

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Diseños sanitarios sostenibles para la Urbanización Estancia Real

Juan Diego Villacís Morales

Miguel Araque, Ing. Civil, Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Civil

Quito, Mayo de 2013

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Diseños Sanitarios Sostenibles para la Urbanización Estancia Real

Juan Diego Villacís Morales

Miguel Araque, Ing. Civil
Director de la tesis

Fernando Romo, Ing. Civil
Director del programa

Ximena Córdova
Decana
Escuela de Ingenierías
Colegio de Ciencias e Ingeniería
El Politécnico

Quito, Mayo de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: _____

Nombre: Juan Diego Villacís Morales

C. I.: 1714559539

Lugar: Quito

Fecha: 16 de Mayo del 2013

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia por todo el apoyo que me fue dado durante estos 5 años de estudio. Dedico este trabajo también, a los estudiantes y profesionales que deseen realizar diseños sanitarios amigables con el ambiente y recurran a esta tesis como fuente bibliográfica.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mi director de tesis Ing. Miguel Araque, por su paciencia y disposición durante estos arduos meses de trabajo. Además, quiero agradecer a todos los presentes en el día de la defensa de mi tesis y finalmente a Frances Schick por su traducción del abstract.

RESUMEN

Este trabajo comprende del diseño de sistemas sanitarios mediante la aplicación de criterios sostenibles para la urbanización Estancia Real. El diseño sanitario incluye el sistema de agua potable, sistema contra incendio y sistema de alcantarillado, el cual cuenta con su planta de tratamiento primario de aguas residuales urbanas. Se realizó también, la evaluación de impacto ambiental, el cálculo de emisiones de CO_2 para el ciclo de vida y el presupuesto de la tubería de PVC a implementarse para el sistema de alcantarillado. Además, se planteó la implementación de sistemas solares termales para el sistema de agua potable de las viviendas de la urbanización Estancia Real.

ABSTRACT

This study involves the design of sanitary systems by means of the application of sustainable standards for the residential area of Estancia Real. The sanitary design contains a water supply system, a fire prevention system, and a sewage system, that which is connected to its primary waste water treatment plant. This study also attempts to expand upon the evaluation of environmental impact, the potential budget, and the calculation of the life cycle of CO_2 emission of the PVC tubing for the sewage system. In addition, the implementation of solar thermal systems for the water supply system has been outlined for the homes within the residential area of Estancia Real.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	13
Introducción	13
Objetivo principal.....	14
Objetivos específicos.....	14
Metas.....	15
Metodología	15
INVESTIGACIÓN Y TRABAJO DE CAMPO	20
Introducción	20
Descripción general de la zona.....	20
Características del terreno	23
Proyecto arquitectónico	24
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	27
Introducción	27
Objetivos y alcance.....	27
Tipos de sistema de alcantarillado.....	28
Justificación de tipo de alcantarillado seleccionado: sistema separado.....	29
Material de tubería.....	30
Consideraciones generales de diseño de red de alcantarillado.....	31
Elementos de la red de alcantarillado sanitario y pluvial.....	32
Hidráulica.....	37
Instalación de tuberías.....	39
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO	44
Introducción	44
Objetivos.....	44
Algoritmo del estudio de caudales sanitarios	45
Periodo de diseño.....	46
Población.....	46
Densidad poblacional.....	49
Dotación.....	50
Coeficiente de retorno o recuperación (kr).....	51
Caudales de diseño.....	51
Velocidades máximas y mínimas.....	60
Resumen de cálculos de estudio de caudales sanitarios	62

Resultados	65
DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	66
Introducción	66
Objetivos.....	66
Algoritmo de estudio de caudales pluviales	67
Periodo de diseño.....	68
Áreas de aporte o tributación.....	68
Coefficiente de escorrentía (C).....	69
Periodo de retorno (<i>TR</i>)	71
Tiempo de concentración (<i>tc</i>)	72
Intensidad máxima diaria (<i>IDTR</i>).....	73
Intensidad de lluvia	74
Caudal de aguas lluvias total (<i>Qp</i>).....	75
Caudal de aguas lluvias nominal (<i>Qnp</i>)	76
Resultados	78
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS	79
Introducción	79
Objetivo.....	79
Aguas residuales urbanas	79
Biodegradabilidad.....	84
Importancia del tratamiento primario de aguas residuales	85
Metodologías de tratamiento	86
Tanque séptico.....	88
Diseño del tanque séptico	91
Resultados	96
Mantenimiento	96
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	98
Introducción	98
Objetivo.....	98
Marco legal	98
Matriz Factor-Acción: metodología de evaluación de impacto ambiental	102
Factores ambientales afectados	105
Actividades de afectación.....	109
Matriz de identificación de impactos	110
Matriz Causa-Efecto.....	117
Niveles de impacto.....	118

Resultados	119
Plan de manejo	120
ESTUDIO DE CICLO DE VIDA DE TUBERÍA DE PVC PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	124
Introducción	124
Objetivo.....	124
Análisis de ciclo de vida	125
Metodología del análisis de ciclo de vida	125
Ciclo de vida de la tubería de PVC para el sistema de alcantarillado.....	126
Cálculo de gasto energético y emisiones de <i>CO2</i> en ciclo de vida.....	132
Discusión de resultados.....	138
Resultados	140
DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	141
Introducción	141
Marco legal	141
Suministro de agua a viviendas.....	143
Presión de suministro de agua potable.....	144
Presiones recomendadas	144
Aparatos sanitarios.....	145
Diseño del sistema de agua potable.....	145
SISTEMA TERMAL SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POTABLE	147
Introducción	147
Uso de energía solar como sistema de calentamiento.....	147
Componentes básicos de un sistema termal solar	148
Tipos de captadores solares termales para uso habitacional	149
Tanque de almacenamiento.....	151
Clasificación del sistema en función de la mecánica del fluido	152
Justificación del uso de sistemas termales solares	153
Dimensionamiento de los captadores solarestermales	155
Cálculo del rendimiento del sistema	155
Mantenimiento	156
Sistema de calentamiento complementario.....	157
Sistema escogido para aplicación.....	157
SISTEMA CONTRA INCENDIOS	159
Introducción	159
Marco legal	159
Componentes del sistema contra incendios	164

Riesgos	167
Consideraciones generales de diseño.....	169
Suministro y distribución de agua	170
Mantenimiento del Sistema.....	172
Potencia de las Bombas Contra Incendios.....	172
Coeficientes de ajuste por pérdidas.....	173
Diseño del Sistema contra incendios	174
PRESUPUESTO BASE DE OBRAS DE ALCANTARILLADO.....	176
Introducción	176
Costos directos e indirectos.....	176
Costos unitarios.....	177
Cálculos	178
Precios unitarios	179
Presupuesto referencial del sistema de alcantarillado	192
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	194
Conclusiones.....	194
Recomendaciones.....	195
REFERENCIAS.....	198
ANEXO A: ISOLÍNEAS DE INTENSIDADES DE PRECIPITACIONES PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS EN FUNCIÓN DE LA MÁXIMA EN 24 HORAS	201
ANEXO B: RESISTENCIA QUIMICA PARA TUBERÍAS DE PVC.....	202
ANEXO C: LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO. 204	
ANEXO D: LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMESTICO, QUE UNICAMENTE REQUIEREN DE TRATAMIENTO CONVENCIONAL.....	205
ANEXO E: PLANO ARQUITECTÓNICO (PLANTA)	206
ANEXO F: PLANO DE AREAS DE APORTE (PLANTA)	207
ANEXO G: PLANO DE ALCANTARILLADO SANITARIO	208
ANEXO H: PLANO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	209
ANEXO I: PLANO DE SUMIDEROS (PLANTA)	210
ANEXO J: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	211
ANEXO K: SISTEMA CONTRA INCENDIOS (PLANTA)	212
ANEXO L: PLANO DE ELEMENTOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO (PLANTA) 213	
ANEXO M: DETALLES DE CONSTRUCCIÓN: POZO DE REVISIÓN	214
ANEXO N: DETALLES DE CONSTRUCCIÓN SUMIDEROS	215
ANEXO O: CISTERA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	216
ANEXO P: PLANTA DE TRATAMIENTO PRIMARIO: TANQUE SÉPTICO.....	217

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Introducción

La reubicación del aeropuerto Mariscal Sucre trae consigo un impacto urbanístico para la zona de implantación y las zonas aledañas; el primer impacto será de orden vial por el incremento de transporte liviano y pesado; el segundo impacto será el cambio de uso del suelo que actualmente tiene principalmente una vocación agrícola e industrial para convertirse en un centro de comercio y servicios de gestión, alojamiento y fundamentalmente de vivienda.

En conciencia de esto, la Constructora Villacís Constructores & Asociados, se ha planteado desarrollar un proyecto urbanístico privado en un lote de 9,56 Ha, ubicado en la zona urbana de San Carlos Bajo, en la parroquia de Yaruquí del Distrito Metropolitano de Quito.

Este proyecto de carácter habitacional requerirá del diseño de los servicios básicos sanitarios tal como la red de alcantarillado para desalojar las aguas lluvias y las descargas producidas por los habitantes de las viviendas. Para el procesamiento de estas últimas aguas se plantea la implementación de una planta que preste un tratamiento primario previo a su desalojo hacia la red pública de alcantarillado.

Se diseñará de igual manera el sistema de agua potable para la urbanización y se propondrá la implementación de sistemas de calentamiento de agua mediante radiación solar en las viviendas de la urbanización.

El sistema contra incendios de la urbanización se diseñará acorde a los requerimientos estipulados en las normas referentes a la prevención y manejo de incendios. Al efecto se

establecerán los requerimientos para cada una de las edificaciones de la urbanización en concordancia con la norma correspondiente a viviendas.

Se elaborará un plan de manejo ambiental que incluirá medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales el cual será determinado a partir del estudio de impacto ambiental del ciclo de vida del sistema de alcantarillado.

Se realizará un estudio de vida del PVC el cual indicará la cantidad de CO_2 (GEI), es decir la huella de carbono que se produce durante el ciclo de vida de la tubería de PVC que se utilizará para la conformación del sistema de alcantarillado.

Finalmente se elaborará el presupuesto referencial del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para la urbanización donde se podrán apreciar los rubros que conforman la construcción del sistema de alcantarillado.

Objetivo principal

Diseñar sistemas sanitarios utilizando criterios sostenibles para su real aplicación en la urbanización Estancia Real.

Objetivos específicos

- Diseño del Sistema de Alcantarillado.
- Diseño del Sistema de Agua Potable.
- Diseño del Sistema contra incendios.
- Evaluación del Impacto Ambiental.
- Elaboración del Presupuesto Base para el Sistema de Alcantarillado

Metas

- Introducir criterios de diseño amigables con el ambiente para el sistema de alcantarillado, agua potable.
- Explicar al lector la metodología de diseño de sistemas de alcantarillado separado.
- Proponer un diseño de planta de tratamiento la cual preste un procesamiento primario a las aguas residuales urbanas.
- Explicar por qué la tubería fabricada con PVC es una opción de buenas propiedades ambientales y de buenas características para el diseño sanitario.
- Determinar el número de árboles a plantarse con el objetivo de contrarrestar las emisiones de CO2 producidas durante el ciclo de vida de los colectores de PVC implementados en el sistema de alcantarillado.
- Identificar las actividades de construcción que generan un mayor impacto ambiental durante la vida de uso del sistema de alcantarillado.
- Diseñar un plan de prevención y mitigación de impactos ambientales para la construcción y vida de uso del sistema de alcantarillado.
- Identificar cuáles de los rubros presentan una mayor inversión dentro del presupuesto referencial de la obra de alcantarillado.
- Identificar cual es el sistema más recomendado de calentamiento de agua mediante energía solar para las viviendas de la urbanización Estancia Real.

Metodología

Se inicia con el diseño del alcantarillado. Para ello se debe contar con el proyecto arquitectónico urbano definido, esto quiere decir, tener la lotización, la localización de cada una de las viviendas en cada lote, el número máximo de habitantes por vivienda, la

disposición de las vías dentro del proyecto, las áreas comunitarias urbanas, zonas verdes y de equipamiento y demás factores arquitectónicos y urbanísticos.

Se debe definir el material de la tubería y el tipo del sistema de alcantarillado que se planea aplicar basándose en criterios sociales, de costo e impacto ambiental. Se requiere también la disposición del alcantarillado y la localización de los pozos de revisión del mismo.

Para diseñar el sistema de alcantarillado, primeramente se define el periodo de diseño, valor que se debe determinar al realizar un estudio probabilístico con el que se estimará posibles cambios futuros en la demografía y la infraestructura del proyecto; para determinar el periodo de diseño se requiere también analizar la vida útil de los materiales. Otro valor indispensable es la población máxima de la urbanización. Para esto se analizan de igual manera cambios en la infraestructura y aumentos en la población dentro del tiempo de vida útil. Se requiere determinar la densidad poblacional del proyecto, la dotación de agua por habitante y el coeficiente de retorno. Para esto, se analizan factores socio-económicos y geográficos. Posteriormente se determina el caudal total de diseño sanitario a partir de los caudales resultantes y que corresponden a los siguientes: caudal medio de aguas servidas, caudal máximo instantáneo, caudal por conexiones ilícitas y caudal de infiltración o conexiones erradas. Una vez determinado el caudal, se realizan las conexiones domiciliarias al sistema de alcantarillado sanitario.

Para el diseño del alcantarillado Pluvial, de igual manera que el alcantarillado sanitario, se requiere del diseño arquitectónico urbano pero complementado con la información hidrológica histórica de la zona del proyecto proporcionada por el INAMHI. A partir de estos estudios hidrológicos, se determina la intensidad de lluvia que a su vez depende del periodo de diseño o retorno como de la situación geográfica de la urbanización. Con esto se procede a cuantificar las áreas de aportación del proyecto dividiendo la superficie

en trapecios y triángulos. Luego se determina el coeficiente de escorrentía de la superficie, el cual es un valor ponderado que toma en cuenta los diversos tipos de superficie permeable o impermeable existentes en el proyecto. Con estos valores, se procede a determinar el caudal pluvial de diseño; mediante la aplicación de la fórmula racional.

A partir de los datos extraídos durante el diseño del sistema sanitario de alcantarillado, se puede encontrar el valor de la dotación por habitante y a su vez, con este se encuentra la demanda de agua potable de la urbanización. Posteriormente, la disposición de la tubería del sistema de agua potable es definida.

La evaluación del impacto ambiental se la realiza utilizando la matriz de Causa-Efecto, cuya aplicación se utilizará para determinar la magnitud de los impactos ocasionados por las actividades de construcción y uso del sistema de alcantarillado sobre los diferentes factores ambientales.

Primeramente se identifican los posibles factores ambientales susceptibles de afectación y las actividades involucradas con estos impactos. Se grafica una matriz de identificación de impactos donde las columnas representan cada una de las actividades a realizarse y las filas constituyen los factores ambientales que resultarían afectados por esas actividades. Se llena la matriz con vistos para identificar su vinculación por afectación.

Una vez identificada la relación entre los factores y las actividades, se determina el nivel de importancia de cada factor ambiental en una escala de 1 a diez, siendo diez el valor de mayor importancia. Con estos valores se procede a determinar las magnitudes de los impactos, los cuales se encuentran con una expresión matemática, basándose en la naturaleza de los impactos sobre los factores. Es decir, se cuantifican en un rango entre 1 y 10 (positivo o negativo). Estas magnitudes son ponderadas con los valores de importancia de cada factor.

Finalmente se obtiene la magnitud ponderada al multiplicar la magnitud por el valor de importancia correspondiente.

Una vez hecho esto se realiza la Matriz de Causa-Efecto la cual es la misma que la matriz de identificación de impactos ambientales, solo que en lugar de ser llenada con vistos, se incluyen los valores de magnitud ponderada de impacto ambiental. De esta manera, se identificarán cuales factores son los más afectados, en base a lo cual se podrá delinear un plan de prevención y mitigación. Cada impacto posee niveles de significación, los cuales deben ser tomados en cuenta para la cuantificación de posibles daños y para procesos de mitigación.

Se plantea dotar a cada vivienda de un sistema de calentamiento de agua potable mediante energía solar. Al efecto, se parte del análisis y determinación del sistema termal solar más apropiado para las características meteorológicas de la zona del proyecto.

El sistema contra incendios se basa en la normativa vigente establecida por el Distrito Metropolitano de Quito. Se estudia cada una de ellas, se identifica su aplicabilidad y se las implementa en el sistema contra incendio, tanto para la urbanización general como en la cisterna de provisión de agua para la misma. Se plantean también los requerimientos los cuales las viviendas deberán contar para cumplir con la norma establecida.

Para la elaboración del presupuesto base del sistema de alcantarillado se recurre a la metodología de análisis de precios unitarios o rubros los cuales, representan elementos individuales o unitarios de la obra. Estos rubros contemplan tres recursos fundamentales: el material que se requiere para llevar a cabo el trabajo, el transporte del mismo hacia el sitio y la mano de obra que conlleva cada rubro. Se define y contabilizan tanto costos los directos como los costos indirectos. Finalmente, a partir de los precios unitarios se determina el valor de cada uno de los generadores de costo, cuya sumatoria determina el presupuesto base para el sistema de alcantarillado.

A fin de determinar el número de árboles a sembrar y conservar se investigará el coeficiente de absorción, valor en toneladas por año por tipología a implantarse, con esto se efectuará el cálculo directo dividiendo la emanación anual de CO₂ resultante del proyecto para el coeficiente de absorción.

INVESTIGACIÓN Y TRABAJO DE CAMPO

Introducción

La constructora se ha planteado desarrollar el proyecto urbanístico introducido en la zona de San Carlos Bajo, en la parroquia de Yaruquí. A continuación se mostrarán las características de esta zona las cuales deberán ser tomadas en cuenta para el diseño técnico.

Descripción general de la zona

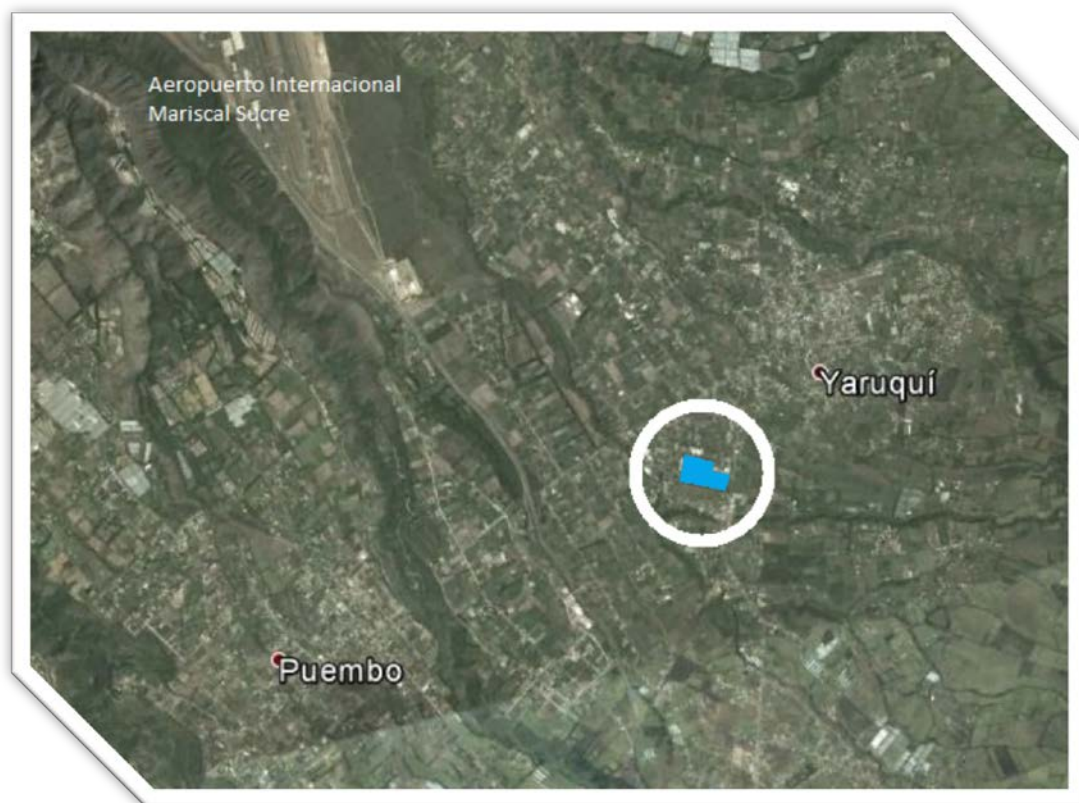


Grafico 2.1. Precipitaciones y temperaturas medias para la zona de Yaruquí.(Google Inc., 2009)

Aspectos Físicos

El terreno donde se construirá el citado proyecto se encuentra localizado en San Carlos Bajo, parroquia de Yaruquí, dentro del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de

Pichincha, Ecuador. Ubicado en la Avenida Interoceánica (E-35) "Troncal de la Sierra".
(Distrito Metropolitano de Quito, 2009)

El terreno se localiza a menos de 4 kilómetros del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre, fuera del cono de aproximación, sector de características tanto privilegiadas como de características limitadas, las cuales se tomaron en cuenta al momento de desarrollar el proyecto arquitectónico y de igual manera deben ser tomadas al momento de realizar los diseños hidrosanitarios.

Coordenadas Geográficas

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra al sur de la línea ecuatorial y en el hemisferio occidental del planeta tierra.

Coordenadas del proyecto:

- Latitud: 0 10 19 S (Google Inc., 2009)
- Longitud: 78 19 46 W (Google Inc., 2009)

En cuanto a altura, el terreno se encuentra a una altura promedio de:

- Altura: 2525 m.s.n.m (Google Inc., 2009)

Topografía

El lote de implantación del proyecto es plano, sin talud frente a la vía de acceso directo a la misma, con una pendiente negativa de 4% en el sentido longitudinal Este-Oeste mientras que en el sentido transversal Nor-Sur es prácticamente horizontal.

