

**“CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO SANITARIO - PLUVIAL Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS PARA EL BARRIO CHIRIBOGA Y RECINTO EL ROCÍO, EN LA PARROQUIA DE LLOA, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA.”**

**C. Ocampo Andrade <sup>1</sup>, Ing. M. Silva Cuisana<sup>2</sup>, Ing. J.L.Carrera<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Civil, Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción, Escuela Politécnica del Ejército, Campus Sangolquí,

Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador.

E-mail: [serranover@gmail.com](mailto:serranover@gmail.com)

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción, Escuela Politécnica del Ejército, Campus Sangolquí,

Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador.

## **RESUMEN**

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS-Q) en convenio con la Escuela Politécnica del Ejército, han considerado elaborar los estudios y diseños del proyecto del Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para el barrio llamado Chiriboga y el recinto El Rocío, ubicados en la parroquia de Lloa, cantón Quito, provincia de Pichincha.

El presente proyecto de alcantarillado separado (sanitario y Pluvial), se construirá en el año 2014. Con este proyecto lo que se conseguirá es una mejora en la calidad de vida de los moradores del sector, a fin de contar con un sistema confiable y seguro, que garantice una disposición de aguas conforme con las regulaciones ambientales y especificaciones técnicas previstas por la Subsecretaría de Medio Ambiente.

La memoria técnica cubre el diagnóstico de la situación, las alternativas analizadas, la evaluación económica-financiera y ambiental de las mismas, así como la recomendación sobre las alternativas seleccionadas, y finalmente la estimación de los costos de los componentes del proyecto y los presupuestos de inversión y operación correspondientes.

## **ABSTRACT**

The Metropolitan Public Company of Water Supply and Sanitation of Quito city (EPMAPS-Q), in agreement with the Army Polytechnic School (ESPE), have considered making studies and designs for the Project of the Sewer System and Wastewater Treatment for the neighborhood called “Chiriboga” and the precinct called “El Rocío”, both located in the parish of Lloa, district of Quito at Pichincha province.

This project of separated sewer (sanitary and pluvial), will be built in 2014. With this Project what it will be achieved, is an improvement in the quality of life for residents of the community, in order to have a reliable and secure system that ensures water disposal in accordance with environmental regulations and technical specifications provided by the Secretary of Environmental Services.

The technical report covers the diagnosis of the situation, the alternatives analyzed, economic, financial and environmental evaluation, at the same time, the recommendation on the selected alternatives, and finally the cost estimate of components of the project's and budgets for investment and operation in each.

**Palabras clave:** Ingeniería Sanitaria, Alcantarillado Separado, Fosa Séptica, Filtro Anaeróbico, Impacto Ambiental

## I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad la aplicación de los parámetros de diseño, normas y códigos de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de la ciudad de Quito (EPMAPS-Quito), de ahí el producto será de gran beneficio para las comunidades de Chiriboga y el Rocío. Estas comunidades por su distancia y complejidad de arribo se convirtieron en poblaciones de desarrollo poco significativo.

La disposición de los desechos provenientes del sistema de alcantarillado serán tratados antes de que el agua sea descargada en el río Saloya, con esto se garantizará la preservación del medio ambiente.

Los estudios arrancan con el diagnóstico situacional y actual de las poblaciones, la recopilación de información referente al área del proyecto y la evaluación de problemas a ser resueltos.

Para el estudio se tomó como información base la proporcionada por las siguientes instituciones: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Instituto Geográfico Militar (IGM), Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ), y Normas Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de la ciudad de Quito (EPMAPS-Q), además de las investigaciones, salidas de campo y encuestas que fueron realizadas en la zona del proyecto.

## II. ANTECEDENTES

El alcantarillado en la actualidad ha dejado de ser solamente el transportador de desechos domésticos hacia un medio receptor, sino también se ha convertido en una manera de preservación del medio ambiente al tratarlos antes de entregar al medio receptor agua ya libre de agentes patógenos y contaminantes. La falta de alcantarillado en los poblados que abarca este proyecto ha creado la necesidad de descargar sus aguas negras en la fuente más próxima, que es el río Saloya, contaminándolo. Es un doble problema, carencia de alcantarillado y los rústicos sistemas que tienen para desalojar las aguas negras (los pozos sépticos), se saturan rápidamente debido a la característica de los suelos y la manera artesanal con que fueron construidos, hacen que el agua proveniente de las precipitaciones se infiltre y llenen rápidamente dichos pozos.

### Aspectos físicos y geográficos

#### Ubicación geográfica

El barrio Chiriboga pertenece a la Parroquia rural de Lloa localizada al Suroccidente del cantón Quito, a 51 km hacia el Suroccidente de la ciudad de Quito por la antigua vía a Santo Domingo de los Colorados (actualmente Santo Domingo de los Tsachilas).

El recinto El Rocío se ubica a 806 metros sobre la misma vía antigua hacia Santo Domingo de los Tsachilas.

