroquia Méndez – Cantón Santiago. A continuación, se detalla los valores más representativos del análisis físico, químico y bacteriológico de las muestras para las tres plantas de tratamiento.

Tabla 31. Muestras de aguas residuales tomadas del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de Méndez

			MUESTRA M01-AR25	**MUESTRA M02-AR25**	**MUESTRA M03-AR25**
PARÁMETRO	**SÍMBOLO**	**UNIDAD**	**PTAR 1**	**PTAR 2**	**PTAR 3**
Demanda Bioquímica de Oxígeno	**DBO**	mg/lt	116.10	164.50	98.40
Demanda Química de Oxígeno	**DQO**	mg/lt	248.60	294.60	191.60
Sólidos en suspensión totales	**SST**	mg/lt	73.00	73.00	61.00
Coliformes Fecales	**CF**	NMP/100 ml	1.00E+06	1.20E+06	1.22E+05

Fuente: Análisis Químico

De estos resultados podemos observar que de estos parámetros mas representativos, algunos no cumplen con los límites máximos establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1. Libro VI TULSMA: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9. Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 32. Resultados que no cumplen con los límites máximos permisibles

			MUESTRA M01-AR25	MUESTRA M02-AR25	MUESTRA M03-AR25	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADO		
PARÁMETRO	**SÍMBOLO**	**UNIDAD**	**PTAR 1**	**PTAR 2**	**PTAR 3**		**PTAR 1**	**PTAR 2**	**PTAR 3**
Demanda Bioquímica de Oxígeno	**DBO**	mg/lt	116.1	164.5	98.4	100	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	**DQO**	mg/lt	248.6	294.6	191.6	200	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
Sólidos en suspensión totales	**SST**	mg/lt	73	73	61	130	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Coliformes Fecales	**CF**	NMP/100 ml	1.00E+06	1.20E+06	1.22E+05	2000	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Análisis Químico

Los siguientes parámetros se calculan de la siguiente manera:

- **CARGA ORGÁNICA POR HABITANTE (COH)**

Carga Orgánica por habitante se calcula con la siguiente formula:

$$CO_h = \frac{DBO * D_{ar}}{1000}$$

- **CARGA ORGÁNICA TOTAL DIARIA (COT)**

Carga orgánica total diaria se calcula con la siguiente formula:

$$CO_T = \frac{Pob * CO_h}{1000}$$

- **CAUDALES MEDIO DE DISEÑO (QMD)**

Para determinar el caudal medio de diseño se suma el caudal promedio de aguas servidas sin mayoración de Harmon domésticas más el caudal medio de infiltración, valores fueron tomados tabla Excel del diseño de alcantarillado sanitario.

$$Q_{md} = Q_m + Q_{inf}$$

- **CAUDALES MÁXIMO DE DISEÑO (QMH)**

Para el cálculo del caudal máximo horario se sumaron el caudal de aguas servidas domésticas, el caudal de infiltración y el caudal de aguas ilícitas con mayoración de Harmon al final del periodo de diseño, valor tomado de tabla Excel del diseño de alcantarillado sanitario.

$$Q_{mh} = (Qmd * M) + Qinf$$

- **CAUDALES MÍNIMO DE DISEÑO (QMÍN)**

$$Q_{min} = Q_i + Q_{inf}$$

El caudal mínimo es la suma del caudal de aguas servidas domesticas más el caudal de infiltración sin mayoración de Harmon en el inicio del periodo de diseño.

Para el diseño de las plantas se ha planteado una redistribución del sistema de tratamiento, estableciendo tres plantas de tratamiento de aguas residuales en diferentes puntos estratégicos de la ciudad.

7.5.1. CAUDAL DE INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO NO. 1.

En la Tabla 34 se muestra un resumen de todos los datos de entrada para el diseño de la PTAR 1 ubicada en la parte norte del área del proyecto, en el barrio centro río Paute.

Tabla 36. Datos de entrada para el diseño de la PTAR 1.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR	
Población inicial	**P**	hab.	1180	
Tasa de crecimiento	**r**	%	0.65	
Periodo de diseño	**n**	años	20	
Población futura	**P**	hab.	1343	
Dotación neta de agua potable	**Dot**	lt/hab/dia	200.00	
Aporte de aguas servidas	**k**	adim.	0.80	(1)
Producción aguas residuales por persona	**Dar**	lt/hab/dia	160.00	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	**DBO**	mg/lt	116.10	(2)
Demanda Química de Oxígeno	**DQO**	mg/lt	248.60	(2)
Carga Orgánica por habitante	**CO_h**	grDBO/dia	18.58	
Carga Orgánica Total diaria	**CO_T**	$kgDBO_5$	24.95	
Sólidos en suspensión totales	**SST**	mg/lt	73.00	(2)
Coliformes Fecales	**CF**	NMP	1.00E+06	(2)
Contribución de lodos frescos	**L_f**	lt/hab*día	0.30	(3)
Caudal medio	Qmd	lt/s	2.487037	(4)
Longitud red	Linf	km	2.97	
Coeficiente de infiltracion	Cinf	lt/s/km	0.10	
Caudal de infiltracion	Qinf	lt/s	0.30	(5)
Caudal ilicitas	Qil	80lt/hab*dia	1.24	(5)
Coeficiente de mayoracion	K		3.34	(5)
Caudal máximo horario	Qmh	lt/s	9.85	(5)
Caudal mínimo	Qmin	lt/s	2.78	(6)
Diámetro externo de tubería de entrada	Ø	mm	280	(7)

Fuente: Equipo consultor
Elaboración: Equipo consultor

7.5.2. CAUDAL DE INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO NO. 2.

En la Tabla 35 se muestra un resumen de todos los datos de entrada para el diseño de la PTAR 2 ubicada en la parte centro del área del proyecto, en el barrio banco vivienda.