Temperatura

La zona de Yaruquí presenta temperaturas medias mensuales que oscilan entre 15,2 y 15,6 grados Celsius durante el año. (Climate-Data.org)

Precipitaciones

En la zona del proyecto se presentan datos de precipitaciones medias mensuales que oscilan entre 11 mm y 128 mm, manifestando picos en los meses de abril y octubre; y, mínimas en julio y enero. (Climate-Data.org)

A continuación se presenta un gráfico que presenta las precipitaciones y temperaturas medias para la zona de Yaruquí:

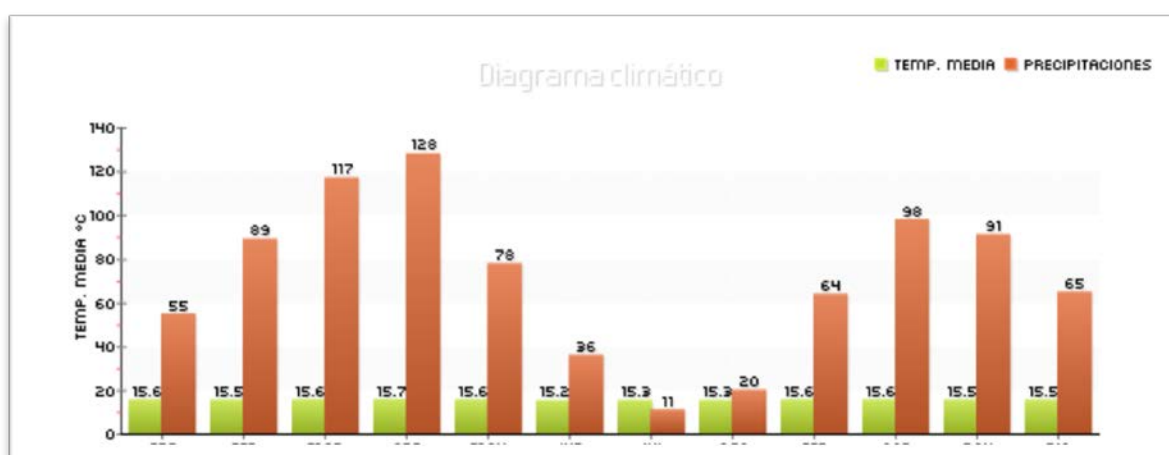


Gráfico 2.2. Precipitaciones y temperaturas medias para la zona de Yaruquí. (Climate-Data.org)

Hidrología

En cuanto a la zonificación nacional de intensidad de lluvia, el proyecto se localiza en la zona 13 presentando una intensidad de precipitación para un periodo de retorno de 10 años en función de la máxima en 24 horas. Esta información es proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. El anexo A indica el gráfico N5 referente a un tiempo de retorno de 10 años de las isolíneas de intensidades de precipitación para varios periodos de retorno en función de la máxima en 24 horas del INAMHI para el territorio ecuatoriano. (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Características del terreno

A continuación se presentan las características que constan en el Informe de Regulación Metropolitana (IRM) concebido por el Municipio del distrito Metropolitano de Quito: Dirección Metropolitana de Planificación Territorial. (Distrito Metropolitano de Quito DMQ, 2013)

Parroquia: Yaruquí

Uso Principal: (R1) Residencial

Barrio/Sector: San Carlos Bajo

Baja Densidad

Área de Terreno: 95619,3 m²

Zonificación: A2(A1002-35)

(Distrito Metropolitano de Quito DMQ,
2013)

Lote Mínimo: 1000 m²

COS-PB: 35%

COS-TOTAL: 70%

Altura: 6 metros

Pisos: 2

Forma Ocupacional de Suelo:

(A) Aislada

Clasificación del Suelo:

Urbanizable

Etapas de Incorporación: Etapa 2

(2011 hasta 2015)

Afectaciones

- *Perimetral Regional* (E-35) Tipo: Arterial Derecho: 24 m Retiro: 15 m
- *Canal de Riego*: Tipo Especial Retiro: Desde el borde Noreste 1.5 m
- *Afectación por Cono de aproximación Aeropuerto Mariscal Sucre* Tipo: Especial

(Distrito Metropolitano de Quito DMQ, 2013)

Proyecto arquitectónico

El proyecto urbano-arquitectónico es uno de los elementos indispensables para realizar tanto la red de alcantarillado sanitario y pluvial, como la planta primaria de saneamiento de aguas residuales urbanas. A partir de este se obtiene la población total a la cual la red de alcantarillado y la planta de saneamiento servirá.

Tomando en cuenta las normativas establecidas en el IRM se propuso dividir al terreno en 30 lotes, con áreas que se encuentran en el rango de los 1.713 m² hasta los 4.377 m². En estos lotes, se propone realizar un total de 228 viviendas las cuales ocupan un total de 2,28 ha del terreno total.

El Proyecto cuenta con 6,05 ha de vías internas adoquinadas, además de 1.22 ha de equipamiento al aire libre, el cual se planea utilizarlo en áreas verdes y en la construcción de un P.A.I.

Vista en planta del proyecto Arquitectónico



Grafico 2.3. Vista en planta del proyecto arquitectónico para la urbanización Estancia Real.

El plano correspondiente a la vista en planta del grafico 2.3 se encuentra en el Anexo E de este documento.

A continuación se presentan fotografías del terreno en el cual se construirá la urbanización Estancia Real:



Grafico 2.4. Fotografía del terreno seleccionado para la construcción de la urbanización.



Grafico 2.5. Fotografía donde se aprecia la topografía del terreno.

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Introducción

Las obras civiles de alcantarillado tienen como objetivo final la evacuación de las aguas lluvias precipitadas en el área del proyecto, así como el saneamiento ambiental de las evacuaciones de agua después de haber sido utilizadas o producidas por los habitantes.

En cuanto a las aguas servidas, las descargas generadas pueden ser de aguas grises o de aguas negras. Las denominadas aguas grises provienen de actividades como el aseo personal, lavandería, actividades de cocina y demás actividades similares, mientras que, las aguas negras se refieren a las descargas que contienen excretas provenientes de servicios higiénicos. (Comité Técnico Diseño y Cálculo de redes de alcantarillado, 2008)

Para propósitos de este trabajo, el diseño de alcantarillado de la urbanización Estancia Real tomará en cuenta los flujos tanto pluviales como de aguas servidas. Estos primeros son producidos por las aguas lluvias que no fueron absorbidas por la superficie de la urbanización. Los flujos de aguas servidas o llamados también aguas servidas domésticas están compuestas de aguas grises y negras; es decir son caudales descargados desde las viviendas. (Comité Técnico Diseño y Cálculo de redes de alcantarillado, 2008)

Objetivos y alcance

Obtener a partir del estudio y diseño, las redes de alcantarillado sanitario y pluvial que se implementarán en la urbanización Estancia Real. Esta red cumplirá con los requerimientos mínimos para el correcto funcionamiento durante su vida de uso.

Se espera que este estudio constituya una guía para otros profesionales del ramo que requieran de bibliografía para el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.

Tipos de sistema de alcantarillado

Los sistemas de Alcantarillado se clasifican en tres tipos; estos son:

Sistema separado

Esta red posee dos tipos de alcantarilla. Una primera red de tuberías para alcantarillado sanitario, es decir aguas servidas domésticas, y una segunda red de colectores para alcantarillado pluvial que se encargue de la evacuación de aguas lluvias y demás flujos que requieran ser evacuados de la superficie de la urbanización. (Empresa de servicios publicos de Colombia (EPM), 2009)

Sistema combinado

Consiste de una sola red de desfogue de aguas donde las aguas servidas domésticas, aguas lluvia y demás fluidos que provengan de la superficie de la urbanización sean transportados y evacuados a través de una misma red de tuberías. (Empresa de servicios publicos de Colombia (EPM), 2009)

Sistema mixto

Un sistema de alcantarillado mixto combina características de los sistemas separados y combinados. Es decir, en una misma urbanización se puede tener tuberías que diferencien aguas residuales domésticas y flujos pluviales mientras en otras secciones del proyecto se transporten los diferentes flujos por los mismos colectores. (Empresa de servicios publicos de Colombia (EPM), 2009)

Justificación de tipo de alcantarillado seleccionado: sistema separado

Para determinar el tipo de sistema de alcantarillado a implementarse se deben tomar en cuenta parámetros topográficos, ambientales, hidrográficos e incluso financieros.

Al adoptar un sistema de alcantarillado separado, es decir, al tener las aguas residuales domiciliarias separadas de los flujos pluviales, se precautela a la urbanización de los efluentes de aguas residuales domesticas en la superficie de la misma, escenario que suele presentarse al sobrepasar los caudales máximos admitidos por un sistema de alcantarillado, situación que presentaría un nivel de contaminación importante y además de incomodidades para los habitantes, como lo es el mal olor. Una precipitación con tiempo de retorno mayor al tomado para el diseño puede ocasionar este tipo de colapso de los colectores. (Orbe, 2011)

Otra gran ventaja que presentan los sistemas separados sobre los sistemas combinados es el tener la posibilidad de dar uso práctico a las aguas lluvias recolectadas. Se puede diseñar por ejemplo un sistema que tome el agua proveniente de la lluvia recolectada por el sistema separado y se la utilice para regar las áreas verdes de la urbanización. (Orbe, 2011)

La gran desventaja que presentan los sistemas separados frente a los sistemas combinados es el factor económico. Al tener dos redes en lugar de una sola, los precios de los materiales y la mano de obra se duplican. (Araque, 2011)

No obstante, considerando las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas de sistemas de alcantarillado, se decide utilizar un sistema separado para la urbanización Estancia Real.

Material de tubería

Otro parámetro de diseño es el componente material de la tubería que se utilizará para el diseño del alcantarillado sanitario. En el mercado ecuatoriano existen disponibles en el mercado tuberías de cemento u hormigón pre-compresso y de policloruro de vinilo (PVC), de forma marginal o para casos específicos se utilizan tuberías de metal y hasta de caña de bambú para el alcantarillado.

Se decide emplear PVC para el diseño de la urbanización Estancia Real ya que este material aporta una vida útil de 50 años y posee menor coeficiente de fricción, razón por la cual el diámetro nominal de la tubería será menor a los diámetros obtenidos si se diseñara con tubería de hormigón. (Araque, 2011)

El PVC, a diferencia del hormigón armado, tiene una gran resistencia a los ataques químicos por ácidos, sales o bases que pueden estar presentes en las aguas transportadas. Además, las tuberías de PVC sanas presentan infiltraciones nulas por la naturaleza del plástico y por la hermeticidad de las juntas. (Araque, 2011)

El PVC es un material inerte a la acción de sustancias químicas presentes en los efluentes. Es inerte también al ataque corrosivo tanto de suelos alcalinos como de suelos ácidos. Presenta gran resistencia a la acción corrosiva del ácido sulfhídrico y a los gases de alcantarilla de origen orgánico. (Amanco Plastigama S.A., 2009)

El anexo B presenta la tabla proporcionada por el fabricante la cual indica el comportamiento de la tubería de PVC frente a diferentes compuestos químicos que pueden estar en contacto con la tubería. (Amanco Plastigama S.A., 2009)

Consideraciones generales de diseño de red de alcantarillado

- Al momento de realizar un diseño de alcantarillado, se deben tomar en cuenta las posibles variaciones en la infraestructura a través del tiempo y el incremento demográfico que se pueda presentarse. (Franco, 2002)
- Las tuberías del sistema de alcantarillado deben ser diseñadas para ser construidas en tramos rectos que se ajusten a la realidad topográfica del terreno y con una disposición que permita el escurrimiento gravitacional desde el punto de precipitación hasta el lugar de tratamiento o cuerpo receptor. (Franco, 2002)
- La red de alcantarillado debe tener una pendiente que garantice velocidades de flujo apropiadas, que se encuentren en el rango entre los máximos y mínimos recomendados. Se establece que la pendiente mínima sea del 1%.(Araque, 2011)
- El sistema de alcantarillado sanitario y pluvial debe estar proyectado a ser colocado a un nivel bajo la red de tuberías de distribución de agua potable.
- Se debe considerar una distancia mínima de 2 metros entre tuberías paralelas de alcantarillado y agua potable.(Comité Técnico Diseño y Cálculo de redes de alcantarillado, 2008)
- En puntos donde ambos sistemas se crucen, debe existir una distancia libre mínima de 30 cm. (Comité Técnico Diseño y Cálculo de redes de alcantarillado, 2008)

- Las tuberías deben estar localizadas preferiblemente bajo la calzada de la urbanización y sin cruzar los lotes. (Comité Técnico Diseño y Cálculo de redes de alcantarillado, 2008)
- La profundidad de tierra sobre la tubería es un valor que depende del tipo de suelo que confine y cubra a la tubería. (Amanco Plastigama S.A., 2009)
- Se deben construir pozos de revisión al comienzo, en cambios de pendiente y puntos de intersección de tuberías del sistema de alcantarillado. (Orbe, 2011)

Elementos de la red de alcantarillado sanitario y pluvial

Recolección de aguas lluvia: sumideros

Los sumideros son los elementos del sistema de alcantarillado pluvial encargados de recolectar las aguas ya precipitadas que se encuentran en la superficie y que no fueron absorbidas por el suelo. Los sumideros son los primeros elementos en servir a la red de alcantarillado pluvial. (Empresa de servicios públicos de Colombia (EPM), 2009)

Los sumideros se colocan en puntos de depresión que acumulan las aguas precipitadas favoreciendo la rápida evacuación del agua que se transportarán al pozo de revisión correspondiente. (Empresa de servicios públicos de Colombia (EPM), 2009)

La dimensión de tubería de conexión del sumidero y el pozo de revisión dependerá del flujo de aguas lluvias. Se recomienda que indiferentemente del flujo de aguas lluvias, el diámetro nominal de tubería sea de 200mm. (Orbe, 2011)

Se deben colocar sumideros al borde de las calzadas en intersecciones de calles para promover una rápida evacuación de las calles y evitar así accidentes de tránsito. (Empresa de servicios publicos de Colombia (EPM), 2009)

Consecuentemente se propone la colocación de sumideros de rejilla de 55cm x 45cm dispersos en toda la urbanización, mismos que cuentan con una rejilla metálica que previene el ingreso de materiales que obstruyan el flujo normal del sistema de alcantarillado de aguas lluvias. Este tipo de sumidero es el más común dado su costo y facilidad de implementación. (Orbe, 2011).

Los sumideros poseen un cajón donde se colectan las aguas lluvias al momento de pasar por la rejilla metálica. Este cajón se conecta a través de una tubería de diámetro de 200mm hacia el pozo de revisión correspondiente. El ángulo entre la tubería de conexión y la de llegada al pozo de revisión no puede ser mayor a 45 grados. Se recomienda utilizar un ángulo de llegada de 30 grados. (Araque, 2011)

Pozos de revisión

Los pozos de revisión son los elementos de acceso para el mantenimiento e inspección del sistema, también son utilizados para determinar las áreas de aportación. Se ubican preferentemente en los puntos de convergencia de las tuberías del sistema. (Araque, 2011)

La disposición de los pozos de revisión dentro de la urbanización debe estar definida en inicio para poder determinar las áreas de aportación. (Empresa de servicios publicos de Colombia (EPM), 2009)

Deben existir pozos de revisión dispersos en toda la red de alcantarillado. La cantidad de pozos y su ubicación debe responder a la siguiente tabla, al momento de realizar el diseño del sistema de alcantarillado:

Distancias Máximas entre Pozos de Revisión	
Diámetro de Tubería	Distancia Lineal de Red de Alcantarillado
(mm)	(m)
$\Phi \leq 350$	100
$400 \leq \Phi \leq 800$	150
$\Phi > 800$	200

Tabla 3.1. Distancias máximas de separación entre pozos de revisión. (Orbe, 2011)

Como se puede apreciar, la distancia máxima entre los pozos de revisión para una red de alcantarillado se encuentra determinada por el diámetro de la tubería que los conecta.

Usualmente se diseñan de forma cilíndrica, procurando que su profundidad no supere los 5 metros a fin de evitar derrumbes por la presión ejercida por parte del suelo. Para los pozos profundos se requiere de obras de estabilización que encarecen un proyecto. (Amanco Plastigama S.A., 2009)

El diámetro de los pozos de revisión, al igual que la distancia entre sí, se establece en función del diámetro de tubería que conecta los diferentes pozos. A continuación se presenta una tabla con las especificaciones:

Diametro Recomendado de Pozos de Revision	
Diametro de Tuberia	Diametro del Pozo
(mm)	(m)
$\Phi \leq 550$	0.90
$600 \leq \Phi \leq 800$	1.20
$\Phi > 800$	Cajones

Tabla 3.2. Diámetros recomendados de pozos de revisión. (Orbe, 2011)

Para el Diseño de los pozos de revisión de la urbanización Estancia Real, se tomará un diámetro de pozo de: 0.90 m.

La conexión de la tubería al pozo se la realizará picando la pared del pozo y se deberá seguir realizar la construcción de los pozos tal como se muestra en el Anexo M.

Tubería

Tal como se propuso en un principio, se utilizarán para el sistema de alcantarillado, tuberías de PVC dadas las ventajas que se presentan a continuación:(Plastigama, 2011)

- Vida útil extendida de más de 50 años
- Menor coeficiente de fricción (mayor velocidad de flujo, menores diámetros y pendientes requeridas)
- Resistencia a ataques químicos por ácidos, sales y/o bases
- Menor caudal de infiltración
- Fácil transporte e instalación
- Naturaleza semirrígida

Para el diseño se tomarán las tuberías que existen disponibles en el mercado y que se establecen en la norma INEN NTE 2059:2010.

Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias constituyen los puertos de entrada de aguas negras y grises; es decir el punto de aporte de flujo sanitario a la red de alcantarillado. Se debe tomar en cuenta que los efluentes de las conexiones domiciliarias deben ser parcialmente tratados por las trampas de grasa instaladas en los domicilios.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Cajas de revisión

Las cajas de revisión se construyen en los puntos de conexiones domiciliarias. Estas pueden ser construidas de ladrillo con dimensiones de 80cm X 80cm. Cumplen las misma función de los pozos de revisión. Las cajas de revisión deberán contar con su debida tapa de hormigón. En el mercado se ofrecen cajas de revisión prefabricadas. Para la urbanización se decide emplear cajas de revisión prefabricadas.(Araque, 2011)

Las conexiones de las cajas de revisión de cada lote con la red de alcantarillado sanitario se realizarán con una junta de 45° (tipo Y), de modo que los dos flujos se proyecten en el mismo sentido. Estas nunca se deben realizar con una unión en T ya que al hacer esto, el flujo domiciliario puede intervenir con el flujo natural de la red de alcantarillado sanitario.(Araque, 2011)

Se construirán dos tipos de cajas de revisión, una domiciliaria para cada vivienda y una de mayor tamaño que recolectará las aguas residuales urbanas de cada vivienda del lote y desde esta caja de revisión de lote descargue las aguas recolectadas hacia la red de alcantarillado sanitario de la urbanización. Las cajas de revisión de lote serán de

dimensiones de 1 m X 1 m y 1 metro de profundidad. Estas cajas de revisión serán construidas de ladrillo.

La tubería de conexión de las cajas de revisión hacia la red será construida con tubería de PVC $\Phi 200$.

Hidráulica

Criterios de diseño

A partir de análisis e investigación, se ha determinado que las redes de alcantarillado de PVC pueden ser diseñadas con la fórmula de Manning. (Plastigama, 2011)

Dado a que las concentraciones de material sólido provenientes de las aguas negras, grises y agua lluvia no alcanzan más que una concentración de 600 ppm, se puede asumir un modelo de líquido puro, siempre que se tenga una velocidad mínima que garantice la auto-limpieza del flujo. (Plastigama, 2011)

Si bien es cierto que, los caudales de la red de alcantarillado son sumamente variables, es también aceptable asumir un flujo constante para el diseño. Con este criterio se adoptó un solo flujo máximo pluvial y sanitario. (Plastigama, 2011)

De igual forma, al permitir que la altura del flujo que atraviesa la tubería varíe, se dice que es un flujo de superficie libre. De no cumplirse esta condición, se diría que la tubería trabaja bajo carga o a presión interna. (Plastigama, 2011)

La ecuación de Manning utilizada para flujos libres, no a presión, es la siguiente:(Plastigama, 2011)

$$V = \frac{1}{n} \sqrt[3]{R^2} * \sqrt{S} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (eq. 3.1)$$

Siendo

$$V = \text{Velocidad del Fluido} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$R = \text{Radio hidráulico en metros} [m]$$

$$S = \text{Pendiente de la tubería}$$

$$n = \text{Coeficiente de rugosidad}$$

Coeficiente de rugosidad (n)

El coeficiente de rugosidad depende del material del que se conforme la tubería y generalmente es proporcionado por el fabricante. El coeficiente de rugosidad para la tubería de PVC que se utilizará será de: (Plastigama, 2011)

$$n = 0.009$$

Pendiente de la tubería (S)

La pendiente de la tubería se obtiene al dividir, la diferencia de altura entre los pozos de revisión donde convergen los extremos de la tubería, para la longitud de la tubería misma. A continuación se presenta la expresión matemática para hallar la pendiente:(Plastigama, 2011)

$$S = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (eq. 3.2)$$

$$S = \text{Pendiente de la tubería}$$

$H_1 = \text{Elevación aguas arriba [m]}$

$H_1 = \text{Elevación aguas abajo [m]}$

$H_1 = \text{longtud horizontal del segmento de alcantarillado [m]}$

Instalación de tuberías

Excavación

Dado a que la red de alcantarillado es subterránea, se requiere de trabajos de excavación previa a la instalación de las tuberías y demás elementos que conforman la red de alcantarillado. El mayor volumen de excavación corresponde a la conformación de las zanjas donde se colocarán las tuberías. (Amanco Plastigama S.A., 2009)

Estas zanjas deben ser lo suficientemente amplias para permitir que los obreros hagan las instalaciones dentro de ellas proveyéndoles de las condiciones de seguridad favorables. A continuación se presentan los valores de anchos de zanjas para suelos estables en función del diámetro nominal de la tubería estipulados por el proveedor de tuberías de PVC:

Anchos de Zanja para suelos Estables	
Diámetro Nominal de Tubería	Ancho de Zanja Mínimo
(mm)	(m)
110	0.45
160	0.45
200	0.50
250	0.55
315	0.60
400	0.70
475	1.00
525	1.10
540	0.90
575	1.20
640	1.25
650	1.00
670	1.30
690	1.30
730	1.35
760	1.20
790	1.40

Tabla 3.3. Anchos de zanja recomendables en función del diámetro nominal de tubería.(Amanco Plastigama S.A., 2009)