El área de influencia específica se encuentra entre las coordenadas geográficas:

Norte: 469.853,77 m : 9°974.875,69 m  
Sur: 469.911,29 m : 9°974.690,21 m  
Este: 470.566,51 m : 9°974.647,68 m  
Oeste: 469.474,44 m : 9°974.632,30 m

Proyección: UTM con parámetros modificados para Quito Datum WGS84

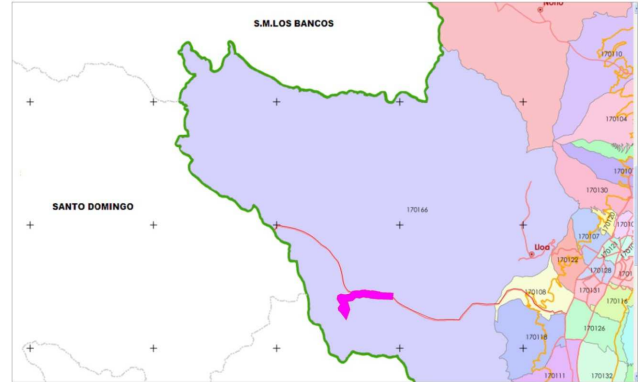
Al estar juntas ambas poblaciones, los límites serán los mismos para las dos.

Norte: La parroquia Lloa

Sur: El sector de Alluriquin

Este: Las estribaciones de la cordillera de los Andes

Oeste: Las mismas estribaciones de la cordillera de los Andes



**BARRIO CHIRIBOGA Y RECINTO EL ROCÍO**  
**VÍA DE ACCESO (ANTIGUA VÍA QUITO – SANTO DOMINGO)**

La red de alcantarillado a ser proyectada para el barrio tiene una longitud de 1,8 km, la misma que cubre un área de 26,42 hectáreas.

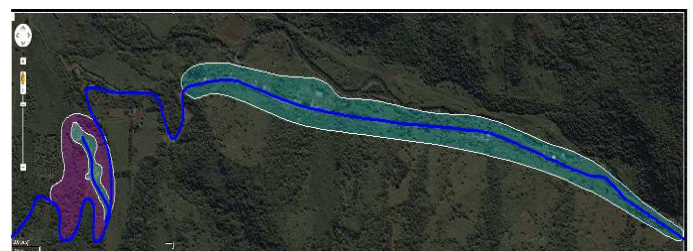
### Características físicas

#### Tipo de suelo

En los ensayos que se realizaron para el proyecto, se determinó que el tipo de suelo específico es "ML - Limo arcilloso", según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

#### Uso del suelo.

De acuerdo al uso del suelo se analiza la densidad de las zonas en los dos sectores del proyecto, de ahí se define que el uso del suelo es el siguiente:



**Agrícola**  
**Residencial.**  
**Protección Ecológica**  
**Vía Principal**

El barrio de Chiriboga es, en su totalidad, un sector agrícola residencial mientras que el recinto el Rocío es una aldea ecológica protegida.

La ocupación del suelo seguirá hacia una tendencia a ser residencial. Con el paso del tiempo se deberá prever que dónde hoy se realiza la actividad de agricultura, habrá, más adelante, viviendas en general.

## Topografía y relieve

Al estar enclavados los dos poblados en las estribaciones de la cordillera de los Andes, la topografía del sector es variada. El terreno del barrio Chiriboga tiene una pendiente de sur a norte de 3.0 %, mientras que el terreno del recinto El Rocío tiene una pendiente de este a oeste de 6.0 %, siendo este el más irregular. Los dos sectores, presentan una configuración urbanística definida, ya que los barrios se desarrollan a lo largo de la vía principal, esto se debe a la configuración y disposición de los poblados. Las estribaciones de la cordillera obligan a la forma característica de los mismos.

## Infraestructura

El barrio Chiriboga y el recinto el Rocío cuentan con los siguientes servicios:

### Energía eléctrica

Las comunidades están dotadas de servicio eléctrico, el cual lo da la Empresa Eléctrica Quito con regularidad las 24 horas del día. Todas las viviendas habitadas cuentan con el servicio, solo aquellas que se encuentran abandonadas o en construcción carecen del mismo, así mismo las viviendas alejadas del centro poblado.

### Vialidad.

Debido a que el sector ha perdido importancia comercial, la única vía de acceso a las dos comunidades, el barrio Chiriboga y el recinto el Rocío, es la antigua vía que conectaba a Quito con lo que era Santo Domingo de los Colorados. Es una ruta de cuarto orden, la cual se halla en constante mantenimiento por parte del Cuerpo de Ingenieros del Ejército y EP-Petroecuador, ya que sirve a las estaciones de reducción de presión del Oleoducto llamado Chiriboga.

El servicio de transporte público es esporádico, solo se tiene los días de feria y la movilidad de los habitantes es a través de la aparición de un vehículo que los acerque a la ciudad de Quito o al sector de Alluriquín.

En lo que se refiere a la red vial interna del barrio, la vía principal es la mencionada anteriormente y atraviesa el centro de ambos poblados. Los caminos secundarios son de tierra y piedra, se encuentran en mal estado y están faltos de obras de protección como alcantarillado y cunetas en lugares críticos.