Tabla 37. Datos de entrada para el diseño de la PTAR 2.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR	
Población inicial	**P**	hab.	340	
Tasa de crecimiento	**r**	%	0.65	
Periodo de diseño	**n**	años	20	
Población futura	**P**	hab.	387	
Dotación neta de agua potable	**Dot**	lt/hab/dia	200.00	
Aporte de aguas servidas	**k**	adim.	0.80	(1)
Producción aguas residuales por persona	**Dar**	lt/hab/dia	160.00	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	**DBO**	mg/lt	164.50	(2)
Demanda Química de Oxígeno	**DQO**	mg/lt	294.60	(2)
Carga Orgánica por habitante	**CO_h**	grDBO/dia	26.32	
Carga Orgánica Total diaria	**CO_T**	$kgDBO_5$	10.19	
Sólidos en suspensión totales	**SST**	mg/lt	73.00	(2)
Coliformes Fecales	**CF**	NMP	1.20E+06	(2)
Contribución de lodos frescos	**L_f**	lt/hab*día	0.30	(3)
Caudal medio	Qmd	lt/s	0.7166667	(4)
Longitud red	Linf	km	1.56	
Coeficiente de infiltracion	Cinf	lt/s/km	0.10	
Caudal de infiltracion	Qinf	lt/s	0.16	(5)
Caudal ilicitas	Qil	80lt/hab*dia	0.36	(5)
Coeficiente de mayoracion	K		3.34	(5)
Caudal máximo horario	Qmh	lt/s	2.91	(5)
Caudal mínimo	Qmin	lt/s	0.87	(6)
Diámetro externo de tubería de entrada	Ø	mm	280	(7)

Fuente: Equipo consultor
Elaboración: Equipo consultor

7.5.3. CAUDAL DE INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO NO. 3.

En la Tabla 1-51 se muestra un resumen de todos los datos de entrada para el diseño de la PTAR 3 ubicada en la parte sur del área del proyecto.

Tabla 38. Datos de entrada para el diseño de la PTAR 3.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR	
Población inicial	**P**	hab.	1545	
Tasa de crecimiento	**r**	%	0.65	
Periodo de diseño	**n**	años	20	
Población futura	**P**	hab.	1759	
Dotación neta de agua potable	**Dot**	lt/hab/dia	200.00	
Aporte de aguas servidas	**k**	adim.	0.80	(1)
Producción aguas residuales por persona	**Dar**	lt/hab/dia	160.00	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	**DBO**	mg/lt	98.40	(2)
Demanda Química de Oxígeno	**DQO**	mg/lt	191.60	(2)
Carga Orgánica por habitante	**CO_h**	grDBO/dia	15.74	
Carga Orgánica Total diaria	**CO_T**	$kgDBO_5$	27.69	
Sólidos en suspensión totales	**SST**	mg/lt	61.00	(2)
Coliformes Fecales	**CF**	NMP	1.22E+05	(2)
Contribución de lodos frescos	**L_f**	lt/hab*día	0.30	(3)
Caudal medio	Qmd	lt/s	3.2574074	(4)
Longitud red	Linf	km	5.97	
Coeficiente de infiltracion	Cinf	lt/s/km	0.10	
Caudal de infiltracion	Qinf	lt/s	0.60	(5)
Caudal ilicitas	Qil	80lt/hab*dia	1.63	(5)
Coeficiente de mayoracion	K		3.34	(5)
Caudal máximo horario	Qmh	lt/s	13.11	(5)
Caudal mínimo	Qmin	lt/s	3.85	(6)
Diámetro externo de tubería de entrada	Ø	mm	280	(7)

Fuente: Equipo consultor
Elaboración: Equipo consultor

Referencia:

(1) CO 10.07 - 601. Capítulo 10. Numeral 4.3.6. Normas para diseños preliminares.
(2) Resultado de Análisis de Agua Residual.
(3) Tratamiento de redes residuales domésticos. Arruda, 1997.
(4) Norma CO 10.07 - 601. Capítulo 10. Numeral 4.3.12. Normas para diseños preliminares. Domésticas + Infiltración. Sin mayoración de Harmon. (Tomado de los datos de tabla de cálculo alcantarillado sanitario).
(5) Domésticas + Infiltración + Ilícitas. Con mayoración de Harmon. Final de periodo de diseño. (Tomado de los datos de tabla de cálculo alcantarillado sanitario).
(6) Domésticas + Infiltración. Sin mayoración de Harmon. Inicio periodo diseño. (Tomado de los datos de tabla de cálculo alcantarillado sanitario).
(7) Tomados de los datos de tabla de cálculo alcantarillado sanitario. Tramo llegada planta.

ELABORO:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
CHRISTIAN XAVIER ARBITO INIGUEZ

Ing. Christian Xavier Arbito Iñiguez

ESPECIALISTA DE PROYECTOS GADM SANTIAGO