Se recalca que tanto la excavación de la zanja como el relleno de la misma debe estar de acuerdo con la norma ASTM D 2321 (Amanco Plastigama S.A., 2009)

Se recomienda excavar el fondo de la zanja para ajustar el nivel de ésta de acuerdo a la pendiente del terreno.(Amanco Plastigama S.A., 2009)

Si se llegase a presentar inestabilidad en el fondo de la zanja posterior a la excavación, se recomienda estabilizarlo colocando material pétreo grueso de fundición en capas compactadas de 15 cm y, sobre el material de fundición colocar una capa de encamado de material fino como es la arena. (Amanco Plastigama S.A., 2009)

Se recomienda colocar el material de excavación a una distancia del borde de la zanja para evitar una sobrecarga sobre el talud y eventuales derrumbes de las paredes

laterales de la excavación. La distancia a la que se debe colocar el material excavado debe ser proporcional a la profundidad de la zanja. (Amanco Plastigama S.A., 2009)

De tener suelos no aptos para compactación extraídos de las zanjas, se recomienda desalojar el material excavado que no se utilizará para tener espacio disponible para colocar el material de prestación que se utilizará para la compactación.(Amanco Plastigama S.A., 2009)

Relleno y compactación

El tendido y relleno deben realizarse inmediatamente después de haberse excavado las zanjas en donde se colocarán las tuberías. Esto para prevenir que rocas caigan en la zanja y que la zanja se inunde produciendo erosión del suelo producto de una precipitación.(Plastigama, 2011)

El suelo que confina a la tubería debe proporcionar el soporte adecuado a la tubería para que en conjunto la tubería y el suelo soporten las cargas de diseño y cargas gravitacionales aplicadas a nivel de superficie.(Plastigama, 2011)

Para la compactación se pueden utilizar herramientas manuales o mecánicas. El uso de rodillos de compactación se limita tan solo a la compactación del relleno final.(Plastigama, 2011)

El relleno y compactación de la zanja, una vez tendida y unida la red de alcantarillado se realiza por etapas, según el tipo y condiciones del suelo de excavación. A continuación se presentan las etapas de relleno recomendadas por el fabricante de tuberías de PVC:

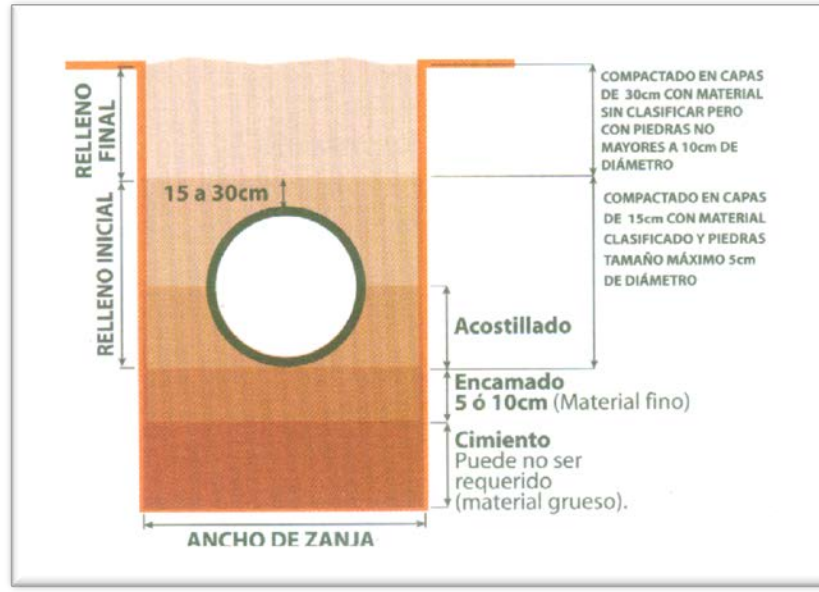


Grafico 3.1. Etapas de relleno de zanjas para tubería de PVC.(Plastigama, 2011)

Cimiento: Este puede ser requerido en caso de que la zanja presente inestabilidad. De ser requerido se colocará una capa de restitución, con material pétreo prestado o seleccionado del material de mala calidad removido.(Plastigama, 2011)

Encamado o plantilla de tubería: Consiste en la capa sobre la cual se colocará la tubería. Esta capa de apoyo consiste en 5 a 10 cm de profundidad de material fino (arena si no existe flujo de agua). Este material debe ser confinado hasta obtener una superficie firme de soporte alineada con la pendiente.(Plastigama, 2011)

Acostillado: Consta en la primera capa del relleno inicial. Este nivel de relleno cubre la primera mitad del conducto. El material puede ser el mismo extraído de la excavación, pero desechando el material vegetal y las piedras mayores a los 5 cm de diámetro. Las capas de material de compactación no pueden ser mayores a 15 cm de profundidad.(Plastigama, 2011)

Relleno inicial: Está conformada por el acostillado y un nivel que cubra de relleno a la tubería con un nivel de material de entre 15 y 30 cm. Este segundo segmento de capa inicial, al igual que el acostadillo, no puede contener rocas de tamaños mayores a 5 cm de diámetro.(Plastigama, 2011)

Relleno final: Comprende en la última capa de relleno de la zanja. La compactación de esta capa puede ser realizada utilizando el material de excavación siempre y cuando este no contenga piedras de diámetro mayor a 10 cm. El suelo debe estar sometido a una compactación de por lo menos el 95% de su densidad seca.(Plastigama, 2011)

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Introducción

El Estudio Sanitario conforma uno de los elementos imprescindibles para realizar un sistema de alcantarillado urbano. El estudio sanitario pretende determinar las descargas máximas instantáneas que se realizarán por una población determinada.

Se fundamenta en los estudios demográficos, arquitectónicos e incluso de laboratorio para poder determinar los diferentes caudales que influirán en el diseño del alcantarillado.

Si bien el objetivo de este estudio es determinar los parámetros con los que se deberá construir la red de alcantarillado, hay ciertas características de la red previamente establecidas, como lo son su disposición y materiales de tuberías con sus respectivas uniones.

Objetivos

Obtener el dato de caudal total, a partir de las ecuaciones de diseño sanitario disponibles en normas, textos e investigaciones, para cubrir los requerimientos de la urbanización.

Mostrar el algoritmo o pasos a seguir para la realización del estudio sanitario; y, que éste se pueda utilizar como bibliografía para posteriores aplicaciones.

Algoritmo del estudio de caudales sanitarios

A continuación se presenta el algoritmo para el estudio sanitario de un sistema de alcantarillado:

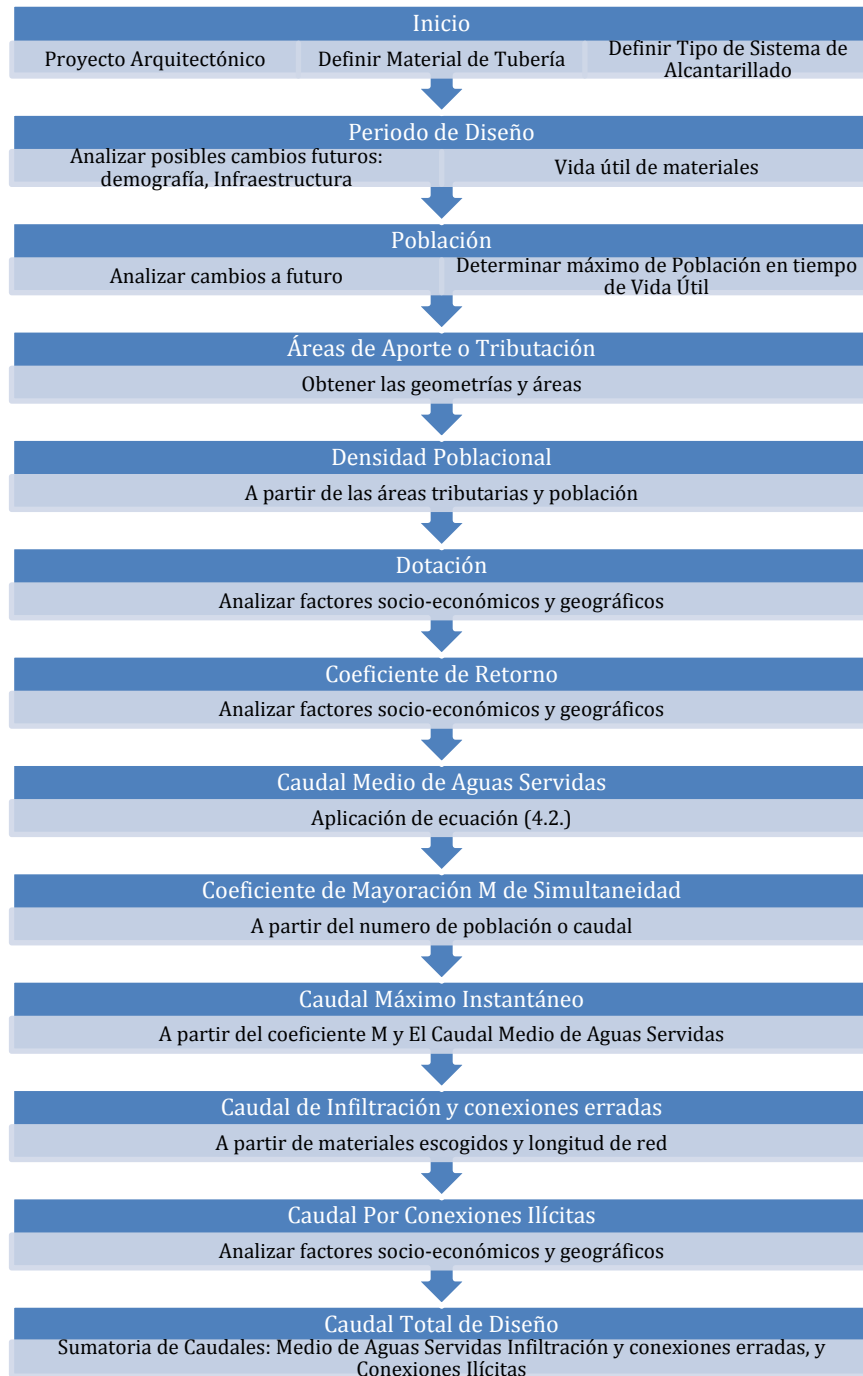


Grafico 4.1. Algoritmo para la obtención de caudales sanitarios.(Araque, 2011)

Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo mínimo durante el cual el sistema de alcantarillado sanitario debe funcionar plenamente. Este depende de factores como la posibilidad de incremento de los flujos, tanto por el crecimiento del número de habitantes o por cambios en la infraestructura inicialmente determinada. La vida útil de cada uno de los elementos del sistema de alcantarillado es inherente al resultado y de igual manera debe ser tomado en cuenta. (Suarez & Pezantes, 2012)

Considerando el hecho de que el sistema de alcantarillado se aplicará en una urbanización donde su número de habitantes está delimitado por la zonificación municipal, con una densidad poblacional máxima y de otra parte, no existirán cambios en la infraestructura que puedan alterar los caudales previstos, se permite adoptar para el presente estudio de la urbanización el período de 25 años como dato. (Suarez & Pezantes, 2012).

Población

Para determinar el número de habitantes en la urbanización se recurre al proyecto arquitectónico propuesto, el cual está establece varios lotes grandes, que a su vez contienen un determinado número de viviendas que en su conjunto arrojarán un total poblacional.

A partir del censo poblacional realizado en el 2010, se obtuvo que la población promedio nacional por hogar sea de 3.78. Para el Distrito Metropolitano de Quito se obtuvo en promedio que 3.43 personas habitan en un hogar. Por otro lado, para Yaruquí, lugar de la localización del proyecto, la población promedio por hogar alcanza un valor de 3.61 habitantes por hogar.

Se tomó como dato que por cada vivienda habrá un máximo de 4 personas que aportarán al flujo de alcantarillado sanitario. Como se mencionó previamente, el número de personas que habitarán en la urbanización es constante durante todo el periodo de diseño.

Tomando en cuenta esto, se obtiene la población total de la urbanización Estancia

Real:

Urbanización Estancia Real			
Lote	Área	Área Ef	# Viviendas
	m2	m2	PB: 100m2
Lote 1	2304.27	806.49	8
Lote 2	1978.00	692.30	7
Lote 3	1976.81	691.88	7
Lote 4	1977.80	692.23	7
Lote 5	1886.45	660.26	7
Lote 6	2845.52	995.93	10
Lote 7	1760.00	616.00	6
Lote 8	1753.40	613.69	6
Lote 9	1752.15	613.25	6
Lote 10	1976.07	691.62	7
Lote 11	1754.78	614.17	6
Lote 12	1750.69	612.74	6
Lote 13	1749.74	612.41	6
Lote 14	1982.15	693.75	7
Lote 15	1757.41	615.09	6
Lote 16	1746.97	611.44	6
Lote 17	1746.30	611.21	6
Lote 18	1983.75	694.31	7
Lote 19	1760.04	616.01	6
Lote 20	2148.97	752.14	8
Lote 21	2107.82	737.74	7
Lote 22	2954.51	1034.08	10
Lote 23	1761.40	616.49	6
Lote 24	1748.22	611.88	6
Lote 25	1731.73	606.11	6
Lote 26	2175.11	761.29	8
Lote 27	4377.55	1532.14	15
Lote 28	3645.59	1275.96	13
Lote 29	3515.21	1230.32	12
Lote 30	2631.90	921.17	9
Total de Viviendas			228
Hab. En Equipamiento y Guardianía			19
Habitantes por Vivienda			4
Total Habitantes			932

Tabla 4.1. Población parcial y total de la urbanización.

Como se puede observar en la tabla 4.1. el número total de habitantes de la urbanización es de 932 personas. Siendo 913 el número máximo de habitantes en todas las viviendas a construirse en la urbanización y 19 el número de personas que podrían habitar en las zonas de equipamiento. Estos pueden ser guardias en la entrada principal o policías que habiten en un P.A.I.

Densidad poblacional

La densidad poblacional es otro de los datos utilizados para determinar los caudales de diseño. Este puede ser utilizado para determinar la aportación en función de sectores dispersos de población en la urbanización. La densidad poblacional total del proyecto se lo determina dividiendo la población total del proyecto para el área total del mismo:(Araque, 2011)

$$D_p = \frac{\text{Población}}{\text{Área}} \left[\frac{\text{Habitante}}{\text{ha}} \right] \text{ (eq 4.1.)}$$

$$D_p = \text{Densidad Poblacional Total} \left[\frac{\text{Habitante}}{\text{ha}} \right]$$

$$\text{Población} = \text{Número de habitantes Total} [\text{Habitantes}]$$

$$\text{Área} = \text{Superficie total de la Urbanización} [\text{ha}]$$

Datos:

$$\text{Población} = 932 [\text{Habitantes}]$$

$$\text{Área} = 9.562 [\text{ha}]$$

$$Dp = \frac{Población}{Área} \left[\frac{Habitante}{ha} \right] \text{ (eq 4.1.)}$$

$$Dp = \frac{932}{9.562} \left[\frac{Habitante}{ha} \right]$$

$$Dp = 97.47 \left[\frac{Habitante}{ha} \right]$$

Dotación

La dotación se define como la demanda de agua que una persona tiene durante un día cotidiano. Esta demanda corresponde a aseo personal, utilización de inodoros, actividades de cocina, lavandería, riego de plantas y jardines, aseo del hogar, etc. El valor de la dotación varía en función de factores sociales, económicos, geográficos e incluso culturales. En el Ecuador, la dotación se puede clasificar en función de la región en donde habitan las personas. (Araque, 2011)

A continuación se presenta la tabla de referencia de dotaciones en función de la situación geográfica del proyecto:

Dotación de Agua Potable	
Situación Geográfica	Dotación (L/habitante día)
Costa	220.0
Amazonía	220.1
Sierra	160.0

Tabla 4.2. Valores de dotaciones recomendadas en función de la situación geográfica.(Araque, 2011)

Dado el hecho de que la urbanización Estancia Real está pensada para servir a ciudadanos de clase media-alta, se mayor la dotación en un 20%:

$$Dotación = 190 \left[\frac{L}{Habitante * día} \right]$$

Coefficiente de retorno o recuperación (k_r)

Este coeficiente refleja el porcentaje del agua potable recibida que se descarga como agua servida. Este coeficiente se utiliza al momento de determinar el caudal medio final. El valor de k_r depende de diferentes factores como el uso que se le dé al agua demandada y otros factores socio-económicos. Este valor puede variar entre 0,7 y 1.0. Dadas las características del proyecto se toma un coeficiente de recuperación de 0.80.(Araque, 2011)

$$k_r = 0.80$$

Caudales de diseño

La mecánica de fluidos define al caudal como la cantidad de materia que atraviesa un área a una velocidad determinada. El caudal puede ser definido también como volumen sobre tiempo.(Araque, 2011)

Existen diferentes tipos de caudales que deben ser tomados en cuenta al momento de realizar un diseño de alcantarillado. Estos caudales dependen de diferentes factores que definirán las dimensiones de los colectores.

Caudal medio diario de aguas servidas

El Caudal Medio diario de Aguas Servidas, como su nombre lo indica, corresponde al volumen de agua que es descargado diariamente hacia la red de alcantarillado por toda la población de la urbanización.(Araque, 2011)

$$Q_{m.d.} = \frac{Población * Dotación}{86400 \left[\frac{s}{día} \right]} * k_r \left[\frac{L}{s} \right] \text{ (eq 4.2.)}$$

Siendo

$$Q_{m.d.} = \text{Caudal Medio Diario de Aguas Servidas} \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Población = \text{Número de habitantes Total} [\text{Habitantes}]$$

$$Dotación = \text{Agua Requerida por un habitate por día} \left[\frac{L}{\text{habitante} * \text{día}} \right]$$

$$k_r = \text{Coeficiente de Retorno o Recuperación}$$

Aplicando la ecuación (eq 4.2.) y los datos previamente encontrados, se determina:

$$Q_{m.d.} = \frac{Población * Dotación}{86400 \left[\frac{s}{día} \right]} * k_r \left[\frac{L}{s} \right] \text{ (eq 4.2.)}$$

$$Q_{m.d.} = \frac{932 * 190}{86400} * 0.8 \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Q_{m.d.} = 2.05 \left[\frac{L}{s} \right]$$

Caudal medio diario de aguas servidas nominal

Representa el Caudal Medio Diario de Aguas Servidas por unidad de área de proyecto. Este valor al ser multiplicado por un área se puede determinar el caudal medio diario de aguas servidas correspondiente del área a estudiar. (Araque, 2011)

$$Qn_{m.d.} = \frac{Dp * Dotación}{86400 \left[\frac{s}{día} \right]} * k_r \left[\frac{L/s}{ha} \right] \text{ (eq 4.3.)}$$

Siendo

$$Qn_{m.d.} = \text{Caudal Medio Diario de Aguas Servidas} \left[\frac{L/s}{ha} \right]$$

$$Dp = \text{Densidad Poblacional Total} \left[\frac{\text{Habitante}}{ha} \right]$$

$$\text{Dotación} = \text{Agua Requerida por un habitate por día} \left[\frac{L}{\text{habitante} * día} \right]$$

k_r = Coeficiente de Retorno o Recuperación

Aplicando la ecuación (eq 4.3.) y los datos previamente encontrados, se determina:

$$Qn_{m.d.} = \frac{Dp * Dotación}{86400 \left[\frac{s}{día} \right]} * k_r \left[\frac{L/s}{ha} \right] \text{ (eq 4.3.)}$$

$$Qn_{m.d.} = \frac{97.47 * 190.0}{86400 \left[\frac{s}{día} \right]} * 0.80 \left[\frac{L/s}{ha} \right]$$

$$Qn_{m.d.} = 0.215 \left[\frac{L/s}{ha} \right]$$

Coefficiente de mayoración M de simultaneidad

Dado a que existen periodos del día en los que se dan picos en las descargas, se debe mayorar el Caudal Medio diario de aguas servidas para que, en el caso de que existan descargas simultaneas a la red de alcantarillado sanitario, este pueda transportar las aguas sin inconvenientes. Existen 4 fórmulas para determinar el Factor de Mayoración M. (Franco, 2002)

Formula de Babbit:

Aplicable para un valor máximo de 1000 habitantes. Recomendado para rangos de M entre 2.0 y 3.0:

$$M = \frac{5}{\left(\frac{P}{1000}\right)^{\frac{1}{5}}} \{P < 1000 (eq 4.4.)\}$$

Población = Numero de habitantes Total [Habitantes]

Formula de Harmon:

Aplicable para poblaciones que superan los 1000 habitantes hasta un máximo de 100 000.(Franco, 2002)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}} \left\{ \begin{array}{l} 1000 < P < 100\ 000 \\ 2 \leq M \leq 3 \end{array} \right. (eq 4.5.)$$

Población = Numero de habitantes Total [Habitantes]

Formula de Griffit:

Se encuentra en función de la población aunque no posee límites poblacionales para su uso.(Franco, 2002)

$$M = \frac{5}{\sqrt[6]{\frac{P}{1000}}} \{ \text{Sin restricciones poblacionales o de caudal (eq 4.6.)} \}$$

Población = Numero de habitantes Total [Habitantes]

Formula a partir del caudal:

Se encuentra en función del Caudal Medio Diario de Aguas Servidas. Esta fórmula es aplicable cuando el caudal es mayor a 4.0 L/s; al tener un flujo menor, se puede tomar 4.0 como valor de M: (Franco, 2002)

$$M = \frac{2.228}{Q_{m.d.}^{0.073325}} \left\{ Q_{m.d.} > 4 \left[\frac{L}{s} \right] \text{ (eq 4.7.)} \right.$$

$$M = 4 \left\{ Q_{m.d.} < 4 \left[\frac{L}{s} \right] \right.$$

Q_{m.d.} = Caudal Medio Diario de Aguas Servidas $\left[\frac{L}{s} \right]$

Método de Popel:

Valores en función de la Población:(Franco, 2002)

Coeficiente M Segun Popel	
Poblacion	M
P < 5000	2.4 - 2
5000 < P < 10000	2.00 - 1.85
10000 < P < 50000	1.85 - 1.6
50000 < P < 250000	1.6 - 1.33
P > 250000	1.33

Tabla 4.3. Coeficiente de mayoración M en función de la población.