### Agua potable

El barrio Chiriboga y el recinto el Rocío no poseen una red de agua potable, la mayoría de los habitantes se sirven de agua proveniente de pozos y del agua del Río Saloya que cruza ambos poblados.

### Otros servicios

No hay acceso a telefonía en el sector, tampoco a internet, por lo que las condiciones de comunicación son muy complicadas.

### Aspectos naturales

#### Características climáticas

La región se encuentra influenciada por un clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, según la clasificación regional del

clima para el Ecuador, en dónde está ubicado el proyecto, se encuentra entre los 500 msnm y los 2000 msnm, teniendo una temperatura media de 15,0 ° C.

Para el estudio se consideraron dos Estaciones Climatológicas, la de Atacazo que está regulada por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS-Q) y la Estación Chiriboga que está regulada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Por la cercanía de la estación y por ser la que más se ajusta al sector de estudio, se optó por realizar los análisis en base a la información de la estación Chiriboga – M116.

### Temperatura ambiente

La temperatura destaca por la tendencia de decrecimiento de los valores medios con la altitud.

### Humedad

Se expresa en porcentaje, la cantidad de vapor de agua que está presente en los estratos más bajos de la atmósfera.

La lectura de datos en la estación, se realiza diariamente en horarios de: 07h00, 13h00 y 19h00.

### Nubosidad

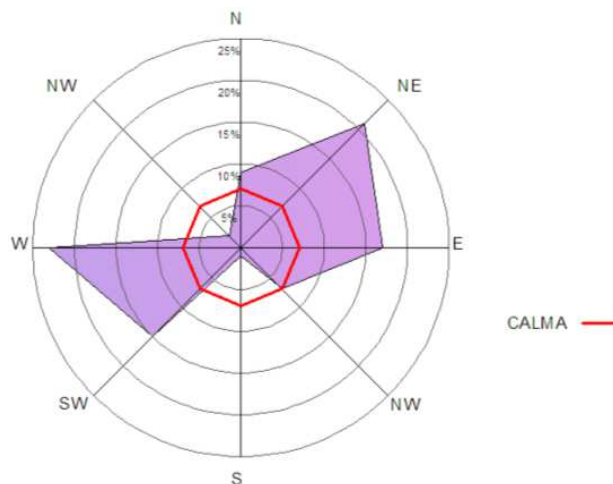
La nubosidad es el valor medio diario de la fracción de cielo cubierto por nubes visibles.

### Viento

Los vientos se producen por diferencias de presión atmosférica, atribuidas, sobre todo, a diferencias de temperatura. Las variaciones en la distribución de presión y temperatura se deben, en gran medida, a la distribución desigual del calentamiento solar, junto a las diferentes propiedades térmicas de las superficies terrestres y oceánicas. Cuando las temperaturas de regiones adyacentes difieren, el aire más caliente tiende a ascender y a soplar sobre el aire más frío y, por tanto, es más pesado. Los vientos generados de esta forma suelen quedar muy perturbados por la rotación de la Tierra.

La dirección del viento predominante depende en gran medida de la morfología del área, que define el paso de los vientos y corrientes de aire.

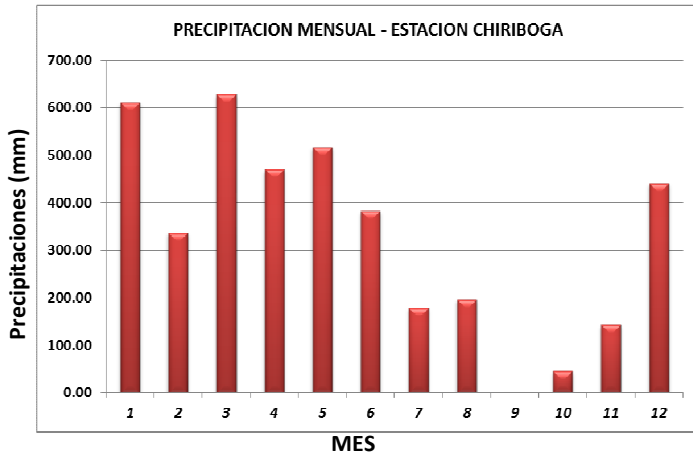
El viento que prevalece en la lectura de datos de la estación Chiriboga es la dirección del viento oeste con 23 % de persistencia, también es frecuente la dirección Noreste con 21 %. El evento “calma” se presenta con el 7 % de frecuencia.



## Precipitación

La determinación del ciclo del agua para una determinada región se realiza en base a las precipitaciones que ocurren en el lugar, además de la vegetación y uso del suelo.

Debido a las dos estaciones climáticas que están muy bien marcadas en la región se puede considerar lo siguiente: el período húmedo se presenta entre los meses de noviembre a mayo, con máximos mensuales en marzo o abril; mientras que, de junio a septiembre corresponde al período seco, con mínima presencia de precipitaciones en los meses de julio o agosto, en este período incluso se tienen meses con ausencia de lluvias.