Para este trabajo, dado a que la población se encuentra en el rango de 0 y 1000, se trabajará con coeficiente de mayoración M determinado con la fórmula del Babbit(eq 4.4.).

$$M = \frac{5}{\left(\frac{P}{1000}\right)^{\frac{1}{5}}} \{P < 1000(\text{eq 4.4.})\}$$

$$M = \frac{5}{\left(\frac{932}{1000}\right)^{\frac{1}{5}}} = 5.059$$

$$M = 5.059$$

Se puede observar que el valor obtenido con la fórmula de Babbit, es un valor superior a 2,11, el cual se hubiera encontrado utilizando con la ecuación a partir del caudal (eq 4.7.). Al tomar el valor más alto se diseña por el lado de la seguridad y se asegura un diseño eficiente.

Caudal máximo instantáneo de aguas servidas ($Q_{max AS}$)

Este caudal, también denominado Caudal máximo horario de aguas servidas, es el producto de la multiplicación del Caudal Medio Diario de Aguas servidas y el coeficiente

de mayoración M . Este caudal corresponde al valor máximo de flujo que se presentará en un día cotidiano de uso en la urbanización Estancia Real. (Araque, 2011)

$$Q_{max\ AS} = Q_{m.d.} * M \quad (eq\ 4.8.)$$

$$Q_{max\ AS} = \text{Caudal Máximo Instantaneo de Aguas Servidas} \left[\frac{L}{S} \right]$$

$$Q_{m.d.} = \text{Caudal Medio Diario de Aguas Servidas} \left[\frac{L}{S} \right]$$

$M = \text{Coeficiente de Mayoración de simultaneidad}$

$$Q_{max\ AS} = 2.05 * 3.82 \left[\frac{L}{S} \right]$$

$$Q_{max\ AS} = 7.831 \left[\frac{L}{S} \right]$$

Caudal de infiltración (Q_{inf})

El caudal de infiltración es la aportación de agua al flujo en las alcantarillas por diferentes factores como el tipo de tubería, el estado de la tubería y demás elementos de la red, la calidad de las juntas, las conexiones con los pozos de revisión, la permeabilidad de la tierra y el nivel freático. (Araque, 2011)

Dado a la naturaleza del material del PVC, el único aporte al caudal de infiltración se puede dar por conexiones erradas. (Amanco Plastigama S.A., 2009)

En la práctica, al utilizar tubería de PVC, este valor no se contabiliza en los caudales de diseño. Se lo calculará a continuación con el fin de ejemplificar el cómo

determinar el flujo de infiltración si se trabajase con una tubería de hormigón armado o arcilla.

Para determinar el caudal de infiltración por conexiones erradas se utiliza la siguiente ecuación: (INGTEKCH, 2010)

$$Q_{inf\ ce} = K_i * L \left[\frac{L}{S} \right] \text{ (eq 4.9.)}$$

Siendo

$$Q_{inf\ ce} = \text{Caudal de infiltración} \left[\frac{L}{S} \right]$$

$$K_i = \text{Coeficiente de infiltración} \left[\frac{L}{S * m} \right]$$

$$L = \text{Longitud de la Tubería} [m]$$

El valor de K_i se lo obtiene a partir de la siguiente tabla:

		Coeficiente de Infiltración K_i (L/s/m)							
		Hormigón Armado		Arcilla Regular		Arcilla Vitrificada		PVC	
		Material de Unión		Material de Unión		Material de Unión		Material de Unión	
		Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Nivel	Bajo	0.0005	0.0002	0.0005	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.00005
Freático	Alto	0.0008	0.0002	0.0007	0.0001	0.0003	0.0001	0.00015	0.0005

Tabla 4.4. Coeficiente de infiltración K_i para la determinación del caudal de infiltración.(INGTEKCH, 2010)

Al utilizar tubería de PVC, se aprovecha la impermeabilidad de las conexiones y se minimiza el caudal de infiltración. Para el diseño, se tomaría goma o caucho como material de unión.

Tomando en cuenta las consideraciones expresadas anteriormente, se tomará un caudal de infiltración nulo para el diseño de alcantarillado de la urbanización Estancia Real.

$$Q_{inf\ ce} = K_i * L \left[\frac{L}{S} \right] (eq\ 4.9.)$$

$$Q_{inf\ ce} = 0 \left[\frac{L}{S} \right]$$

Caudal por conexiones ilícitas ($Q_{ilicito}$)

En las redes de alcantarillado sanitario, existe la posibilidad de que usuarios del mismo se conecten a la red clandestinamente por ampliaciones o cambios en la infraestructura. Este es un hecho que se debe tomar en cuenta al momento del diseño. Se recomienda tomar un valor de 80 litros por habitante por día:(Araque, 2011)

$$Q_{ilicito} = \frac{80 * Población}{86400} \left[\frac{L}{S} \right] (eq\ 4.10.)$$

Dado a que se planifica que no existan cambios que incrementen los flujos en la urbanización, se toma un caudal por conexiones ilícitas nulo.

$$q_{ilicito} = 0 \left[\frac{L}{S} \right]$$

Caudal sanitario de diseño (Q_s)

Finalmente, con los caudales obtenidos se procede a determinar el caudal el cual regirá el diseño.(Araque, 2011)

$$Q_s = Q_{max AS} + Q_{inf ce} + Q_{ilicito} (eq 4.11.)$$

Datos:

$$Q_{ilicito} = 0 \left[\frac{L}{habitante * día} \right]$$

$$Q_{max AS} = 7.05 \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Q_{inf ce} = 0 \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Q_s = 7.05 + 0 + 0 \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Q_s = 7.05 \left[\frac{L}{s} \right]$$

Velocidades máximas y mínimas

El valor de la velocidad debe ser uno de los factores controlados por el ingeniero encargado del diseño sanitario. Se debe procurar tener velocidades de flujo dentro de los mínimos y máximos establecidos por el fabricante.

Al tener una velocidad de flujo mayor al mínimo, se garantiza que no existirá sedimentación en las tuberías y asegura una auto-limpieza de la tubería. (Amanco Plastigama S.A., 2009)

El modelo de la velocidad de las aguas posee diferentes enfoques dependiendo si el alcantarillado está lleno o parcialmente lleno. Para diseños de alcantarillado se asume el hecho de que la tubería no estará llena y por lo tanto no trabajará a presión. Es decir que el flujo es de tipo libre al tener este escenario de tubo no lleno.(Amanco Plastigama S.A., 2009)

La velocidad mínima depende también del nivel del flujo en la tubería. A continuación se presentan los datos proporcionados por el fabricante:(Amanco Plastigama S.A., 2009)

Velocidades Mínimas Recomendadas	
Velocidad (m/s)	
Tubo Lleno	0.6
Tubo Parcialmente Lleno	0.3
Velocidad Mínima Recomendable	0.45

Tabla 4.5. Velocidades mínimas de flujo recomendadas para tubería de PVC.

Dado a que la tubería de alcantarillado trabaja como un flujo libre, es decir, no se considera que el tubo esté lleno, se toma una velocidad mínima de 0.45 m/s como la velocidad mínima referencial.

En casos especiales donde no se pueda cumplir la velocidad mínima de flujo, podrán emplearse velocidades de 0,4 m/s en tramos iniciales de bajo caudal.(Amanco Plastigama S.A., 2009)

En cuanto a velocidades máximas, se recomienda que la velocidad no sea mayor a 7.5 m/s para de esta manera evitar la erosión de los pozos de revisión o de cualquier

estructura de hormigón que este expuesta al flujo. Para velocidades mayores a la máxima recomendada se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones especiales para la disipación de energía cinética; como la implementación de pozos de salto.(Amanco Plastigama S.A., 2009)

Resumen de cálculos de estudio de caudales sanitarios

Datos:

Tubería: PVC

Periodo de Diseño: 25 años

Población = 932 [Habitantes]

Área = Superficie total de la Urbanización = 9.562 [ha]

$$Dotación = 190 \left[\frac{L}{\text{Habitante} * \text{día}} \right]$$

$$k_r = 0.80$$

$$K_i = \text{Coeficiente de infiltración} \left[\frac{L}{s * m} \right]$$

L = Longitud de la Tubería [m]

$$Q_{ilicito} = 0.0 \left[\frac{L}{\text{habitante} * \text{día}} \right]$$

Densidad poblacional total (eq 4. 1.)

$$Dp = \frac{\text{Población} [\text{Habitante}]}{\text{Área} [\text{ha}]} \quad (\text{eq 4.1.})$$

$$Dp = \frac{932 [\text{Habitante}]}{9.562 [\text{ha}]}$$

$$Dp = 97.47 \left[\frac{\text{Habitante}}{\text{ha}} \right]$$

Caudal medio diario de aguas servidas (**eq4.2.**)

$$Q_{m.d.} = \frac{\text{Población} * \text{Dotación}}{86400 \left[\frac{s}{\text{día}} \right]} * k_r \left[\frac{L}{s} \right] \quad (\text{eq 4.2.})$$

$$Q_{m.d.} = \frac{932 * 190}{86400} * 0.8 \left[\frac{L}{s} \right]$$

$$Q_{m.d.} = 2.05 \left[\frac{L}{s} \right]$$

Caudal medio diario de aguas servidas nominal (eq 4.3.)

$$Qn_{m.d.} = \frac{Dp * \text{Dotación}}{86400 \left[\frac{s}{\text{día}} \right]} * k_r \left[\frac{\frac{L}{s}}{\text{ha}} \right] \quad (4.3)$$

$$Qn_{m.d.} = \frac{97.47 * 190.0}{86400 \left[\frac{s}{\text{día}} \right]} * 0.80 \left[\frac{L/s}{\text{ha}} \right]$$

$$Qn_{m.d.} = 0.215 \left[\frac{L/s}{\text{ha}} \right]$$

Coefficiente M de mayoración (eq 4.5.)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}} \text{ (eq 4.5.)}$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{932}{1000}}} = 3.70$$

$$M = 3.82$$

Caudal máximo instantáneo de aguas servidas (eq 4.8.)

$$Q_{max AS} = Q_{m.d.} * M \quad \text{(eq 4.8.)}$$

$$Q_{max AS} = 2.05 * 3.82 \quad \left[\frac{L}{S} \right]$$

$$Q_{max AS} = 7.831 \quad \left[\frac{L}{S} \right]$$

Caudal de infiltración (eq 4.9.)

$$Q_{inf ce} = K_i * L \quad \left[\frac{L}{S} \right] \text{ (eq 4.9.)}$$

$$Q_{inf ce} = 0 \quad \left[\frac{L}{S} \right]$$

Caudal por conexiones ilícitas (eq 4.10.)

$$Q_{ilicito} = \frac{80 * Poblacion}{86400} \left[\frac{L}{S} \right] \text{ (eq 4.10.)}$$

$$Q_{ilicito} = 0 \left[\frac{L}{S} \right]$$

Caudal sanitario de diseño (eq 4. 11.)

$$Q_s = Q_{max AS} + Q_{inf ce} + Q_{ilicito} (eq 4.11.)$$

$$Q_s = 7.05 + 0 + 0 \left[\frac{L}{S} \right]$$

$$Q_s = 7.05 \left[\frac{L}{S} \right]$$

Resultados

Una vez aplicados los criterios de diseño utilizando el programa SewerCad se obtiene que la tubería sanitaria deberá ser de \emptyset 200 mm de diámetro. Es decir, la red de colectores desde las cajas de revisión de lote hacia el tanque séptico se instalará tubería de PVC de 200 mm de diámetro.

El Anexo G presenta los resultados obtenidos a partir del diseño de alcantarillado sanitario. Este anexo incluye las cotas de terreno y proyecto, la disposición del sistema de alcantarillado, la profundidad de los pozos de revisión, las características y pendiente de la tubería.

El Anexo L presenta los elementos del sistema de alcantarillado Sanitario. Incluye las cajas de revisión domiciliarias y de lote.

DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Introducción

El estudio de caudales pluviales complementa el estudio sanitario en el diseño de alcantarillado. Este estudio pluvial pretende establecer el volumen de lluvia máximo esperado que precipita en un área de dimensiones y permeabilidad establecida y, localizada en una zona de ciertas características hidrográficas.

El estudio pluvial básicamente requiere de la información hidrográfica de la zona donde se desarrollará el proyecto, la disposición de los pozos de revisión de la red de alcantarillado y el tipo de superficie del área del proyecto.

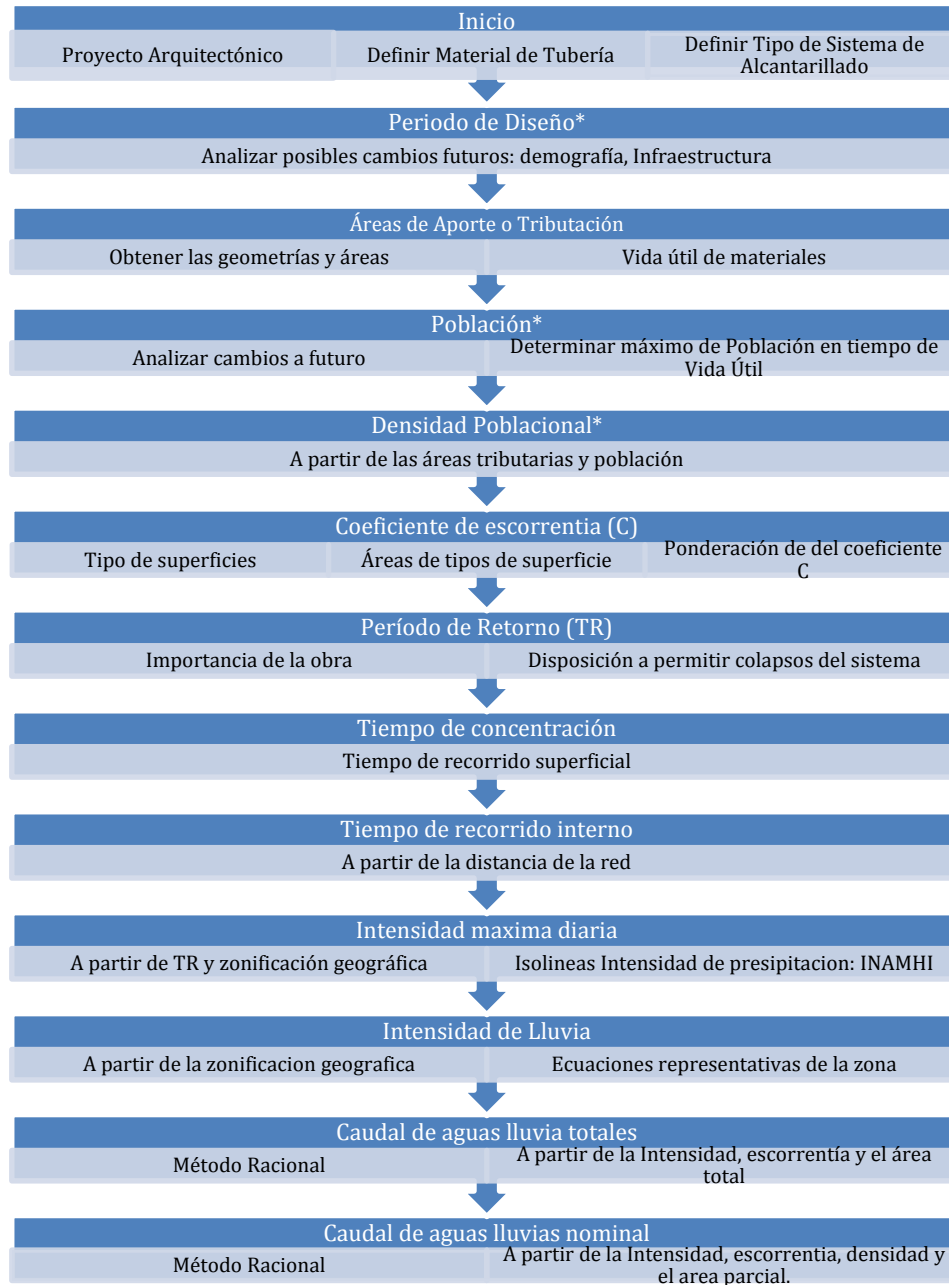
Al igual que en el estudio sanitario, se requiere tanto de la disposición de la red de alcantarillado en la urbanización como de la disposición arquitectónica del proyecto para determinar el Caudal Pluvial de diseño.

Objetivos

Obtener el Caudal de Aguas Lluvias a partir del método racional en función de: la hidrología de la zona, la permeabilidad de la superficie del proyecto y el área correspondiente de terreno a cada tramo del sistema de alcantarillado.

Mostrar el algoritmo o pasos a seguir para poder realizar el estudio de aguas lluvias y que se pueda utilizar como bibliografía para posteriores proyectos y aplicaciones.

Algoritmo de estudio de caudales pluviales



*Cálculos previamente realizados para el diseño sanitario

Grafico 5.1. Algoritmo para la obtención del caudal pluvial de diseño. (Araque, 2011)

Periodo de diseño

Para el estudio pluvial, se toma el mismo tiempo de diseño que se tomó para el estudio sanitario. El Periodo de diseño es de 25 años.

Áreas de aporte o tributación

Las áreas de aportación se encuentran al subdividir el área original del terreno en áreas de aporte de caudal de lluvia para cada tramo de la red de alcantarillado. Para esta área original se debe tomar en cuenta también el área de afectación vial dado a que, mientras esta esté dentro de la urbanización, aportará a los caudales de diseño. El área original de la urbanización es de 95.619,32 m².

Las áreas de aportación o tributarias se realizan para distribuir las aguas lluvias a los diferentes sumideros del sistema de alcantarillado. Si el terreno es regular, como es el caso de la urbanización Estancia Real, la división del terreno se la realiza fácilmente sin necesidad de realizar un estudio adicional.(Orbe, 2011)

Para determinar las áreas de aportación, se debe tener definida la geometría de la red de alcantarillado y la localización de los pozos de revisión.(Orbe, 2011)

A continuación se presenta el criterio para la división del área original en las áreas de aportación o tributarias:(Orbe, 2011)

- Al tener áreas cuadradas o con tendencia cuadrada, se trazan bisectrices tomando a los pozos de revisión como vértices.

- Al tener áreas rectangulares o con tendencia cuadrada, primeramente se dividen las áreas en 2 partes y a partir de este procedimiento se trazan las bisectrices formando trapecios y triángulos.
- Una vez realizado este procedimiento para todos los pozos de revisión, se obtienen las áreas de aportación o tributación de la urbanización, dato que se utilizará para determinar los caudales de diseño.

El Anexo F muestra las áreas de aportación obtenidas al dividir el terreno de la urbanización Estancia Real

Coeficiente de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía es un indicador de la proporción del agua lluvia que no es absorbida por la superficie. Matemáticamente es la relación por cociente de la cantidad de agua que se escurre por la superficie, es decir, no absorbida por el suelo, y la cantidad de agua precipitada.(Araque, 2011)

Este factor puede verse afectado por varios elementos como el material del cual este conformado la superficie o el tipo y cantidad de vegetación en la misma. La variabilidad de los valores puede cambiar dependiendo de la fuente bibliográfica.

A continuación se presenta una lista de valores de Coeficientes de Escorrentía:

Coeficiente de Escorrentía (C)	
Tipo de Superficie	c
Cubiertas	0.9
Pavimentos asfaltados y superficies de Concreto	0.9
Vías adoquinadas	0.85
Zonas Comerciales o industriales	0.9
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0.6
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0.3
Laderas sin vegetación	0.6
Laderas con vegetación	0.3
Parques recreacionales	0.3

Tabla 5.1. Coeficientes de escorrentía tabulados para diferentes tipos de superficie.(Empresa de servicios publicos de Colombia (EPM), 2009)

Al observar el proyecto arquitectónico de la urbanización Estancia Real, se observa que el proyecto está cubierto principalmente por 3 tipos de superficie de los enumerados en la tabla. Estos son:

- Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados (C=0.45)
- Vías adoquinadas (C=0.85)
- Parques recreacionales (C=0.30)

Para el diseño se tomará un valor ponderado o unificado en función de las áreas correspondientes al tipo de superficie:

Ponderación de Coeficiente de Escorrentía				
Superficie	Coeficiente de escorrentía	Área Correspondiente (m)	% de Área Correspondiente	Porcentaje Ponderado
Residencial	0,45	69452,82	0,73	0,33
Vía Adoquinada	0,85	19737,48	0,21	0,18
Parques Recreacionales	0,30	6429,00	0,07	0,02
Sumatoria		95619,30		0,52

Tabla 5.2. Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado para la urbanización.

Se obtiene un coeficiente de escorrentía ponderado de:

$$C = 0.52$$

Periodo de retorno (*TR*)

El periodo de retorno es el intervalo de tiempo entre dos eventos de misma intensidad. A medida que el tiempo de retorno de lluvia es mayor, la intensidad de la misma de igual manera es mayor. Para diseños de alcantarillado pluvial, se toman valores de tiempo de retorno de lluvia entre 1 y 10 años. Para propósitos de este trabajo, se toma un periodo de retorno de 10 años.

$$TR = 10 \text{ años}$$

Si es cierto que 10 años es menor al periodo de diseño de 25 años, no se diseña para un tiempo de retorno de 25 años. Esto dado a que si se toma un tiempo de retorno alto, el proyecto se encarece. El tomar un periodo de retorno menor que el de diseño implica que se está dispuesto a que existan inundaciones; en este caso, 2 en el tiempo de vida del diseño.

No hay que olvidar que las tuberías están sobredimensionadas y el impacto de las inundaciones serán menor que lo esperado.

Tiempo de concentración (t_c)

Es el intervalo de tiempo que toma a una gota de lluvia precipitada en trasladarse desde el punto más lejano a su sumidero correspondiente hacia el punto de tratamiento o cuerpo receptor. El tiempo de concentración está subdividido en dos tramos de intervalos t_1 y t_2 . Primero desde el momento de precipitación hasta el momento que ingresa a la red de alcantarillado pluvial por el sumidero correspondiente. Y Segundo, desde el instante que ingresa al sumidero hasta el punto final de la red de alcantarillado.(Orbe, 2011)

El primer tramo del recorrido, es decir el superficial, el tiempo de recorrido (t_1) puede ser extraído de la siguiente tabla:(Orbe, 2011)

Tiempo de Concentración Superficial (t_1)	
Características del Area de Drenaje	Tiempo
Sumideros Lejanos: Zonas Residenciales con superficies planas	20 - 30 min
Zonas medianamente pobladas con pendientes relativamente planas	10 - 15 min
Sumideros Cercanos: Zonas densamente pobladas con alto porcentaje de impermeabilidad	5 min

Tabla 5.3. Tiempos de recorrido superficial sugeridos para la determinación del tiempo de concentración.

El tiempo de recorrido t_2 correspondiente al tiempo que tarda la gota de precipitación en trasladarse del sumidero al punto final de la red puede ser obtenido con la velocidad de flujo del sistema de alcantarillado pluvial.

$$t_2 = \frac{L}{v} [s] \quad (\text{eq 5.1.})$$

$$t_2 = \text{tiempo de recorrido (sumidero - fin de red)} [s]$$

$$L = \text{longitud del tramo (sumidero - fin de red)} [m]$$

$$v = \text{velocidad del flujo en alcantarilla} \left[\frac{m}{s} \right]$$

El tiempo total de concentración por lo tanto será la suma de t_1 y t_2 :

$$t_c = t_1 + t_2 (\text{eq 5.2.})$$

$$t_c = 5 + 7 \quad [min]$$

$$t_c = 12 \quad [min]$$

Intensidad máxima diaria (ID_{TR})

Este valor indica el valor máximo de precipitación que se puede presentar en un periodo de retorno establecido. Estos datos, ya se encuentran tabulados y graficados por el INAMHI para todo el territorio ecuatoriano.

Se recurren a los gráficos de las isolíneas de ID_{TR} para el tiempo de retorno de 10 años: Anexo A.

Al localizar al proyecto en el mapa del Anexo A se encuentra que la intensidad máxima diaria para un tiempo de retorno de 10 años es:(Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

$$ID_{TR=10} = 3$$

Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia o precipitación es una medida de caudal de lluvia que se deposita en un área determinada. Relaciona el volumen de lluvia que precipita sobre un área en un tiempo dado.(Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Existen estudios realizados por el INAMHI donde se zonifica al Ecuador en diferentes zonas de intensidad considerando características hidrológicas y geográficas. Esta división de zonas de intensidad permite determinar una intensidad de lluvia en función del tiempo de concentración y la intensidad máxima diaria que a su vez depende del periodo de retorno determinado para el proyecto.(Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Se recurren a los gráficos de zonificación para determinar la zona y la ecuación a utilizar:

Zona 13

$$I_{TR} = 40,414 * t^{-0.3124} * Id_{TR} \left[\frac{mm}{h} \right] \text{ (eq 5.3.)}$$

$$I_{TR} = 40,414 * (12)^{-0.3124} * (3) = \left[\frac{mm}{h} \right]$$

$$I_{TR} = 55.78 \quad \left[\frac{mm}{h} \right]$$

Caudal de aguas lluvias total (Q_p)

El caudal de Agua Lluvias o caudal pluvial se define como el volumen de lluvia máximo esperado que precipita en un área de dimensiones y permeabilidad establecida localizada en una zona de ciertas características hidrográficas. (Franco, 2002)

Para determinar el caudal de aguas lluvias se puede utilizar cualquiera de los tres métodos básicos: (Franco, 2002)

- **Análisis estadístico:** basado en experiencia y observación.
- **Método racional:** a partir del coeficiente de escorrentía, datos hidrográficos y las áreas de aporte determina el caudal pluvial buscado. Aplicable para áreas menores a 1 km^2 .
- **Hidrograma sintético unitario:** Determina el tiempo de escorrentía y la distribución del mismo mediante fórmulas y gráficos.

Para este trabajo, se tomara el enfoque del Método Racional para determinar el caudal de aguas lluvias:

$$Q_p = \frac{C * I_{TR} * A}{360} * 1000 \quad \left[\frac{L}{S} \right] \text{ (eq 5.4.)}$$

Siendo

$$Q_p = \text{Caudal de Aguas Lluvia} \quad \left[\frac{L}{S} \right]$$

$C = \text{Coeficiente de Escorrentia}$

$$I_{TR} = \text{Intensidad Máxima Diaria} \left[\frac{mm}{hora} \right]$$

$$\text{área} = \text{Superficie Total de la Urbanizacion} [ha]$$

Utilizando esta ecuación se (eq 5.4.) obtiene:

$$Q_p = \frac{0.52 * 55.78 * 9.562}{360} * 1000 = 770.42 \left[\frac{L}{s} \right]$$

Este es el caudal que representa el aporte de agua hacia las alcantarillas por la presencia de precipitaciones.

Caudal de aguas lluvias nominal (Q_{n_p})

Este caudal representa el caudal de aguas lluvias por unidad de área de proyecto. Este valor al ser multiplicado por el área de aportación se puede determinar el caudal de aguas lluvias correspondientes al área tributaria a analizar. (Araque, 2011)

$$Q_{n_p i} = \frac{C * I_{TR} * A_i}{360} * 1000 \left[\frac{L}{s} \right] \text{ (eq 5.5.)}$$

Siendo

$$Q_{n_p i} = \text{Caudal de Aguas Lluvia de la sección } i \left[\frac{L}{s} \right]$$

C = Coeficiente de Escorrentia

$$I_{TR} = \text{Intensidad Máxima Diaria} \left[\frac{mm}{h} \right]$$

A_i = Superficie de Aportación de la Sección i [ha]

A continuación se presentan las aportaciones nominales de aguas lluvias correspondientes a todas las áreas de aportación:

Área de Aportación	Área de Aportación	Q
	ha	L/s
A1	0.309	24.90
A2	1.232	99.26
A3	0.305	24.57
A4	0.148	11.92
A5	0.174	14.02
A6	0.148	11.92
A7	0.327	26.35
A8	0.687	55.35
A9	0.150	12.09
A10	0.173	13.94
A11	0.151	12.17
A12	0.234	18.85
A13	0.512	41.25
A14	0.257	20.71
A15	0.206	16.60
A16	0.249	20.06
A17	0.244	19.66
A18	0.174	14.02
A19	0.237	19.10
A20	0.329	26.51
A21	0.530	42.70
A22	0.254	20.47
A23	0.208	16.76
A24	0.263	21.19
A25	0.246	19.82
A26	0.174	14.02
A27	0.251	20.22
A28	0.420	33.84
A29	0.617	49.71
A30	0.577	46.49
Sumatoria		788.47

Tabla 5.4. Caudales pluviales correspondientes a cada área de aportación.

Resultados

Se puede observar que el caudal pluvial obtenido es mucho mayor al caudal sanitario de diseño. Por lo que se concluye que fue una buena decisión el utilizar un sistema separado de alcantarillado para que la planta de tratamiento primario se encargue tan solo de sanear las descargas provenientes de las viviendas.

Para poder determinar las dimensiones de las tuberías que conformarán la red de alcantarillado pluvial se recurre al uso del software SewerCad el cual utiliza la fórmula de Manning y la mecánica de fluidos para determinar las velocidades y dimensiones de tuberías requeridas para transportar las aguas recolectadas.

El Anexo H presenta el diseño del alcantarillado pluvial para la urbanización estancia Real. Este anexo incluye el cotaje del proyecto, la disposición del sistema de alcantarillado sanitario, la profundidad de los pozos de revisión, las dimensiones de la tubería, los caudales y velocidades de flujo.

El Anexo I presenta la disposición de los sumideros en la urbanización. Y el Anexo N ilustra los detalles constructivos de los sumideros.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

Introducción

La gestión ambiental se ha convertido en un tema que no se puede pasar por alto al momento de diseñar e implantar proyectos urbanos. La contaminación de recursos hídricos mediante el vertimiento de aguas residuales urbanas es uno de los puntos más críticos en cuanto a contaminación ambiental producida por la construcción de una obra civil como es la urbanización Estancia Real.

La importancia del tratamiento de estas aguas residuales urbanas, la composición de estas y el cómo lidiar con ellas mediante la tecnología de tanques sépticos, son los temas que se tratarán en este capítulo.

Objetivo

Diseñar una planta de tratamiento primaria la cual permitirá procesar las aguas residuales urbanas de la urbanización Estancia Real previo a su vertedero y así proteger el estado ecológico de los medios receptores y producir efluentes que pueden ser reutilizados.

Aguas residuales urbanas

Se puede entender como aguas residuales urbanas como “aquellas aguas residuales domésticas o a la mezcla de las mismas aguas residuales y/o aguas de escorrentía pluvial”(ICREW, 2006). Basándose en esta definición, se definirá a lo largo de este capítulo como aguas residuales urbanas a los volúmenes de agua que serán recolectados y transportados por la red de alcantarillado; indiferentemente de cual sea su procedencia.

Se debe recordar que la concentración de material sólido en las aguas residuales urbanas no supera la concentración de 600 ppm; una concentración baja que permite considerar a los volúmenes de agua como enteramente líquidos. (Plastigama, 2011)

Características de las aguas residuales urbanas

Color: Presentan un color que puede variar entre beige claro y negro. Suele ser de color beige claro cuando la descarga ha sido realizada recientemente. A medida que el tiempo avanza, la coloración de estas aguas se torna oscura hacia los colores gris o negro debido a la descomposición de la materia orgánica. (ICREW, 2006)

Olor: El olor característico de las aguas residuales urbanas se manifiesta por la presencia de ácido sulfhídrico, indol, escatoles, mercaptanos y demás sustancias presentes debido a la descomposición anaerobia de la materia orgánica. (ICREW, 2006)

Temperatura: Depende de la temperatura del ambiente aunque esta puede estar entre los 15° y 20°, temperaturas a las que la descomposición puede desarrollarse. (ICREW, 2006)

Sólidos: En aguas residuales urbanas que provengan de conexiones domiciliarias se tendrán componentes sólidos. Estos elementos sólidos, de no ser tratados debidamente, pueden causar impactos ambientales en su lugar de disposición final; en especial si estos son medios acuáticos. Entre los impactos se tienen: aumento de la turbidez, disminución de fotosíntesis de vegetación acuática, asfixia a peces, favorecimiento de condiciones anaerobias, etc. (ICREW, 2006)

Materia orgánica: La materia orgánica, compuesta por carbón e hidrogeno, presente en las aguas residuales usualmente está constituida de:(ICREW, 2006)

- *Proteína:* 40% - 50%
- *Hidratos de Carbono:* 25% - 50%
- *Grasas y Aceites:* 10%

Materia orgánica Sintética

La materia inorgánica presente en las aguas residuales usualmente está constituida de:(ICREW, 2006)

- *Oxígeno Disuelto:* fundamental para la descomposición del material orgánico.
- *Ácido Sulfhídrico:* Gas producido por la descomposición. Posee un olor característico.
- *Anhídrido carbónico:* Gas producido por la descomposición.
- *Metano:* Producido a partir de la descomposición de la materia orgánica.
- *Gases Volátiles:* Ácidos grasos volátiles, indol, escatol y derivados del nitrógeno.

Organismos biológicos: Las aguas residuales urbanas presentan presencia de organismos biológicos de alta capacidad metabólica con gran capacidad de descomponer y degradar la materia orgánica e inorgánica. El material orgánico de las aguas residuales

urbanas constituyen el medio de cultivo de estos organismos que principalmente son: algas, mohos, bacterias, larvas, flagelados, virus, etc. (ICREW, 2006)

Contaminantes primarios de aguas residuales urbanas

Los Principales elementos los cuales la planta de tratamiento pretende controlar y eliminar son los siguientes:(ICREW, 2006)

Objetos Gruesos: Elementos solidos arrojados al sistema de alcantarillado como: madera, trapos, plásticos, etc.(ICREW, 2006)

Arena: Gravas de origen mineral u orgánico.(ICREW, 2006)

Grasas y Aceites: Elementos líquidos que forman costras al no mezclarse con el agua y al subir a la superficie por la diferencia de densidad con el mismo.(ICREW, 2006)

Sustancias consumidoras de oxígeno: Materia orgánica e inorgánica que puede oxidarse rápidamente.(ICREW, 2006)

Nutrientes: Tales como el nitrógeno y el fosforo los cuales son esenciales para la promulgación de organismos en el receptor final de disposición final. Estos pueden darse por el uso de detergentes, fertilizantes y por la presencia de excretas.(ICREW, 2006)

Agentes Patógenos: Organismos presentes en las aguas residuales las cuales pueden producir enfermedades a los seres humanos: virus, bacterias, porosos, hongos, etc.(ICREW, 2006)

Contaminantes Prioritarios: Contaminante los cuales no existían en tiempos anteriores como pueden ser productos de cuidado personal, limpieza doméstica,

antibióticos, hormonas, etc. Estos contaminantes emergentes o prioritarios son eliminados tan sólo parcialmente por las plantas de tratamiento tradicionales.(ICREW, 2006)

Caracterización de elementos en aguas residuales urbanas

Para poder cuantificar los contaminantes primarios, se utilizan un conjunto de parámetros que permiten caracterizar las aguas residuales urbanas. Estos son:(ICREW, 2006)

Sólidos en Suspensión: Sólidos que son filtrados por una membrana de 0.45 micras. Estos pueden ser sedimentables, es decir, que caen al fondo del cuerpo acuático en el que se encuentran por acción de la gravedad.(ICREW, 2006)

Aceites y Grasas: El contenido de este elemento se determina aplicando un disolvente.(ICREW, 2006)

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DQO_5): Esta es la demanda de oxígeno disuelto en las aguas residuales urbanas requerida para biodegradar la materia orgánica. Durante el ensayo de 5 días, se consumen aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables.(ICREW, 2006)

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Esta es la demanda de oxígeno requerido para, con la ayuda de reacciones químicas, se oxiden los componentes en las aguas residuales urbanas.(ICREW, 2006)

Nitrógeno: Principalmente en forma de amoníaco, nitratos y nitritos. Se lo determina mediante métodos espectrofotométricos.(ICREW, 2006)

Organismos Patógenos: Los niveles de coliformes son los indicadores de contaminación fecal.(ICREW, 2006)

Los diferentes niveles de estos componentes determinan el nivel de contaminación de las aguas residuales Urbanas. A continuación se presentan estos niveles:

Valores típicos de los Principales Contaminantes del Agua Residual Urbana			
Parametro	Nivel de Contaminación		
	Fuerte	Media	Ligera
Solidos en Suspensión (mg/L)	350	220	100
DBO5 (mg O2/L)	400	220	110
DQO (mg O2/L)	1000	500	250
Nitrógeno (mg N/L)	85	40	20
Fosforo (mg P/L)	15	8	4
Grasas (mg/L)	150	100	50
Coliformes Fecales (ufc/100 ml)	$10^6 - 10^8$	$10^6 - 10^7$	$10^5 - 10^7$

Tabla 6.1. Niveles de concentración de los contaminantes típicos en aguas residuales.(ICREW, 2006)

Biodegradabilidad

Según (sanemainto.pdf) la biodegradabilidad se define como “La característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos, que las emplean para producir energía (por respiración celular), y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos”(ICREW, 2006).

El nivel de biodegradabilidad es un factor de gran importancia en el tratamiento de aguas residuales en general. La biodegradabilidad es la relación por cociente de la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días y la demanda química de oxígeno:(ICREW, 2006)

$$\text{Biodegradabilidad} = \frac{DQO_5}{DQO} \text{ (eq 6.1.)}$$

Esta puede ser clasificada en alta, normal y baja:

Niveles de Biodegradabilidad de Aguas Residuales Urbanas	
DBO5/DQO	Biodegradabilidad
0.4	Alta
0.2 - 0.4	Normal
0.2	Baja

Tabla 6.2. Niveles de biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas.(ICREW, 2006)

Importancia del tratamiento primario de aguas residuales

En la mayoría de los casos, los vertederos de aguas residuales urbanas superan la capacidad de dilución y autodepuración de los medios receptores como son los ríos y océanos. Este abuso conlleva al deterioro progresivo de estos medios receptores, la flora y fauna que dependen de él e inclusive los seres humanos que intenten reutilizar estas aguas.

Indiferentemente del origen de las aguas residuales urbanas, estas deben ser tratadas previamente a su vertedero o reutilización y así proteger el estado ecológico de los medios receptores, evitar problemas de salud en poblaciones y producir efluentes que pueden ser reutilizados posteriormente.

Se ha podido observar y comprobar que en los vertederos donde se depositan efluentes que no han sido tratados se evidencia la presencia de:(ICREW, 2006)

- Fangos y Sólidos Flotantes.
- Agotamiento de contenido de oxígeno.

- Crecimiento masivo de algas y otras plantas.
 - Enfermedades en población como tifus, cólera, disentería, polio y hepatitis (A y E).
 - Cambio en el ecosistema microbiológico.
 - Cambios en población animal y botánico.
- (ICREW, 2006)

Metodologías de tratamiento

Se han desarrollado diferentes metodologías de tratamiento de aguas residuales. Cada una con su comportamiento específico el cual pretende liderar con un mismo problema que puede tener determinadas características, tipo y niveles de contaminación. Entre los más comunes se encuentran los siguientes:(ICREW, 2006)

- Tanques Sépticos
- Tanques IMHOFF
- Zanjas Filtrantes
- Lechos Filtrantes
- Pozos Filtrantes
- Filtros Intermitentes de Arena Enterrados
- Filtros Verdes
- Humedales Artificiales
- Lagunajes
- Filtros de Turba
- Lechos Bacterianos
- Controladores Biológicos Rotativos
- Aireaciones Prolongadas

(ICREW, 2006)

Justificación de metodología seleccionada: tanque séptico

Se tomó al tanque séptico como la opción que mejor se ajusta a la realidad del proyecto. Los criterios de decisión fueron los siguientes:

- Las características de trabajo del tanque séptico permite un tratamiento adecuado a los niveles de contaminación presentes en las aguas residuales urbanas.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)
- Los caudales de diseño son fácilmente manejables con el tanque séptico.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

- El precio de realizar una planta de tratamiento de este tipo no es muy elevado.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)
- Es la opción más recomendada y utilizada para este tipo de proyectos.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Tanque séptico

El tanque séptico o fosa séptica es un sistema de tratamiento de aguas residuales urbanas provenientes de una red de alcantarillado que combina la separación y digestión de sólidos. Esta metodología de tratamiento, para procesar los efluentes, se vale de la descomposición anaerobia y la sedimentación de sólidos, los cuales se acumulan en el fondo del tanque, deben ser removidos periódicamente ya sea manual o mecánicamente. (Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Estos dispositivos de saneamiento se encuentran divididos en compartimientos. En el primer compartimiento se produce la sedimentación, digestión y almacenamiento de los sólidos presentes en el agua residual. (ICREW, 2006)

El agua clarificada es trasladada al segundo compartimiento donde se produce una segunda sedimentación de los sólidos más ligeros que no lograron asentarse en el primer tanque por la presencia de lodos y burbujas producto de la degradación anaerobia. (Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

La etapa de degeneración anaerobia del tratamiento se lleva a cabo en los sedimentos precipitados y acumulados en el fondo del tanque. Este proceso de degradación disminuye el volumen de los sólidos en gran medida, evitando que se requiera evacuar los sedimentos constantemente. (Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Los tanques pueden o no poseer un tercer compartimiento donde las aguas residuales urbanas cuentan con una fase as de sedimentación y digestión. (Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Ventajas y desventajas del uso de tanques sépticos como medio de tratamiento

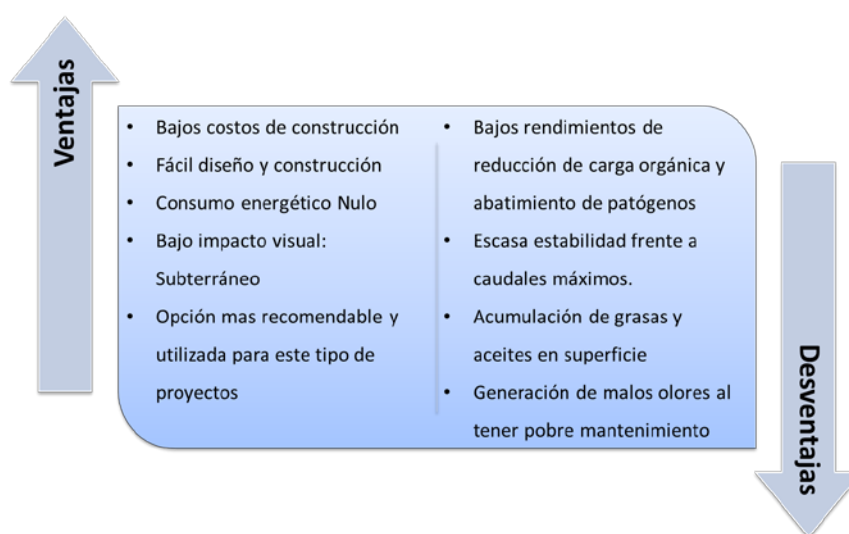


Grafico 6.1. Ventajas y desventajas del uso de tanques sépticos como plantas de tratamiento primario.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Requisitos para el diseño de tanques sépticos

Debe existir un espacio apropiado para la construcción del pozo séptico. Este deberá estar alejado al menos 2.0 metros de cualquier tipo de edificación. Este espacio donde se colocará el tanque, no debe ser pantanoso ni propenso a inundaciones.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

El espacio propuesto para la construcción del pozo séptico debe poseer un espacio disponible para que los camiones de mantenimiento puedan parquearse y realizar las obras de mantenimiento periódicas sin inconvenientes.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

El efluente de los tanques sépticos no debe ser descargado directamente hacia ningún cuerpo de agua receptor a menos que un estudio indique que este cuerpo es apto para dicha actividad.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Características y recomendaciones de diseño

El Tiempo de Retención no puede ser menor a 6 horas para garantizar que el tratamiento primario pueda llevarse a cabo.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Al tener un tanque séptico de dos cámaras, la primera de ellas deberá ocupar el 66% del volumen efectivo total del tanque. En el caso que el tanque séptico cuente con 3 compartimentos, el primero deberá ocupar por lo menos el 50% del volumen total. (ICREW, 2006)

En cuanto a dimensiones, se recomienda una profundidad efectiva neta que se encuentre en el rango entre 1.50 y 2.00 m. esto para asegurar que el proceso de sedimentación se logre desarrollar. Por otro lado, la relación entre la longitud/ancho del pozo debe estar preferiblemente entre 2:1 y 5:1.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

El volumen mínimo de diseño del tanque séptico debe ser de 2.0 m³ y la superficie mínima no puede ser menor a 2.0 m².(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Se admite la compartimentación del tanque séptico cuando el volumen de este supere los 5 m³. Esta compartimentación, de ser realizada, deberá ser dispuesta en serie. La disposición en paralelo es inaceptable.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

De existir un acuífero o fuente de recurso agua, el tanque séptico deberá localizarse a un nivel más bajo que este, aguas abajo y a una distancia de no menos 30 años para evitar contaminación en la fuente de agua.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

La estructura del tanque debe ser herméticamente construida y debe continuar siéndolo durante su tiempo de vida. Por lo que se recomienda aplicar una capa extra de recubrimiento; esto último ayuda también a contrarrestar la acción degenerativa de las aguas residuales sobre el hormigón.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Localización del tanque séptico

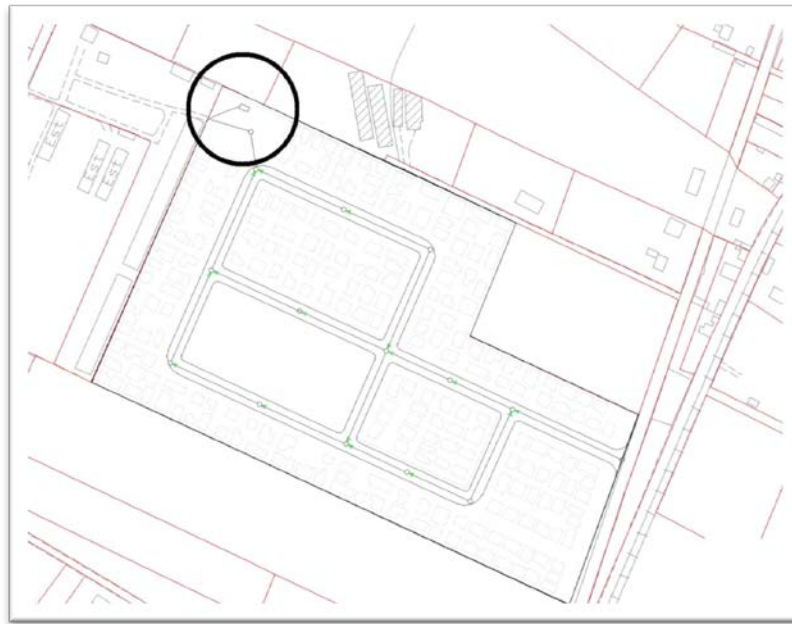


Grafico 6.2. Vista en planta de la localización del pozo séptico de la urbanización.