## Recursos Hídricos

En el sector se encuentran dos quebradas y es atravesado por el río Saloya, de ahí que el agua tratada se descargará en este río y dicho tratamiento prevé que se entregue agua sin contaminantes.

## Aspectos ambientales

### Riesgos naturales

Este estudio también contempla analizar las características geológicas de la zona, de dónde se hará una recopilación y análisis de la información existente, que permita determinar los estudios adicionales que deban realizarse en este campo.

La topografía de los poblados permite el escurrimiento fácil de las aguas lluvias por los drenajes naturales, no presenta problemas de inundaciones o deslizamientos de los taludes.

### Niveles de Ruido.

Los poblados no tienen en sus alrededores industrias y la circulación de automotores es esporádica, por lo que no se ven afectados por la presencia de ruido.

## Aspectos socio-económicos

Información demográfica.

Como parámetros de la información demográfica del sector se obtuvo la siguiente información: número de miembros del núcleo familiar, edad, nivel de instrucción y actividad económica, tipo de vivienda, abastecimiento de agua, eliminación de excretas, actitudes.

Esta información se tomó in-situ, encuestando a 126 familias de 126 lotes del barrio Chiriboga y a 44 familias de 44 lotes en el

recinto El Rocío, desde el 29 de octubre hasta el 02 de noviembre del 2011, los cuales fueron fijados para la toma de datos a todos los habitantes pertenecientes al barrio Chiriboga y el recinto el Rocío y de esta forma poder analizar la factibilidad del proyecto.

## Población total

Al finalizar y procesar las encuestas a los moradores del sector se obtuvo la siguiente información:

### BARRIO CHIRIBOGA

La población actual es de 136 personas de las cuales 56 personas son hombres y 80 personas son mujeres.

### RECINTO EL ROCÍO

La población actual es de 36 personas de las cuales 17 personas son hombres y 19 personas son mujeres.

## Nivel de instrucción

El aspecto educativo de la población de un total de 136 habitantes del barrio Chiriboga, 130 personas tienen instrucción primaria y 3 personas son analfabetos, así también, de un total de 36 habitantes del recinto el Rocío, 36 personas tienen instrucción primaria.

La población estudiantil escolar asiste a la Escuela Padre Menthén que se encuentra en el sector. Los estudiantes de secundaria asisten a los colegios de Quito, ya que en el sector no hay instituciones de nivel secundario, de ahí que la mayoría de los pobladores solo tienen nivel académico primario y aquellos que deciden y tienen las posibilidades de un nivel académico mayor migran de los poblados, siendo esta migración definitiva.

## Población actual y futura

En la zona del proyecto, acorde a la encuesta socio-económica, nos demuestra que cada lote deberá estar conformado por 4 habitantes promedio.

Barrio	Numero de lotes	Numero de lotes habitados	Población actual (No. Hab.)	Población saturación (No. Hab.)
CHIRIBOGA	44	40	136	176
EL ROCÍO	31	11	36	124

## Población económicamente activa

Para determinar la ocupación de la Población Económicamente Activa (PEA), aquella que interviene en la producción de bienes y servicios, se clasificó a los pobladores en las siguientes actividades: agrícola ganadera, obrero, jornalero, empleado y otros. En el barrio Chiriboga se pudo establecer que la PEA es de 61 habitantes, lo que significa el 45% de la población, mientras que en el recinto el Rocío, la PEA es de 30 habitantes, lo que significa el 83% de la población.

## IV. BASES DE DISEÑO

### Tipo de Sistema

Un análisis técnico-económico hace que se considere la selección del tipo de sistema de alcantarillado a diseñarse para los poblados y obedece a las características de las cuencas aportantes, el régimen de lluvias de la zona, las características del cuerpo receptor y la posible reutilización del agua. Se

III.

analiza todos los aspectos y se opta por el Sistema Separado, que es el más apropiado a la realidad socio-económica del sector.

### **Diagnóstico**

El barrio Chiriboga y el recinto el Rocío al no contar con un sistema de alcantarillado para la eliminación de las excretas, se ven obligados a realizarlo por medio de letrinas o pozos sépticos, que en algunos casos han colapsado y los cuales se las pueden observar en las aguas superficiales, con lo que se genera problemas ambientales y de salud de la población. Por otra parte, aquellos que ya han sufrido de este recurrente problema, han optado por descargar las aguas negras al río Saloya, contaminándolo.

El barrio Chiriboga, por estar dentro de la zona del sistema de parroquias occidentales del Distrito Metropolitano de Quito; está contemplado por la EPMAPS-Q para su programa de expansión de servicio de agua potable y saneamiento, en un listado de priorización, para realizar estas obras lo antes posible.

### **Zona y nivel de servicio.**

El barrio Chiriboga se encuentra atravesado por la antigua vía que va desde Quito hacia Santo Domingo de los Tachillas, teniendo un poblado definido pero que fue densificándose en las orillas de la vía, de ahí que esta muy bien ordenado, a su vez, el recinto El Rocío ha sido lotizado de igual manera con orden, de manera que si es factible dotar de alcantarillado a todos los pobladores que se encuentran en el centro de ambas comunidades.