Dada la disposición arquitectónica de la urbanización, se decide colocar el tanque séptico bajo el área de equipamiento, alejado de las viviendas y evitando molestias por malos olores.

Diseño del tanque séptico

Una vez tomados en cuenta los requisitos y recomendaciones para el diseño del tanque séptico, se procede a realizar los cálculos de diseño del mismo.

El diseño del tanque séptico comprende en determinar los siguientes factores:

- Tiempo de retención hidráulico.
- Volumen de sedimentación.
- Profundidad de sedimentación
- Área superficial del tanque séptico.
- Altura de seguridad.

Tiempo de retención (Pr)

Lapso de tiempo desde el momento de ingreso del agua residual urbana al pozo hasta el instante de evacuación del mismo. Tomar en cuenta que el tiempo de retención no puede ser menor a 6 horas, que es lo mismo que 21600 segundos.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

Para la urbanización Estancia Real, se tomará como tiempo de retención el valor de 6 horas o 21600 segundos; el valor mínimo de tiempo de retención.

$$Pr = 21600 \text{ [s]}$$

Volumen de sedimentación

El volumen de sedimentación es el espacio efectivo requerido del tanque séptico para que las aguas residuales urbanas puedan permanecer en el tanque por un lapso igual al tiempo de retención.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

$$Vs = \frac{Qs * Pr}{1000} [m^3] (eq 6.2.)$$

Siendo

$$Vs = \text{Volumen de Sedimentación} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$Qs = \text{Caudal Sanitario de Diseño} \left[\frac{L}{s} \right]$$

$Pr = \text{Tiempo de retención hidráulica [s]}$

Aplicando la fórmula (eq 6.2.) y los datos previamente encontrados, se determina:

$$V_s = \frac{Q_s * Pr}{1000} [m^3] \text{ (eq 6.2.)}$$

$$V_s = \frac{2.05 * 21600}{1000} [m^3]$$

$$V_s = 44.28 [m^3]$$

Profundidad de sedimentación

Corresponde a la altura efectiva que requerirá el tanque para contener las aguas residuales urbanas. Este valor se determina dividiendo el volumen de sedimentación para el área superficial del tanque determinado. Este valor no puede ser menor a 0.30 m aunque se recomienda que este entre 1.20 y 1.70 m de altura. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

Para la urbanización Estancia Real se tomará la altura máxima recomendada que es 1.70 metros.

$$H_s = 1.70 [m]$$

Área superficial del tanque séptico

Esta superficie corresponde a la multiplicación del largo y el ancho interior del tanque séptico. Al dividir el volumen de sedimentación para el área superficial del tanque séptico, se obtiene la profundidad de sedimentación. (Organización Mundial de la Salud, 2003)

Para determinar el área de sedimentación se determina que el largo del tanque equivale a 2 veces el ancho del mismo; relación la cual es recomendada. Por lo tanto:

$$A = a * b [m^2]$$

$$b = 2a [m]$$

$$A = a * 2a [m^2](eq 6.3.)$$

$$Vs = a * b * Hs (eq 6.4.)$$

Se realiza un sistema de ecuaciones con(eq 6.3.)y (eq 6.4.) Para obtener que:

$$a = \sqrt{\frac{Vs}{2 * Hs}} [m](eq 6.5.)$$

Aplicando la ecuación(eq 6.5.) y los datos previamente encontrados, se determina:

$$a = \sqrt{\frac{44.28}{2 * 1.7}} [m]$$

$$a = 3.60[m]$$

$$b = 2a [m]$$

$$b = 7.20 [m]$$

∴

$$A = a * b [m^2]$$

$$A = 25.92 [m^2]$$

Altura de seguridad

La altura efectiva del tanque debe contar con un factor de seguridad. Esta no debe ser menor a 0.10 m aunque, como se mencionó en anterioridad, se recomienda utilizar una altura de seguridad de 0.30 m. Esta altura de seguridad proporciona un volumen para que los lodos

y las natas formadas dentro del tanque puedan almacenarse hasta la fecha de mantenimiento.(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

$$hs = 0.30 [m]$$

Profundidad efectiva neta del tanque

Se lo determina mediante la suma de las profundidades y alturas calculadas:

$$H = Hs + hs [m](eq 6.6.)$$

Siendo

$$H = \textit{Profundidad Efectiva Neta del Tanque [m]}$$

$$hs = \textit{Altura de Seguridad [m]}$$

Aplicando la ecuación 6.6. y los datos previamente encontrados, se determina:

$$H = Hs + hs [m](eq 6.5.)$$

$$H = 1.70 + 0.30 [m]$$

$$H = 2.00 [m]$$

Volumen efectivo neto del tanque

Se lo determina mediante la multiplicación del área superficial del tanque por la profundidad efectiva neta del Tanque:(Organizacion Mundial de la Salud, 2003)

$$V = A * H [m^3](eq 6.6.)$$

Siendo

$H = \text{Volumen Efectivo Neto del Tanque } [m^3]$

$A = \text{Area Superficial efectiva del Tanque Séptico } [m]$

$H = \text{Profundidad Efectiva Nata del Tanque } [m]$

Aplicando la ecuación (eq 6.6.) y los datos previamente encontrados, se determina:

$$V = A * H \quad [m^3] \text{ (eq 6.6.)}$$

$$V = 25.92 * 2.00 [m^3]$$

$$V = 25.92 * 2.00 [m^3]$$

$$V = 51.84 \quad [m^3]$$

Resultados

La planta de tratamiento diseñada a partir de los valores encontrados se encuentra graficada en el Anexo P.

Mantenimiento

En cuanto al mantenimiento del tanque séptico, el periodo de limpieza no debe ser mayor a 5 años ni menor a 2. Este mantenimiento consiste en: la limpieza de las rejillas y filtros del sistema, el bombeo de los lodos sedimentados, la evacuación de natas y elementos flotantes. (Araque, 2011)

Para la urbanización Estancia Real, se recomienda realizar un mantenimiento periódico cada 2 años dada la importancia y magnitud del tanque séptico. De igual manera es recomendable revisar el medidor de lodos periódicamente, al menos una vez cada 6 meses. (Orbe, 2011)

Se debe evitar el exceso de grasas y aceites. Para esto, se recomienda la colocación de trampas de grasa a la salida de tuberías de cocinas y lavanderías de cada una de las viviendas de la urbanización. Las aguas provenientes de servicios higiénicos jamás deben entrar en contacto con la trampa de grasa.(Córdova, 2011)

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Introducción

Este capítulo trata sobre la evaluación de impacto ambiental (EIA) de la construcción del sistema de alcantarillado para la urbanización Estancia Real. Este estudio de impacto ambiental comprende de la investigación de normativas pertinentes y la aplicación de un estudio de EIA el cual indique las actividades de afectación y los factores ambientales involucrados. Se presenta un plan de manejo que cuenta tanto con medidas de prevención como de mitigación. Estas medidas se basan en el estudio ambiental el cual utiliza la metodología de Causa-Efecto, una matriz que evalúa las actividades de construcción y uso del sistema de alcantarillado y los diferentes factores ambientales que pueden ser afectados ya sea positiva o negativamente.

Objetivo

Determinar cuáles son las actividades con una mayor magnitud de impacto durante el periodo de construcción y uso del sistema de alcantarillado.

Determinar cuáles son los factores ambientales más perjudicados durante el periodo de construcción y uso del sistema de alcantarillado.

Obtener un plan de manejo ambiental el cual cuente con medidas de prevención que disminuya o prevenga los impactos ambientales determinados con la matriz Causa-Efecto.

Marco legal

Actualmente, existen diferentes documentos a los cuales se puede recurrir a revisar la normativa para realizar un estudio de impacto ambiental que cumpla con los requerimientos que prevengan los impactos negativos y que los mitigue de ser manifestados. Estas

normativas pueden ser generales o específicas al problema ambiental presentado en este estudio. A continuación se presentan estos documentos:

Constitución de la República del Ecuador

Este documento es la normativa máxima en la escala de jerarquía de documentos jurídicos del Ecuador por lo que ningún artículo u ordenanza reza sobre lo estipulado en estos artículos.(Asamblea Constituyente , 2009)

Art.15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.(Asamblea Constituyente , 2009)

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.(Asamblea Constituyente , 2009)

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.(Asamblea Constituyente , 2009)

El capítulo segundo correspondiente a la biodiversidad y recursos naturales se definen los siguientes puntos relevantes:

Art.- 395.- El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la

satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (...).(Asamblea Constituyente , 2009)

La sección sexta del capítulo segundo se enfoca específicamente en el recurso agua:

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.(Asamblea Constituyente , 2009)

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque eco sistémico.(Asamblea Constituyente , 2009)

Tratados internacionales relevantes

- *Washington*: Marzo 3, 1973
- *Bonn*: Junio 23, 1979
- *Berna*: Junio 23, 1979
- *Ginebra*: Noviembre 18, 1983
- *Rio de Janeiro (Agenda 21)*: Junio 5, 1992
- *Londres*: Noviembre 8, 1993

(Córdova, 2011)

Código penal ecuatoriano

Art. 437 B.- El que infringere las normas sobre protección del ambiente, vertiendo residuos de cualquier naturaleza, por encima de los límites fijados de conformidad con la ley,

si tal acción causare o pudiere causar perjuicio o alteraciones a la flora, la fauna, el potencial genético, los recursos hidrobiológicos o la biodiversidad, será reprimido con prisión de uno a tres años, si el hecho no constituyere un delito más severamente reprimido. (Codigo Penal Ecuador)

Políticas básicas ambientales del Ecuador (1994)

2.- (...) Todo habitante en el Ecuador y sus instituciones y organizaciones públicas y privadas deberán realizar cada acción, en cada instante, de manera que propenda en forma simultánea a ser socialmente justa, económicamente rentable y ambientalmente sustentable.(Decreto N° 1.802, 1994)

Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre

Art 73.- b) Prevenir y controlar la contaminación del suelo y de las aguas, así como la degradación del medio ambiente.(Congreso Nacional del Ecuador, 2004)

Ley de gestión ambiental

Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.(Congreso Nacional del Ecuador, 1999)

Art. 21.- Los Sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos.(Congreso Nacional del Ecuador, 1999)

Texto unificado de la legislación ambiental (libro VI)

Art. 2.- Principios.- Los principios del Sistema Único de Manejo ambiental son el mejoramiento, la transparencia, la agilidad, la eficacia y la eficiencia así como la coordinación interinstitucional de las decisiones relativas a actividades o proyectos propuestos con potencial impacto y/o riesgo ambiental, para impulsar el desarrollo sustentable del país mediante la inclusión explícita de consideraciones ambientales y de la participación ciudadana, desde las fases más tempranas del ciclo de vida de toda actividad o proyecto propuesto y dentro del marco establecido mediante este Título.(De las Políticas Bsicas ambientales del Ecuador)

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua

Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua (4.2.1)(Ministerio del Ambiente, 2002)

Ver Anexo C

Matriz Factor-Acción: metodología de evaluación de impacto ambiental

Con el objetivo de realizar una evaluación de impacto ambiental del alcantarillado de la urbanización Estancia Real, se recurre al método de matriz Factor- Acción el cual pretende determinar el nivel de impacto sobre los factores ambientales que serán comprometidos al momento de realizar las actividades de construcción y uso del sistema de alcantarillado.

La matriz posee como columnas las actividades de construcción que afectarán al medio ambiente. Las filas de la matriz corresponden a los factores ambientales comprometidos o afectados por las actividades. Las celdas de la matriz se llenan con los valores los cuales representan la magnitud e importancia de la relación entre las actividades de construcción y factores ambientales. (Córdova, 2011)

Magnitud

La magnitud de los impactos se los cuantifican en un rango entre 1 y 10; siendo 10 el valor con mayor dimensión. (Córdova, 2011)

Cada impacto posee características específicas las cuales deben ser tomadas en cuenta para el proceso de cuantificación de daños y para procesos de mitigación. Esta caracterización de los impactos se determina mediante los siguientes parámetros:

Caracterización de Impactos Ambientales		
Naturaleza	Beneficio	+1
	Determinante	-1
Duración	Temporal	1
	Permanente	2
Reversibilidad	A Corto Plazo	1
	A Largo Plazo	2
Probabilidad	Probable	0.1
	Poco Probable	0.5
	Hecho	1
Intensidad	Baja	1
	Mediana	2
	Alta	3
Extensión	Puntual	1
	Local	2
	Regional	3

Tabla 7.1. Valores de caracterización de efectos ambientales.(Córdova, 2011)

Como se puede observar, no necesariamente un impacto ambiental es negativo, este puede ser benéfico también.

Se requiere obtener la magnitud de las actividades sobre los factores ambientales relacionados. Las magnitudes de los impactos se encuentran con la siguiente ecuación:(Córdova, 2011)

$$M = N * P * (D + R + I + E)(eq 7.1.)$$

Siendo

M = Magnitud

M = Naturaleza

P = Probabilidad

D = Duración

R = Reversibilidad

I = Intensidad

E = Extensión

Las magnitudes de los impactos se encontrarán entre valores de -10 y 10. Siendo -10 el valor correspondiente a un impacto ambiental negativo de extensión regional, de intensidad alta de reversibilidad a largo plazo, de duración permanente y de probabilidad cierta. El signo positivo o negativo indicará si corresponde a un impacto ambiental benéfico o negativo correspondientemente. (Córdova, 2011)

Importancia

Una vez determinada la magnitud de los impactos se procede a obtener el valor de importancia de cada factor ambiental, valor que varía entre 1 y 10 basándose en la experiencia y criterio del analista. (Córdova, 2011)

Magnitud ponderada

La magnitud ponderada es el valor que ingresa en cada una celda de la matriz de Causa-Efecto. Este número es el producto de la multiplicación del valor de importancia y la

magnitud calculada previamente. Por lo tanto, los valores de magnitud ponderada variarán entre 1 y 100; tanto positiva como negativamente.(Córdova, 2011)

Los valores de impacto ambiental, representados por la magnitud ponderada, pueden ser interpretados con la siguiente tabla: (Córdova, 2011)

Leyenda			
	Rango	Símbolo	Nivel
Positivo	81 - 100	MS	Muy Significativo
	61 - 80	S	Significativo
	41 - 60	MEDS	Medianamente Significativo
	21 - 40	PS	Poco Significativo
	0 - 20	NS	No Significativo
Negativo	0 - 20	NS	No Significativo
	21 - 40	PS	Poco Significativo
	41 - 60	MEDS	Medianamente Significativo
	61 - 80	S	Significativo
	81 - 100	MS	Muy Significativo

Tabla 7.2. Nivel de significación de magnitud ponderada de impacto.

Factores ambientales afectados

Dependiendo del proyecto a realizarse, se tendrán diferentes actividades que afectarán al medio ambiente. Para propósitos de este estudio, se tomaron los siguientes factores ambientales para ser analizados con la matriz Causa-Efecto: medio físico, medio perceptual, medio biótico y medio socio-económico.(Córdova, 2011)

Medio físico

Calidad del aire: Se presenta una producción de malos olores por la acción del tratamiento del agua. De igual manera, se producen malos olores durante el trabajo de mantenimiento. El aire es contaminado por polvo y PM10 por el transporte y por los trabajos de obra con maquinaria.(Córdova, 2011)

Nivel de ruido: A consecuencia de actividades que involucran maquinaria, equipos de construcción y transporte, los niveles de ruido se ven altamente incrementados durante los procesos de construcción.(Córdova, 2011)

Calidad del agua: Un sin número de elementos líquidos como grasas, aceites, pegantes, aditivos, etc., pueden ser derramados durante la construcción y puede contaminar el agua al alcanzar un cuerpo hídrico o la tubería de agua potable. Por otro lado, la evacuación de las aguas de la urbanización, ya sean pluviales o sanitarias, son depositadas en cuerpos de agua, en este caso ríos. (Córdova, 2011)

Cambio del flujo: Una gran cantidad de flujo se descarga a la red de alcantarillado y al cuerpo de depósito. Esta gran cantidad de agua cambia el comportamiento de los flujos involucrados, en especial el del alcantarillado. Al obtener agregado de ríos, se cambia la morfología del río y por ende su flujo y ecosistema.(Córdova, 2011)

Calidad del suelo: La acumulación de basura y material producido al realizar las actividades de obra, afectarán la calidad del suelo. La limpieza del terreno y el movimiento de tierra fértil del terreno constituyen una afectación negativa a la calidad.

Compactación de suelo: La capa fértil se ve afectada al ser compactada al aplicar sobrecarga al suelo, esta puede ser aplicada al permitir el ingreso de vehículos pesados al terreno.(Córdova, 2011)

Estabilidad de suelo: las actividades como la excavación o la limpieza de la capa vegetal de las pendientes, comprometen la estabilidad de los suelos.(Córdova, 2011)

Ocupación del suelo: existirá una demanda de espacio para la colocación de escombros y material de construcción.(Córdova, 2011)

Los valores de importancia ambiental para los factores correspondientes al medio físico, utilizados para determinar la magnitud ponderada, se encuentran expresados en la siguiente tabla:

Medio Físico		
Factor	Afectación	Valor
Atmosférico	Calidad del Aire	8.0
	Nivel de Ruido	9.0
Agua	Calidad del Agua	10.0
	Cambio en el Flujo	7.0
Suelo	Calidad del Suelo	8.0
	Compactación	7.0
	Estabilidad	7.0
	Ocupación	8.0

Tabla 7.3. Valor de importancia ambiental referente al medio físico.

Medio perceptual

Fisiografía: La estética se verá afectada por la construcción de estructuras donde en principio es una zona verde. La acumulación de escombros y la etapa de construcción se consideran como causas de la afectación del paisaje.(Córdova, 2011)

Los valores de importancia ambiental para los factores correspondientes al medio perceptual, utilizados para determinar la magnitud ponderada, se encuentran expresados en la siguiente tabla:

Medio Perceptual		
Factor	Afectación	Valor
Fisiografía	Paisaje	9.0

Tabla 7.4. Valor de importancia ambiental referente al medio perceptual.

Medio biótico

Diversidad de flora: Las actividades de limpieza de terreno se encargan de destruir la flora endémica que crece en el terreno de forma natural.(Córdova, 2011)

Estratos de flora: Al realizar trabajos en la capa fértil del terreno, se altera la flora que podría habitar en ese espacio.(Córdova, 2011)

Diversidad de fauna: Las actividades de limpieza del terreno que se encargan de levantar la capa verde sobre el terreno indirectamente atenta contra los animales que se alimentan y habitan en este ecosistema. La fauna que depende del cuerpo de agua donde se descargarán las aguas tratadas se ve altamente afectada por la contaminación que aporta con el agua utilizada durante la fase de uso de la tubería.(Córdova, 2011)

Hábitats: El ecosistema de la zona se ve desequilibrado por la limpieza del suelo.(Córdova, 2011)

Los valores de importancia ambiental para los factores correspondientes al medio biótico, utilizados para determinar la magnitud ponderada, se encuentran expresados en la siguiente tabla:

Medio Biótico		
Factor	Afectación	Valor
Flora	Diversidad	7.0
	Estratos	8.0
Fauna	Diversidad	9.0
	Hábitats	8.0

Tabla 7.5. Valor de importancia ambiental referente al medio biótico.

Medio socio-económico

Áreas de producción: El terreno donde se planea construir el proyecto en un terreno de producción de frutilla, por lo que al terminar este proceso esta área de producción se ve afectada.(Córdova, 2011)

Empleo: Los trabajadores beneficiados del área de producción agrícola del terreno se verán afectados. Por otro lado, toda actividad que involucra trabajo humano en el proyecto genera fuentes de empleo.(Córdova, 2011)

Salubridad: el ingerir agua contaminada con vertidos de líquidos tóxicos significa un atentado a la salud de las personas.(Córdova, 2011)

Planificación urbanística: El proyecto en general es una opción urbanística de correcto diseño que se acopla a las necesidades de la zona.(Córdova, 2011)

Riesgos de accidentes: El trabajo de obra presenta riesgos que pueden atentar a la integridad de los trabajadores en el proceso de producción y durante el proceso de mantenimiento.(Córdova, 2011)

Los valores de importancia ambiental para los factores correspondientes al medio biótico, utilizados para determinar la magnitud ponderada, se encuentran expresados en la siguiente tabla:

Medio Socio-Económico		
Factor	Afectación	Valor
Salud y Socio-Economía	Áreas de Producción	8.0
	Empleo	9.0
	Salubridad	10.0
	Planificación Urbanística	7.0
	Riesgos de Accidentes	8.0

Tabla 7.6. Valor de importancia ambiental referente al medio socio-económico.

Actividades de afectación

El conjunto de actividades y hechos que conlleva el desarrollo de la construcción y vida de uso del alcantarillado en si son los elementos que afectan al medio ambiente y

conformarán las columnas de la matriz Causa-Efecto. A estas actividades se las ha clasificado en sus diferentes fases de vida:(Córdova, 2011)

Fase constructiva

- Instalación de Infraestructura Temporal
- Limpieza del Terreno
- Excavaciones
- Transporte de maquinaria, material y personal
- Trabajos de Zanja
- Relleno y Compactación
- Tendido de Tuberías
- Elaboración de Conexiones
- Obtención de Material de Mejoramiento
- Construcción de estructuras de Hormigón
- Daño a la propiedad Pública
- Retiro de Escombros

Fase de uso y mantenimiento

- Evacuación de Agua tratada:
- Limpieza de elementos del Sistema
- Reparaciones

Matriz de identificación de impactos

Previo a la realización de la matriz de Causa-Efecto y posterior a la determinación de las actividades las cuales causan los impactos y las afectaciones, se arma la matriz de identificación de impactos en la cual se relaciona la cada actividad con cada factor ambiental.

Matriz de Identificación de Impactos: Fase Constructiva & Fase de Uso			Instalación de Infraestructura Temporal	Limpeza del Terreno	Excavaciones	Transporte	Trabajos de Zanja	Relleno y Compactación	Tendido de Tuberías	Elaboración de Conexiones	Obtención de Material de Mejoramiento	Construcción de Estructuras de Hormigón	Daño a la propiedad Pública	Retiro de Escombros	Evacuación del Agua Tratada	Limpeza de elementos del sistema	Reparaciones		
			Factores Ambientales		Fase Constructiva											Fase de Uso			
Factores Ambientales	Atmosférico	Calidad del Aire			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Nivel de Ruido			✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓				✓
	Agua	Calidad del Agua	✓							✓		✓	✓				✓	✓	
		Cambio en el Flujo			✓							✓					✓	✓	
	Suelo	Calidad del Suelo	✓	✓							✓	✓	✓	✓		✓			
		Compactación	✓		✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓				
		Estabilidad		✓	✓							✓							
		Ocupación	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓
	Fisiografía	Paisaje	✓	✓							✓	✓	✓	✓				✓	
	Flora	Diversidad	✓	✓								✓				✓			
		Estratos		✓	✓								✓						
	Fauna	Diversidad	✓	✓		✓						✓						✓	
		Hábitats		✓															
	Salud y Socio-Economía	Áreas de Producción		✓	✓							✓	✓						
		Empleo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
		Salubridad	✓												✓	✓	✓	✓	✓
		Planificación Urbanística								✓	✓				✓	✓			
Riesgos de Accidentes			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			

Tabla 7.7. Matriz de identificación de impactos ambientales.

Cálculos de magnitud ponderada

Una vez identificadas las relaciones entre las actividades y los factores ambientales se procede a determinar las magnitudes y a su vez las magnitudes ponderadas, las cuales se ingresarán en la matriz Causa-Efecto.

Se analizan las magnitudes y las magnitudes ponderadas de los factores correspondientes a cada una de las actividades:

Instalación de Infraestructura Temporal			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Agua	-0.5	10.0	-5.0
Calidad del Suelo	-6.0	8.0	-48.0
Compactación	-2.0	7.0	-14.0
Ocupación	-0.6	8.0	-4.8
Paisaje	-0.4	9.0	-3.6
Diversidad (Flora)	-2.0	7.0	-14.0
Diversidad (Fauna)	-0.6	9.0	-5.4
Empleo	0.7	9.0	6.3
Salubridad	-2.0	10.0	-20.0

Tabla 7.8. Cálculo de las magnitudes ponderadas para la instalación de infraestructura temporal.

Limpieza del Terreno			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Suelo	-7.0	8.0	-56.0
Estabilidad	-0.7	7.0	-4.9
Ocupación	-0.5	8.0	-4.0
Paisaje	-0.8	9.0	-7.2
Diversidad (Flora)	-8.0	7.0	-56.0
Estratos	-8.0	8.0	-64.0
Diversidad (Fauna)	-0.7	9.0	-6.3
Hábitats	-0.8	8.0	-6.4
Áreas de Producción	-0.8	8.0	-6.4
Empleo	6.0	9.0	54.0
Riesgos de Accidentes	-2.0	8.0	-16.0

Tabla 7.9. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para la instalación de infraestructura temporal.

Excavaciones			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	-0.7	8.0	-5.6
Nivel de Ruido	-7.0	9.0	-63.0
Cambio en el Flujo	-0.6	7.0	-4.2
Compactación	-0.6	7.0	-4.2
Estabilidad	-0.7	7.0	-4.9
Ocupación	-0.6	8.0	-4.8
Estratos	-0.8	8.0	-6.4
Áreas de Producción	-8.0	8.0	-64.0
Empleo	0.5	9.0	4.5
Riesgos de Accidentes	-0.6	8.0	-4.8

Tabla 7.10. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para las excavaciones.

Transporte			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	0.7	8.0	5.6
Nivel de Ruido	-0.7	9.0	-6.3
Compactación	-2.5	7.0	-17.5
Diversidad (Fauna)	-0.6	9.0	-5.4
Empleo	2.0	9.0	18.0
Riesgos de Accidentes	-0.6	8.0	-4.8

Tabla 7.11. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para el transporte.

Trabajos de Zanja			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	0.6	8.0	4.8
Nivel de Ruido	-0.7	9.0	-6.3
Compactación	3.0	7.0	21.0
Empleo	0.6	9.0	5.4
Riesgos de Accidentes	-0.7	8.0	-5.6

Tabla 7.12. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para los trabajos de zanja.

Relleno y Compactación			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	6.0	8.0	48.0
Nivel de Ruido	-7.0	9.0	-63.0
Compactación	0.4	7.0	2.8
Empleo	6.0	9.0	54.0
Riesgos de Accidentes	-2.5	8.0	-20.0

Tabla 7.13. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para el relleno y compactación.

Tendido de Tuberías			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Agua	2.0	10.0	20.0
Ocupación	-0.5	8.0	-4.0
Empleo	7.0	9.0	63.0
Planificación Urbanística	0.7	7.0	4.9
Riesgos de Accidentes	-0.7	8.0	-5.6

Tabla 7.14. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para el tendido de tuberías.

Elaboración de Conexiones			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Suelo	-0.5	8.0	-4.0
Ocupación	-0.5	8.0	-4.0
Empleo	6.0	9.0	54.0
Planificación Urbanística	0.7	7.0	4.9

Tabla 7.15. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para la elaboración de conexiones.

Obtención de Material de Mejoramiento			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	-0.5	8.0	-4.0
Nivel de Ruido	-0.5	9.0	-4.5
Calidad del Agua	-2.0	10.0	-20.0
Cambio en el Flujo	-2.0	7.0	-14.0
Calidad del Suelo	-0.6	8.0	-4.8
Compactación	-0.6	7.0	-4.2
Estabilidad	-0.5	8.0	-4.2
Ocupación	-2.0	8.0	-16.0
Paisaje	-7.0	9.0	-63.0
Diversidad (Flora)	-2.0	7.0	-14.0
Diversidad (Fauna)	-0.7	9.0	-6.3
Áreas de Producción	-4.0	8.0	-32.0
Empleo	0.5	9.0	4.5
Riesgos de Accidentes	-0.6	8.0	-4.8

Tabla 7.16. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para la obtención de material de mejoramiento.

Construcción de Estructuras de Hormigón			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	-0.5	8.0	-4.0
Nivel de Ruido	-0.7	9.0	-6.3
Calidad del Agua	-3.0	10.0	-30.0
Calidad del Suelo	-0.7	8.0	-5.6
Compactación	-0.7	7.0	-4.9
Ocupación	-7.0	8.0	-56.0
Paisaje	-8.0	9.0	-72.0
Estratos	-0.6	8.0	-4.8
Áreas de Producción	-7.0	8.0	-56.0
Empleo	8.0	9.0	72.0
Riesgos de Accidentes	-2.5	8.0	-20.0

Tabla 7.17. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para la construcción de estructuras de hormigón

Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	-5.0	8.0	-40.0
Nivel de Ruido	-8.0	9.0	-72.0
Calidad del Suelo	-2.0	8.0	-16.0
Ocupación	-0.6	8.0	-4.8
Paisaje	-2.0	9.0	-18.0
Empleo	0.7	9.0	6.3
Riesgos de Accidentes	-0.7	8.0	-5.6

Tabla 7.18. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para la construcción de estructuras de hormigón

Retiro de Escombros			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	-0.5	8.0	-4.0
Nivel de Ruido	-0.6	9.0	-5.4
Compactación	-3.0	7.0	-21.0
Ocupación	0.7	8.0	5.6
Paisaje	0.6	9.0	5.4
Empleo	0.7	9.0	6.3
Salubridad	0.6	10.0	6.0
Planificación Urbanística	3.0	7.0	21.0
Riesgos de Accidentes	-7.0	8.0	-56.0

Tabla 7.19. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto para el retiro de escombros

Evacuación del Agua Tratada			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	-0.6	8.0	-4.8
Calidad del Agua	-9.0	10.0	-90.0
Cambio en el Flujo	-0.7	7.0	-4.9
Calidad del Suelo	-0.6	8.0	-4.8
Diversidad (Flora)	-9.0	7.0	-63.0
Salubridad	10.0	10.0	100.0
Planificación Urbanística	3.0	7.0	21.0

Tabla 7.20. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto de evacuación de aguas tratadas.

Limpieza de elementos del Sistema			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	-2.5	8.0	-20.0
Calidad del Agua	-0.4	10.0	-4.0
Cambio en el Flujo	-2.0	7.0	-14.0
Diversidad	-0.5	7.0	-3.5
Diversidad	-2.5	9.0	-22.5
Hábitats	-0.5	8.0	-4.0
Empleo	7.0	9.0	63.0
Salubridad	0.6	10.0	6.0
Riesgos de Accidentes	-2.5	8.0	-20.0

Tabla 7.21. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto de la limpieza de los elementos del sistema.

Reparaciones			
Factores Ambientales Relacionados	Magnitud	Importancia	Magnitud Ponderada
Calidad del Aire	-0.5	8.0	-4.0
Nivel de Ruido	-0.6	9.0	-5.4
Ocupación	-0.5	8.0	-4.0
Paisaje	-0.5	9.0	-4.5
Empleo	0.5	9.0	4.5
Salubridad	0.8	10.0	8.0

Tabla 7.22. Cálculo de las magnitudes ponderadas de impacto de reparaciones del sistema.

Matriz Causa-Efecto

Una vez obtenidos los valores de magnitud ponderada, se procede a ingresarlos en la matriz Causa-Efecto para su tabulación y así poder determinar cuáles son las actividades que causan mayores impactos ambientales y los factores mayormente impactados por las actividades de construcción y uso del sistema de alcantarillado.

Matriz Causa-Efecto: Fase Constructiva & Fase de Uso		Instalación de Infraestructura Temporal	Limpieza del Terreno	Excavaciones	Transporte	Trabajos de Zanja	Relleno y Compactación	Tendido de Tuberías	Elaboración de Conexiones	Obtención de Material de Mejoramiento	Construcción de Estructuras de Hormigón	Daño a la propiedad Pública	Retiro de Escombros	Evacuación del Agua Tratada	Limpieza de elementos del Sistema	Reparaciones	Sumatoria	Negativas	Positivas	
		Factores Ambientales			Fase Constructiva						Fase de Uso						Afectaciones			
Factores Ambientales	Atmosférico	Calidad del Aire			-5.6	-5.6	-4.8	-48.0			-4.0	-4.0	-40.0	-4.0	-4.8	-20.0	-4.0	-144.8	11	0
		Nivel de Ruido			-63.0	-6.3	-6.3	-63.0			-4.5	-6.3	-72.0	-5.4			-5.4	-232.2	9	0
	Agua	Calidad del Agua	-5.0						-20.0		-20.0	-30.0			-90.0	-4.0		-169.0	6	0
		Cambio en el Flujo			-4.2						-14.0				-4.9	-14.0		-37.1	4	0
	Suelo	Calidad del Suelo	-48.0	-56.0					-4.0		-4.8	-5.6	-16.0					-139.2	7	0
		Compactación	-14.0		-4.2	-17.5	21.0	2.8			-4.2	-4.9		-21.0				-42.0	6	2
		Estabilidad			-4.9	-4.9					-4.2							-14.0	3	0
	Fisiografía	Ocupación	-4.8	-4.0	-4.8				-4.0	-4.0	-16.0	-56.0	-4.8	5.6			-4.0	-96.8	9	1
		Paisaje	-3.6	-7.2							-63.0	-72.0	-18.0	5.4			-4.5	-162.9	6	1
	Flora	Diversidad	-14.0	-56.0							-14.0				-63.0	-3.5		-150.5	5	0
		Estratos			-64.0	-6.4						-4.8						-75.2	3	0
	Fauna	Diversidad	-5.4	-6.3			-5.4				-6.3					-22.5		-45.9	5	0
		Hábitats			-6.4											-4.0		-10.4	2	0
	Salud y Socio-Economía	Áreas de Producción			-6.4	-64.0					-32.0	-56.0						-158.4	4	0
		Empleo	6.3	54.0	4.5	18.0	5.4	54.0	63.0	54.0	4.5	72.0	6.3	6.3		63.0	4.5	415.8	0	14
		Salubridad	-20.0										6.0	100.0	6.0	8.0		100.0	1	4
		Planificación Urbanística							4.9	4.9					21.0	21.0		51.8	0	4
		Riesgos de Accidentes		-16.0	-4.8	-4.8	-5.6	-20.0	-5.6		-4.8	-20.0	-5.6	-56.0		-20.0		-163.2	11	0
	Sumatoria		-108.5	-173.2	-157.4	-21.6	9.7	-74.2	38.3	50.9	-187.3	-187.6	-150.1	-42.1	-46.5	-19.0	-5.4	-1124.4	92	26
	Afectaciones	Negativas	8	10	9	5	3	3	3	2	13	10	6	4	5	7	4	92	Sumatoria	
Positivas		1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	5	2	2	2	26			

Tabla 7.8. Matriz de Causa-Efecto.

Niveles de impacto

A partir de la magnitud ponderada y la tabla 7.8.se puede obtener el nivel de impacto de cada uno de los valores de la matriz:

Niveles de Impacto		Instalación de Infraestructura Temporal	Limpieza del Terreno	Excavaciones	Transporte	Trabajos de Zanja	Relleno y Compactación	Tendido de Tuberías	Elaboración de Conexiones	Obtención de Material de Mejoramiento	Construcción de Estructuras de Hormigón	Daño a la propiedad Pública	Retiro de Escombros	Evacuación del Agua Tratada	Limpieza de elementos del Sistema	Reparaciones	Sumatoria	Negativas	Positivas	
		Factores Ambientales			Fase Constructiva									Fase de Uso			Afectaciones			
Factores Ambientales	Atmosférico	Calidad del Aire		NS	NS	NS	MEDS		NS	NS	NS	PS	NS	NS	NS	NS	0.0	11	0	
		Nivel de Ruido		S	NS	NS	S			NS	NS	S	NS		NS	NS	NS	0.0	9	0
	Agua	Calidad del Agua	NS					NS		NS	PS			MS	NS			0.0	6	0
		Cambio en el Flujo		NS											NS	NS		0.0	4	0
	Suelo	Calidad del Suelo	MEDS	MEDS						NS	NS	NS	NS		NS			0.0	7	0
		Compactación	NS		NS	NS	PS	NS						PS				0.0	6	2
		Estabilidad		NS	NS					NS	NS							0.0	3	0
	Fisiografía	Ocupación	NS	NS	NS				NS	NS		MEDS	NS	NS			NS	0.0	9	1
		Paisaje	NS	NS						S	S	NS	NS			NS	NS	0.0	6	1
	Flora	Diversidad	NS	MEDS						NS	S				S	NS		0.0	5	0
		Estratos		S	NS						NS							0.0	3	0
	Fauna	Diversidad	NS	NS	NS					NS						PS		0.0	5	0
		Habitats		NS											NS			0.0	2	0
	Salud y Socio-Economía	Áreas de Producción		NS	S						PS	MEDS						0.0	4	0
		Empleo	NS	MEDS	NS	NS	NS	MEDS	S	MEDS	NS	S	NS	NS		63.0	NS	63.0	0	14
		Salubridad	NS												NS	NS	NS	0.0	1	4
Planificación Urbanística								NS	NS				PS	PS			0.0	0	4	
	Riesgos de Accidentes		NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	MEDS	NS			0.0	11	0	

Leyenda			
	Rango	Símbolo	Nivel
Positivo	81 - 100	MS	Muy Significativo
	61 - 80	S	Significativo
	41 - 60	MEDS	Medianamente Significativo
	21 - 40	PS	Poco Significativo
	0 - 20	NS	No Significativo
Negativo	0 - 20	NS	No Significativo
	21 - 40	PS	Poco Significativo
	41 - 60	MEDS	Medianamente Significativo
	61 - 80	S	Significativo
	81 - 100	MS	Muy Significativo

Tabla 7.9. Matriz de niveles de significación de impacto de Causa-Efecto.

Resultados

Se puede observar que el balance entre impactos positivos y negativos se inclina hacia los negativos. Se obtuvo un número total de 92 afectaciones negativas frente a 26 afectaciones positivas; siendo la mayoría de estas últimas provenientes de la afectación Empleo.

Las actividades más perjudiciales para el medio ambiente son:

1. Construcción de estructuras de hormigón.
2. Obtención de material de mejoramiento.
3. Limpieza del terreno.
4. Excavaciones.
5. Daño a la propiedad pública.

Los factores mayormente afectados son:

1. Empleo (Positivo)
2. Nivel de Ruido (Negativo)
3. Calidad del Agua (Negativo)
4. Riesgos de accidentes (Negativo)
5. Paisaje (Negativo)

Plan de manejo

Una vez determinados y cuantificados los impactos ambientales se procede a plantear medidas de prevención para reducir la posibilidad de ocurrencia de impactos negativos identificados en el estudio. Por otro lado, se presenta una serie de medidas de mitigación de impactos que de seguro se suscitarán. Estas medidas intentarán reducir la intensidad de los impactos que no se pueden evitar.(Córdova, 2011)

Plan de prevención (Córdova, 2011)

Almacenamiento en bodega

Se debe equipar a la bodega con todos los contenedores y herramientas necesarias para que el material de obra benigno para el medio ambiente tal como hidrocarburos, aceites y demás sean expuestos a los trabajadores, lluvia, flora y fauna. De esta manera se evita la contaminación de los suelos aire y agua por derrame de sustancias tóxicas.

Plan de contaminación del aire

Todo trabajador de la obra debe estar provisto de mascarilla para trabajar en la obra. También debe contar con gafas de protección para cuidar sus ojos del material particulado. Los vehículos pesados deberán respetar una velocidad máxima de 10 km/h dentro del sitio de construcción.

Control de ruido

Se recomienda el uso de maquinaria moderna con menor impacto sonoro. Por otro lado, se limita la velocidad máxima de los vehículos pesados a 10 km/h

Control de impactos a flora y fauna

Se prohíbe la extracción de plantas y animales del proyecto a menos que sea estrictamente necesaria. La vegetación extraída del terreno debe ser descompuesta naturalmente antes de ser desalojada o puesta en uso.

Control de deslaves

Para evitar el colapso de las paredes de las zanjas, el material excavado debe localizarse a una distancia alejada de la misma. Si las zanjas son de profundidad mayor a 1.5 metros, se recomienda la construcción de paredes temporales. Detener excavaciones mayores a 5 metros, se deben realizar trabajos de estabilización como paredes de contención o terrazas y se deberá evitar el retiro de vegetación que ayude a contener el suelo.

Capacitación

Todo el personal involucrado en la obra debe ser parte de una capacitación donde el plan de manejo y demás indicaciones vitales sean expuestas y conocidas para así evitar accidentes, inconvenientes legales e incumplimiento de medidas ambientales.

Medidas de seguridad y salud

Todos los trabajadores y demás personas que ingresen a la obra deberán contar con un casco y zapatos apropiados para proteger su integridad. De ser necesario otro accesorio de seguridad, las personas deberán utilizarlo. Los encargados de la contratación deberán estar conscientes de las condiciones físicas de los trabajadores y serán responsables de contratar a personal con la capacidad de trabajar sin poner en riesgo su salud.

Plan de mitigación

Residuos sólidos

Debido a que en la obra se utilizan materiales tóxicos o peligrosos que pueden ser sólidos, los trabajos de recolección y desalojo deben ser correctamente llevados a cabo. Se deben separar los desechos orgánicos, los plásticos, vidrio, grasas, acero, aceites y material pétreo. De esta manera se podrá despedir el material no reutilizable, se reciclará el plástico y vidrio e incluso se podrá reutilizar otros elementos como acero y material pétreo.

Desechos líquidos

Para evitar que aceites y grasas generadas en los hogares sean acarreados por el sistema de alcantarillado hacia la planta de tratamiento y a su vez hacia su lugar de descarga final, se plantea la colocación de trampas de grasa en cada una de las viviendas de la urbanización. La planta de tratamiento primaria que se propone implementar, se encargará de tratar las aguas sanitarias descargadas por los habitantes.