El nivel del sistema a ser adoptado para esta área será del nivel 2 y el cual se utiliza en comunidades que ya tengan algún tipo de trazado de calles, con tránsito vehicular y que tengan una mayor concentración de casas, de modo que se justifique la instalación de tuberías de alcantarillado con conexiones domiciliarias.

### **Sistema a aportarse y justificación.**

De acuerdo con las normas de la EPMAPS-Q, se ha de adoptar como sistema de alcantarillado, el denominado SEPARADO, en toda la zona del barrio Chiriboga y el recinto El Rocío, ya que a pesar de ser una zona que tiende a urbanizarse, presenta una baja densidad poblacional, se tiene por una parte una aldea ecológica protegida y por otro lado el Río Saloya, de ahí que está justificada la decisión de hacer un alcantarillado separado y el tratamiento de las aguas negras, en vista de la preservación del medio ambiente.

Para la descarga del caudal pluvial el sistema tendrá sitios que estarán señalados en los planos, los cuerpos receptores serán el río Saloya en el caso del barrio Chiriboga y para el recinto el Rocío, la quebrada del mismo nombre. El caudal sanitario será transportado hacia el sistema de tratamiento, que se lo realiza antes de la descarga al cuerpo receptor (río Saloya).

### **Período de diseño.**

El período es el tiempo para el cual el sistema funcionará en forma eficiente, por su capacidad para captar, procesar y conducir el caudal de agua que es desalojado por la comunidad, también es el tiempo dónde la resistencia física de las instalaciones y la calidad del servicio son las óptimas.

El período de diseño de los elementos será entre 20 y 25 años, aunque el material sea PVC, que es un material de buena duración en las condiciones del proyecto, por ser los diámetros pequeños en las conducciones, se adopta el valor de 20 años para el período de diseño.

### **Análisis poblacional**

#### **Tasa de crecimiento y densidad de la población**

La EPMAPS-Q, instruirá al consultor si toma estas poblaciones o utiliza las densidades de saturación dadas por la Dirección de Planificación del Municipio de Quito, la población final se considerará para 20 años a partir de la fecha estimada de inicio de la operación del sistema.

En el barrio Chiriboga se puede observar que existe una alta densidad poblacional en el centro, mientras que en los tramos alejados la densidad poblacional disminuye.

Para el proyecto se utilizará una tasa de crecimiento demográfica de 0.5 hab./ha, como si esta fuese la tendencia a futuro de la población.

Se tiene que para el sector hay un promedio de 3.7 habitantes por vivienda, lo que equivale a tener 4 hab./vivienda.

### **Calculo de la población**

#### **Población futura**

Para la estimación de la población futura, se determina que la población de saturación es el valor más óptimo para calcular la red. La población futura para cada sector será:

BARRIO CHIRIBOGA: 176 habitantes  
RECINTO EL ROCÍO: 124 habitantes

### **Dotación**

Las poblaciones no tienen servicio de agua potable, por lo que se considerará la dotación a partir de la tabla del EX Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (EX-IEOS) de acuerdo a la población, entonces el valor de la dotación para el diseño es de 130 l/hab/día y en el caso de los lugares donde haya otras edificaciones que no sean viviendas, se utilizara la tabla del NEC 2011 para definir los valores de dotación de estas edificaciones.

### **Áreas de aportación.**

Las áreas de aportación se determinaron en base al levantamiento topográfico realizado, siguiendo las divisorias de agua de las curvas de nivel.

### **Caudales de diseño.**

Para los dos sectores (barrio Chiriboga y recinto El Rocío), el dimensionamiento de la red corresponde al sistema de alcantarillado separado y se considera el caudal de aguas residuales más el caudal de infiltración para el alcantarillado sanitario.

$$Q \text{ diseño sanitario} = Q \text{ residuales (Qas)} + Q \text{ infiltración (Qi)}$$
$$Q \text{ diseño pluvial} = Q \text{ aguas lluvia}$$

## Caudal de aguas residuales.

Por tratarse de un sistema separado, el caudal de aguas residuales está conformado por el caudal de aguas servidas (Qas). El mismo que estará conformado por las aguas de origen doméstico y público.

El caudal medio de las aguas residuales será igual al 70% de la dotación de agua potable y que se ha determinado:

$$\begin{aligned} Q_{as} &= 70\% * \text{dotacion} \\ Q_{as} &= 0.70 * 130 \text{ l/hab/día} \\ Q_{as} &= 91 \text{ l/hab/día} \end{aligned}$$

## Coefficiente de simultaneidad.

Para el cálculo de los caudales máximos horarios, se tiene el siguiente coeficiente de simultaneidad "M", establecidos en las bases de diseño de la EPMAPS-Q.

Se calcula mediante:

$$\begin{aligned} Q < 4 \text{ l/s} &\rightarrow M = 4 \\ Q \geq 4 \text{ l/s} &\rightarrow M = \frac{3,697}{Q^{0,073325}} \\ 1,50 &\geq M \leq 4 \end{aligned}$$

Dónde, M coeficiente de simultaneidad, adimensional;  
Q caudal medio diario de aguas servidas, l/s

## Caudal de Infiltración.

Es inevitable la infiltración de aguas superficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, principalmente freáticas, a través de fisuras en las tuberías, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de tuberías con pozos de inspección y demás estructuras, especialmente cuando no son completamente impermeables. La EPMAPS-Q recomienda usar los valores de 0.1 l/s-ha (Infiltración Media).

Para el cálculo de los caudales de infiltración se utiliza entonces la siguiente fórmula:

$$Q_i = 0.1 * A$$

Dónde:

Qi = Caudal de infiltración

A = Área (Hectáreas)

## Caudal máximo

El caudal máximo se lo obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_{max} = P_p * \frac{D * r * M}{86400}$$

Dónde:

Qmax = Caudal máximo (l/s).

Pp = Población proyectada (hab).

D = Dotación (l/hab/día).

r = Porcentaje de retorno (%).

M = Coeficiente de simultaneidad.

## Caudal pluvial

Para el cálculo del caudal pluvial, se usa el Método Racional,

que es aplicado para cuencas de tamaños menores (hasta 200 ha) y de características hidrológicas e hidráulicas simples, es decir sin elementos de detención o retardos. Este método es parte de las normas empleadas por la EPMAPS-Q. La fórmula usada para el cálculo es la siguiente:

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

Dónde:

Q = Caudal máximo de escorrentía pluvial (l/s).

C = Coeficiente de escurrimiento.

I = Intensidad de lluvia (mm/hora).

A = Área total de drenaje aportante (ha)

Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento (C) es un valor adimensional que resulta de la consideración de los siguientes factores: infiltración y topografía del suelo, cobertura vegetal del sector, relieve, intensidad de lluvia y del suelo. La EPMAPS-Q recomienda utilizar diferentes tipos de coeficiente C para zonas Rurales con población dispersa de 0,40.

## Periodo de retorno.

El periodo de retorno se define como el intervalo de recurrencia, al lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. Este periodo se considera como el inverso de la probabilidad del evento de los valores de registros. Siguiendo las normas de la EPMAPS-Q, se tiene los valores del periodo de retorno según los diferentes elementos que se vayan a diseñar, para redes a nivel rural el periodo de retorno será de T=5 años.

## Tiempo de concentración

La EPMAPS-Q en sus normas dicta que "El tiempo de concentración de la cuenca está definido como el tiempo de viaje del agua de lluvia caída en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca hasta llegar a dicha sección de desagüe". Comúnmente se puede estimar el tiempo total de viaje como la suma del tiempo del flujo sobre la superficie, más el tiempo de viaje por los canales secundarios, más el tiempo de viaje por el cauce principal hasta el punto de control.

$$t_c = t_i + t_f$$

Dónde:

tc : Tiempo de concentración

ti: Tiempo inicial o de entrada al sistema de alcantarillado

tf: Tiempo de flujo a lo largo de los conductos del sistema de alcantarillado

El tiempo de concentración mínimo en zonas urbanas, para tramos iniciales de alcantarillado sin sistemas afluentes, se adoptará igual a 5 minutos.

El tiempo de recorrido, tf, está dado por la ecuación:

$$t_f = \frac{1}{60} \sum \left( \frac{L_i}{V_i} \right)$$

Dónde:

Li = longitud en metros del colector

Vi = velocidad en el colector, m/s

Se parte de que el agua corre con una velocidad de 0.30 m/s y sabiendo que la longitud máxima de la tubería entre pozos de revisión será de 80 m, tenemos lo siguiente:

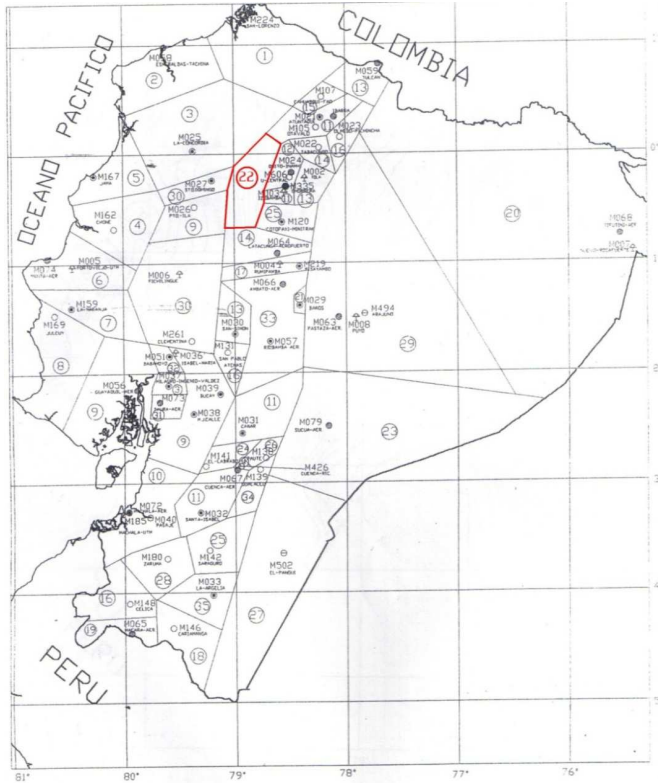
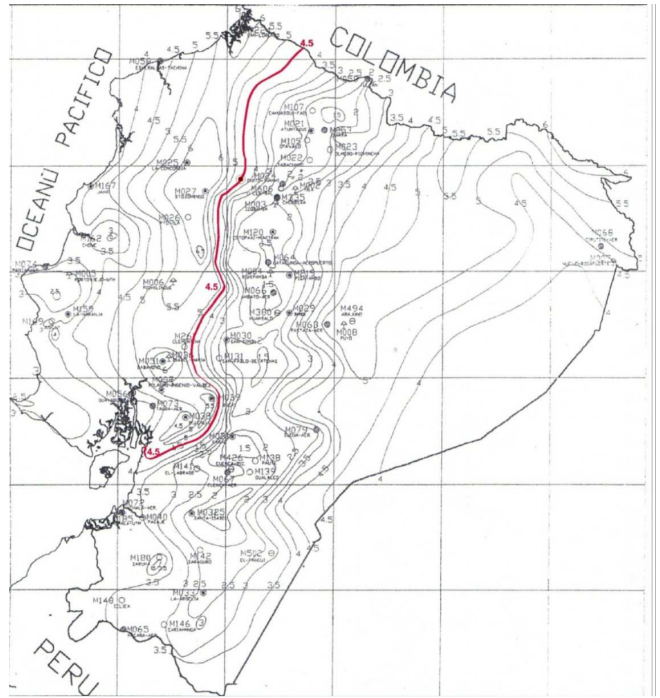
Entonces el tiempo de concentración será:

$$tf = \frac{1}{60} \left( \frac{80m}{0.30m/s} \right) \text{min}$$

$$tf = 4.44 \text{ min} \approx 5 \text{ min}$$

### Intensidad de aguas lluvias.

La gráfica de zonificación de densidades de áreas pertenecientes al INAMHI, determina zonas con similares condiciones morfológicas y meteorológicas y las ecuaciones de intensidad de precipitaciones, así se tiene que para el área de estudio, la gráfica es la siguiente:



De dónde se tiene:

$$Id_{TR} = 4.6 \text{ mm/h}$$

Entonces la intensidad de precipitación es:

$$I_{TR} = 48.772 * t^{0.3533} - 0.3533 Id_{TR}$$

$$I_{TR} = 48.772 * (10^{0.3533}) * 4.6$$

$$I_{TR} = 99.46 \text{ mm/h}$$

### V. TRATAMIENTO (FOSA SÉPTICA Y FILTRO ANAERÓBICO)

Después de recibir los análisis de agua del Rio Saloya se ha determinado lo siguiente:

Las aguas captadas por el sistema de alcantarillado sanitario en las poblaciones de Chiriboga y El Rocío son residuales de tipo doméstico, teniéndose una población rural y dispersa. Será suficiente un tratamiento de tipo primario para depurarlas antes de entregarlas al Rio Saloya, que es el cuerpo receptor más cercano a las poblaciones.

Al existir varios tipos y métodos para purgar las aguas servidas, se ha escogido la fosa séptica como la opción más viable por tratarse de un sistema simple en su construcción, de fácil mantenimiento y que cubra la necesidad de ambas poblaciones.

La fosa séptica por sí sola no depura en su totalidad el agua que recibe, por lo que tiene obligadamente que ayudarse de un sistema complementario para el efecto. Se tiene varias alternativas, el escoger la opción adecuada estará acorde con la que más se acople a las necesidades del proyecto, localización geográfica y mantenimiento del mismo:

- Fosas sépticas más zanjas de infiltración
- Fosas sépticas más pozos de infiltración
- Fosas sépticas más lechos de infiltración
- Fosas sépticas más filtros de arena
- Fosas sépticas más filtro anaeróbico
- Tanques de decanto digestión (imhoff)

Se ha optado por el filtro anaeróbico como el sistema que

Se determina entonces, que el área de estudio se encuentra en la zona 22, ubicada en el Centro Norte del país, de ahí que para los tiempos se tiene:

$$\text{De } 5 \text{ min a } 67 \text{ min} \quad I_{TR} = 48.772 * t^{0.3533} - 0.3533 Id_{TR}$$

$$\text{De } 67 \text{ min a } 1440 \text{ min} \quad I_{TR} = 266.64 * t^{0.7687} - 0.7687 Id_{TR}$$

### Intensidad máxima diaria.

Según el periodo de retorno, el INAMHI proporciona las gráficas que muestran isolinias de las zonas dónde se indica la intensidad máxima diaria de precipitación (en 24 horas), en la siguiente figura se determina el valor de  $Id_{TR}$  para la zona 22, dónde se halla exactamente el proyecto:

ayudará a depurar las aguas negras de las poblaciones debido a que es de fácil mantenimiento.

### **Tanque séptico**

Para poblaciones pequeñas, como las del barrio Chiriboga y el recinto El Rocío, el uso de los tanques sépticos es muy recomendado. Se caracteriza porque en estos la sedimentación y la digestión ocurren dentro del mismo tanque, evitando problemas como la complejidad en la construcción y excavación.

El tanque séptico consiste en uno o varios compartimientos en serie donde las aguas servidas, después de un periodo de residencia, sedimentan sus sólidos. Para lograr una sedimentación efectiva y un periodo de desenlodado apropiado, el tiempo de residencia recomendado es de uno a tres días.

Este proceso permite la digestión anaeróbica, utilizando una gran parte de partículas sólidas, mientras otra parte se deposita, haciéndose necesaria la remoción de los sedimentos en forma periódica.

La eficiencia que se obtiene en estos tanques para la remoción de DBO<sub>1</sub>, se encuentran en el orden del 30% al 50%, de aceites y grasas del 70%; sólidos en suspensión (SS) 60% y fosforo en un 15%, para el caso de las aguas domésticas típicas.

La función de los tanques sépticos es:

- Eliminar sólidos suspendidos y materia flotante
- Realizar tratamiento anaeróbico de los lodos sedimentados
- Almacenar lodos y material flotante.

### **Capacidad**

El primer paso para el diseño del tanque séptico es definir su capacidad. Ello se hace utilizando el caudal de aguas servidas no mayoradas, el mismo que se lo expresa en m<sup>3</sup>/día.

Con el volumen total obtenido se procederá a dimensionar el tanque, según la disposición de espacio existente.

### **Mantenimiento**

Se estima que 1/3 del volumen del tanque será ocupado por los lodos de sedimentación. El tiempo de desenlodado del tanque se calcula suponiendo una tasa de acumulación de 0.04 m<sup>3</sup> por persona servida y por año.

### **Filtro Anaeróbico.**

Cuando los efluentes del caudal sanitario salen del tanque séptico aunque han sido tratados, todavía tienen un alto nivel de contaminantes y patógenos, como para verterse directamente a un cuerpo receptor. Se necesita una fase más en el tratamiento.

En este caso se recurrirá a un filtro anaeróbico, que recibe el agua proveniente del tanque séptico por medio de un sistema de tuberías que la dirige hacia el fondo del filtro, el agua se distribuye de manera uniforme e ira ascendiendo a través de unas losetas falsas y filtros de grava que están dispuestos en el interior del filtro, de ahí pasa por una fina película de microorganismos adheridos a la superficie, o floculados, donde se realiza el proceso de degradación anaerobia.

Las ventajas de la digestión anaerobia son la alta eficiencia en la purificación, estimada en un 80 por ciento de remoción de la DQO, la baja producción de lodos y el bajo consumo de energía.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES.**

- La tasa de crecimiento poblacional en el sector es negativa, por lo que se optó por trabajar con la población de saturación, de lo cual cada vivienda tendrá un promedio de 4 habitantes.
- De las inspecciones de campo realizadas, la falta de políticas sanitarias en el barrio Chiriboga y en el recinto El Rocío, hace necesario solucionar los problemas sanitarios generados a lo largo del tiempo y prever las futuras intervenciones en el área del proyecto.
- El diseño del sistema de alcantarillado separado permitirá a la población disponer adecuadamente las aguas servidas y elevar el nivel de vida de toda la población.
- La recolección y evacuación de las aguas servidas, será mediante 2 sistemas que confluyen a la planta de tratamiento. Cada sistema corresponde a uno de los poblados, pero la descarga será la misma posterior al tratamiento.
- En el barrio, es necesario en ciertos casos una servidumbre de paso de la vía por donde circulará la red, para lo cual se mantuvo reuniones con los Presidentes de cada sector, que comunicó a los pobladores cuyos terrenos serán afectados y/o beneficiados con el proyecto.

### **RECOMENDACIONES.**

- Se deberá realizar un mantenimiento periódico de la red, con el fin de garantizar un funcionamiento óptimo durante su periodo de diseño.
- En la etapa de construcción de las estructuras se debe tener una adecuada metodología y técnica, que garantice que los materiales sean los adecuados y especificados por las normas establecidas, una correcta colocación de las tuberías con sus respectivas juntas.
- Iniciar con la educación de las personas que habitan en el barrio para que tengan un uso adecuado de la red, ya que en los primeros años las velocidades de auto limpieza serán mínimas y pueden producirse obstrucciones de la red. Las base de datos son el centro de atención de las grandes empresas actuales, porque son una colección de datos donde se encuentra integrada la información de estas, proporcionando una herramienta para que puedan hacer un mejor uso de la información ahorrando tiempo, aprendiendo de una forma rápida y precisa.