Manejo de escombros

El manejo del material sólido que debe ser removido debe ser debidamente manejado. Todo el material de excavaciones que no se requiera, debe ser depositado en sitios donde no

se construirá en el futuro, y donde se cubrirá de vegetación posteriormente. Se deberá almacenar el suelo en una cubierta donde la lluvia no la alcanzará; al almacenar esta, se abre la posibilidad de utilizarla en el futuro de la obra.

Medidas contra incendios

La obra deberá contar con el equipo necesario para sofocar un incendio en caso de que este se provoque. Cada edificación temporal y permanente debe contar con un extintor de incendios y al momento de iniciar la obra se debe colocar un hidrante para atenuar el fuego hasta que los bomberos se hagan presentes.

ESTUDIO DE CICLO DE VIDA DE TUBERÍA DE PVC PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Introducción

Hoy en día, dado el incremento en la necesidad de realizar estudios ambientales, se requieren de metodologías que reflejen el efecto real de la interacción humana sobre el medio ambiente. El análisis de ciclo de vida (ACV) es uno de las herramientas más importantes al momento de realizar un estudio ya sea una evaluación de impacto ambiental o una auditoría ambiental.

Se pretende analizar el ciclo de vida de la tubería de PVC donde se identificarán los costos energéticos de la extracción de petróleo y roca salada para su posterior procesamiento y así obtener el policloruro de vinilo o PVC para después conformar las tuberías. Se analiza también el costo energético del transporte, el tendido y colocación de los colectores en la obra; es decir las actividades que conllevan la construcción. Finalmente se identifican los costos energéticos de mantenimiento, disposición y reciclado de la tubería de PVC.

Mediante el uso del factor de emisión correspondiente al Ecuador y la longitud de la tubería, se logrará determinar la emisión de CO_2 que representa el ciclo de vida completo de la totalidad de la tubería de alcantarillado de la urbanización Estancia Real.

Objetivo

Determinar mediante ACV la emisión de CO_2 durante el ciclo de vida de los colectores de PVC del sistema de alcantarillado de la urbanización Estancia Real.

Análisis de ciclo de vida

Esta es una metodología para establecer criterios confiables sobre la incidencia real de productos en el medio ambiente. El análisis de ciclo de vida o ACV, es la “descripción, listado y cuantificación de los impactos primarios (emisiones, efluentes, líquidos, residuos y consumos de energía y materias primas) asociados al ciclo de vida de un producto, incluyendo las fases de extracción de materias primas, producción, distribución, comercialización, uso y disposición final” (Habersatter, 1991).

Aplicaciones del análisis de ciclo de vida

- Determinación de impacto ambiental.
- Identificar las etapas contribuyentes de impactos ambientales.
- Posibles cambios en diseño del producto.
- Posibles cambios en el proceso de producción.
- Comparación de materiales funcionalmente equivalentes.
- Guía de planificación estratégica.
- Aportar información para usuarios y administradores.

Metodología del análisis de ciclo de vida

Primeramente se debe mencionar que el estudio de ACV requiere de una extensa investigación para poder identificar los procesos y los costos energéticos que se llevan a cabo durante la extracción de materiales, la industrialización de la materia prima, la producción de la unidad funcional, el transporte, el costo de implementación, uso, mantenimiento y desecho. La unidad funcional es la utilizada como referencia para las entradas y salidas de valores.(Parra, 2013)

Se requiere obtener los costos energéticos de cada fase de vida de la unidad funcional. Para esto se determina la cantidad de energía que se requiere en cada una de las actividades para las diferentes fases de producción. A estas se las expresa como cantidad de energía sobre unidad funcional.(Parra, 2013)

Una vez determinada la cantidad de energía por unidad funcional de todo el ciclo de vida, se puede multiplicar este valor encontrado por la cantidad de unidades funcionales que se pretenden determinar para obtener así la cantidad de energía requerida total.(Parra, 2013)

Mediante el uso del factor de emisión del Ecuador, se puede determinar la cantidad de CO_2 liberado durante todo el ciclo de vida de la tubería de PVC del sistema de alcantarillado para la urbanización Estancia Real.

Ciclo de vida de la tubería de PVC para el sistema de alcantarillado

A continuación se presenta el ACV para el sistema de alcantarillado de la urbanización Estancia Real. Para este, se tomó en cuenta que la unidad funcional o referencial es el metro lineal de tubería de PVC.

Extracción de materia prima

Como en todo proceso industrial, el primer paso es el obtener la materia prima para la producción. El siguiente diagrama indica la materia prima utilizada para producir PVC.

Materia Prima del PVC		
Petróleo	→	Etileno
Roca Salada	→	Cloro

Tabla 8.1. Materia prima para la producción del PVC. (Baitz, y otros, 2004)

Como materia prima del PVC, se tiene roca salada y petróleo, siendo este último el cual tiene un costo energético mayor. Como se sabe, el petróleo es una de las materias primas

más utilizadas en el mundo y, de no ser debidamente extraído, puede poseer un costo energético e impacto ambiental importante. (Baitz, y otros, 2004)

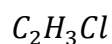
Obtención de PVC y proceso de producción de tuberías

Del petróleo se extrae etileno. El etileno se lo obtiene mediante procesos industriales que incluyen hidrogeno como catalizador. (Baitz, y otros, 2004)

De la segunda materia prima, la roca salada, se extrae el cloro (Cl). Durante este proceso se requiere que la roca sea sometida a procesos que utilizan agua, energía y aditivos. El cloro puede ser obtenido también del proceso de reciclaje del PVC. Más adelante se explicará con detalle sobre el proceso de reciclaje del PVC, se explicará también las implicaciones energéticas de realizar este proceso. (Baitz, y otros, 2004)

Es importante acotar que para este estudio el PVC producido es virgen, es decir que la materia prima proviene netamente de la extracción mas no de PVC previamente utilizado y reciclado.

A partir del proceso de cloración, se toman los dos elementos derivados del petróleo y la roca salada como son el etileno y el cloro para producir cloruro de vinilo, molécula la cual se ve representada a continuación. (Baitz, y otros, 2004)



A partir de la formación del cloruro de vinilo, se aplica un proceso llamado polimerización. Proceso con el cual se produce policloruro de vinilo o mejor conocido como PVC. Este PVC producido para este punto se encuentra en forma de polvo o granular. (Baitz, y otros, 2004)

En el momento que el PVC es consolidado, puede ser formado y transportado a moldes los cuales darán la forma que se requiera al PVC. En este caso, se dará la forma de tuberías mediante el proceso de extrusión. (Baitz, y otros, 2004)

El proceso de extrusión es utilizado para crear objetos de PVC de sección transversal definida y fija; como son las tuberías de alcantarillado. El material en este proceso se lo hace pasar a través de un troquel el cual moldea a la sección de la manera deseada. (Baitz, y otros, 2004)

Este proceso comienza mezclando el polvo o gránulos de PVC con pigmentos y estabilizadores. Esta mezcla se calienta y es llevada al proceso de extrusión donde se le da al PVC y agregados la forma de tubo que se requiera. Después de esto se manufactura el cuello de las tuberías. Inmediatamente después de haber realizado estos procedimientos, se procede a enfriar las piezas de PVC ya formadas como tubos, procedimiento para el cual no se utiliza más que agua fría para su posterior desmolde y bodegaje. (Baitz, y otros, 2004)

El estudio Por parte de Baitz y otros determinó los costos energéticos para la producción incluyendo su cadena de producción para una tubería tipo de 150 mm:

Tubería de PVC	150 mm Diámetro
Etapa	kJ/metro
Energía primaria de producción de PVC incluyendo la cadena de producción	183
Energía primaria de producción de la tubería	14

Tabla 8.2. Costos energéticos de producción de tubería de PVC. (Baitz, y otros, 2004)

Un dato importante para el LCA es el valor de energía que se consume al momento de realizar el proceso de extrusión. Este valor varía entre 3 y 6 MJ/Kg de PVC (Baitz, y otros, 2004).

A continuación se presentan dos diagramas los cuales presentan gráficamente los procesos de producción de PVC. Primero se indica la producción desde la materia prima hasta el proceso de extrusión. La posterior grafica indica en detalle el proceso de extrusión ya indicado:

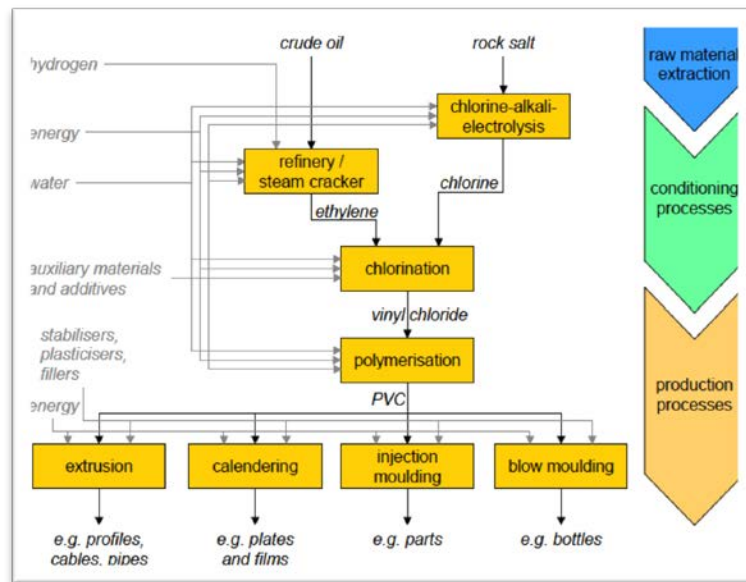


Grafico 8.1. Proceso de producción del poli cloruro de vinilo. (Baitz, y otros, 2004)

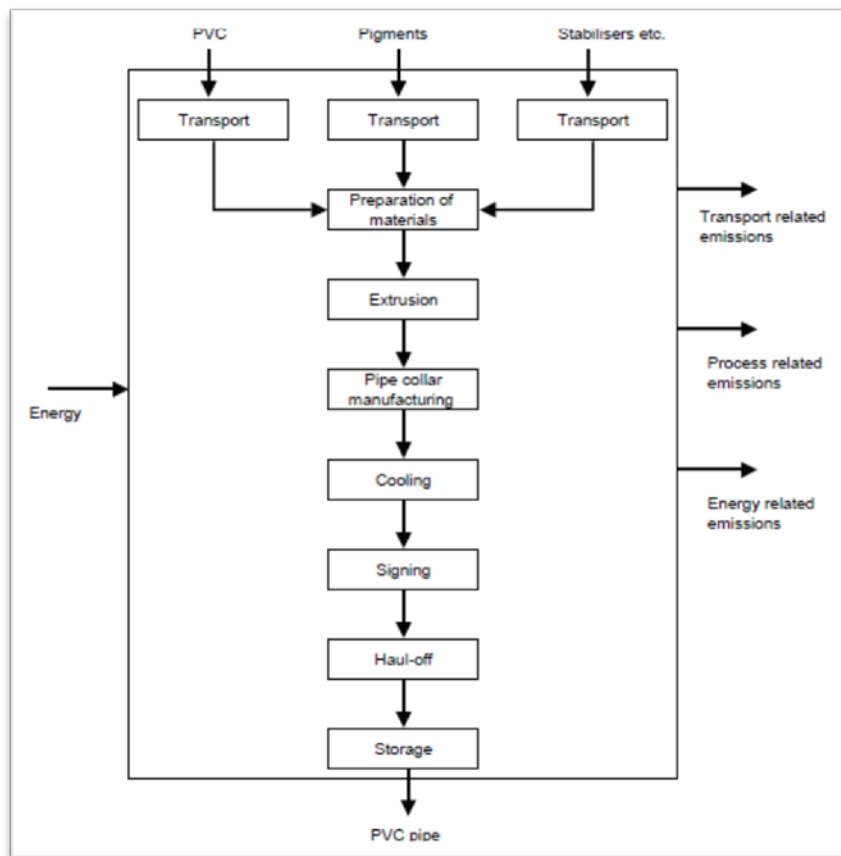


Grafico 8.2. Proceso de extrusión de tuberías de PVC. (Baitz, y otros, 2004)

Implementación de tubería de PVC

El estudio Baitz y otro analizaron cuantificaciones energéticas de la implementación de tuberías de PVC en el campo. Estas se encuentran especificadas en la siguiente tabla en MJ/ metro de tubería:

	PVC	Pipe prod.	Laying	Transport	Total
Diameter 110mm	69	20	74	1.2	165
Diameter 160mm	118	34	81	2	236
Diameter 250mm	210	60	197	4	474

Tabla 8.3. Costos energéticos de transporte y tendido para diferentes diámetros nominales de tuberías en MJ/metro de tubería. (Baitz, y otros, 2004)

Dado a que este estudio no presenta sino tan solo uno de los datos con los diámetros correspondientes, se realizó una regresión geométrica para determinar los gastos energéticos

para el v resto de tuberías de diferente diámetro nominales. Se encontró también mediante este procedimiento que el costo energético crece exponencialmente a medida que el diámetro de los incrementa.

Uso de tubería de PVC

Durante el periodo de tiempo de uso de la tubería, no existirán consumos de energía considerables. Prácticamente no existe mantenimiento dado a que las tuberías se considerarían como elementos que se limpian por si solos (Baitz, y otros, 2004). Se podría considerar el costo energético de la limpieza por inyección de agua a alta presión pero no se realiza en los estudios dado a que este es un valor mínimo comparado con el del costo energético de producción.

El estudio de Baitz y otros concluye que en términos de energía, los niveles de consumo dependen del diámetro y de la vida de uso de la tubería de PVC. Esta conclusión se ve corroborada por otros estudios dentro de la misma investigación.

Reciclamiento y disposición final

En el Ecuador no se conoce de una industria que se dedique al reciclaje del PVC. No obstante, para este informe, se asumirá que el PVC que se utilizaría en la urbanización será reciclado en un porcentaje del 30%, como lo hace Baldasano, Parra y Jiménez en su informe sobre el análisis comparativo de ventanas(Baldasano R., Narváez P., & Guerrero J., 2005). El resto del PVC es trasladado a escombreras o rellenos. El PVC que se recicla tiene su costo energético de 1 kWh por cada 1 Kg de PVC reciclado(Baitz, y otros, 2004). Este porcentaje de PVC que se lleva a estos depósitos tardará cientos de años en descomponerse, realizando una liberación de CO_2 que equivale al 30% de las emisiones en su ciclo de vida (Baitz, y

otros, 2004). Este valor es omitido dado a que el tiempo en que este proceso lleva a cabo es extremadamente extenso a los demás considerados.

Un valor que se toma en cuenta es el costo energético del transporte del PVC como escombro a los depósitos. Este valor será el mismo que se tomó para el transporte de fábrica a obra, es decir de 4 MJ/m tubería.

Cálculo de gasto energético y emisiones de CO_2 en ciclo de vida

Como se mencionó, la unidad de comparación el metro lineal de diseño de tubería. El diseño no cuenta con una sola dimensión de tubería, este cuenta con tuberías de 250, 300, 350, 450 y 600 mm de diámetro nominal. Por este motivo, se realizan los cálculos para todos estos diámetros de tubería de PVC.

A continuación se presenta una tabla la cual representa la lista de tubería de PVC que se utilizara para el proyecto Estancia Real, tanto para alcantarillado pluvial y alcantarillado sanitario:

Tubería de Alcantarillado			
Nombre	Longitud de Tramo*(m)	Alcantarillado Sanitario	Alcantarillado Pluvial
		Diámetro (mm)	Diámetro (mm)
P1	99.59	200	250
P2	83.61	200	250
P3	56.67	200	300
P4	57.61	200	300
P5	57.14	200	250
P6	55.2	200	250
P7	83.62	200	250
P8	78.56	200	300
P9	80.62	200	300
P10	83.62	200	450
P11	90.95	200	250
P12	78.58	200	350
P13	80.09	200	350
P14	90.94	200	600
P15	27.02	200	600
P16	78.58	200	250
P17	79.52	200	250
Suma	1261.92		
Longitud Total de tubería de PVC (Alcantarillado Sanitario y Pluvial) m			2523.84
*Nótese que al tener un sistema separado de alcantarillado, se tendrá el doble de longitud de tubería			

Tabla 8.4. Longitudes de tubería de alcantarillado de cada tramo de la red.

A Continuación se presentan las longitudes clasificadas dependiendo del diámetro nominal de tubería:

Longitudes por Diámetro	
Diámetro (mm)	Longitud (m)
200	1261.92
250	628.21
300	273.46
350	158.67
450	83.62
600	117.96
Total	1261.92

Tabla 8.5. Longitudes totales de tubería de cada diámetro requerido.

Dado a que muchos de los datos de cálculo se encuentran en energía por unidad de masa de PVC, se procede a encontrar el equivalente de peso de las tuberías:

Equivalencia Diametro-Peso			
Diametro	Longitud	Peso/metro	Peso Total
mm	m	Kg/m	Kg
200	1261.92	8.10	10221.55
250	628.21	8.31	5220.43
300	273.46	9.17	2507.63
350	158.67	10.10	1602.57
450	83.62	16.20	1354.64
600	117.96	33.80	3987.05
Total	2523.84		24893.86

Tabla 8.6. Pesos totales equivalentes de la tubería de PVC.

Estos valores de relación fueron consultados de los catálogos de los productores y comerciantes de PVC. Por otro lado las longitudes de cada tubería se encontraron a partir del diseño sanitario de la urbanización.

Una vez realizado el cálculo previo del peso de las tuberías a utilizarse, se procede al cálculo del costo energía por fase de vida.

Extracción de materia prima

Primeramente se calcula la energía requerida durante el proceso de la extracción de la materia prima utilizando el valor calculado en el estudio por parte de Baitz y otros de 20,7 MJ de energía por kg de PVC Virgen producido.(Baitz, y otros, 2004)

Energía de Extracción de Materia Prima					
Energía de Extracción (MJ/kg) =					20.7
Diámetro	Longitud	Peso/metro	Peso Total	Energía	Energía
mm	m	Kg/m	Kg	MJ	kWh
200	1261.92	8.10	10221.55	211586.13	58772.28
250	628.21	8.31	5220.43	108062.80	30016.60
300	273.46	9.17	2507.63	51907.90	14418.46
350	158.67	10.10	1602.57	33173.14	9214.50
450	83.62	16.20	1354.64	28041.13	7788.98
600	117.96	33.80	3987.05	82531.89	22924.88
Energía Total (kWh) =					143135.71

Tabla 8.7. Energía de extracción de materia prima.

Obtención de PVC y proceso de producción de tuberías

Una vez determinado el costo energético de extracción de materia prima por metro lineal de tubería de PVC, se determina la producción industrial en sí de la tubería. Para esto, se tomaron los valores de las siguientes investigaciones:

- Energía de producción de PVC granular: 36,50 MJ/kg
(Baitz, y otros, 2004)
- Energía de Extrusión (Moldeado) : 5,00 MJ/kg
(Baitz, y otros, 2004)

Energía de Producción Industrial					
Energía de Producción (MJ/kg) =					36.5
Energía de Extrusión (MJ/kg) =					5
Diámetro	Longitud	Peso/metro	Peso Total	Energía	Energía
mm	m	Kg/m	Kg	MJ	kWh
200	1261.92	8.10	10221.55	424194.41	117828.48
250	628.21	8.31	5220.43	216647.64	60178.22
300	273.46	9.17	2507.63	104066.57	28906.57
350	158.67	10.10	1602.57	66506.53	18473.52
450	83.62	16.20	1354.64	56217.73	15615.60
600	117.96	33.80	3987.05	165462.49	45960.52
Energía Total (kWh) =					286962.900

Tabla 8.7. Energía de producción industrial.

Implementación de tubería de PVC

La siguiente etapa donde se requiere el cálculo de costos energéticos es el transporte de la tubería de fábrica a la obra y el costo energético del montaje de la tubería, es decir la creación de la zanja, colocación de la tubería en la misma y el relleno de la zanja.

Como el costo de montaje y transporte varía dependiendo del peso y dimensión de la tubería, se encuentra por regresión lineal el costo de las tuberías de la urbanización basándose en los datos proporcionados por la investigación.(Baitz, y otros, 2004)

Diámetro 250mm: montaje (197 MJ/m lineal) + Transporte (4 MJ/m lineal)=201 MJ/m lineal

Energía de Transporte y Montaje de Obra				
Diámetro	Longitud	Costo Montaje	Energía Montaje	Energía
mm	m	MJ/m	MJ	kWh
200	1261.92	197.50	249229.20	69210.95
250	628.21	201.00	126270.21	35065.24
300	273.46	221.80	60653.43	16843.46
350	158.67	244.30	38763.08	10764.51
450	83.62	317.20	26524.26	7365.79
600	117.96	497.40	58673.30	16293.58
Energía Total (kWh) =			155543.52	

Tabla 8.8. Energía de producción Transporte y Montaje de Obra.

Uso de tubería de PVC

Para el uso, como se mencionó previamente, no se requerirán cálculos dado a que este valor de consumo energético es despreciable.

Reciclamiento y disposición final

Para este cálculo se tomó información de los siguientes estudios:

- Porcentaje de Reciclaje: 30%

(Baldasano R., Narváez P., & Guerrero J., 2005)

- Costo de Reciclaje: 1,00 kWh/kg de PVC Reciclado
(Baitz, y otros, 2004)
- Costo de Disposición: 1,11 kWh/m tubería transportado
(Baitz, y otros, 2004)

Energía de Reciclaje y Disposición			
Costo energético de Reciclaje (MJ/kg) =			1
Costo Energético de Disposición (MJ/kg) =			1.11
Diámetro	Longitud	Peso/metro	Peso Total
mm	m	Kg/m	Kg
200	1261.92	8.10	10221.55
250	628.21	8.31	5220.43
300	273.46	9.17	2507.63
350	158.67	10.1	1602.57
450	83.62	16.2	1354.64
600	117.96	33.8	3987.05
Total	2523.84		24893.86
PVC a Reciclar 30%			7468.16
kWh por Reciclar 30%			7468.16
kWh por Reciclar por metro			2.96
PVC a disponerse 70%			17425.71
kWh por Disponer 70%			19342.53
kWh por Disposición por metro			7.66
Energía total kWh =			26810.69

Tabla 8.8. Energía de reciclaje y disposición.

Determinación de emisiones de CO_2 por utilización de energía eléctrica

Para determinar el factor de emisión que relaciona las toneladas de CO_2 que se emiten por generar energía en kWh se determina el rendimiento energético, el porcentaje de aportación de generación nacional y el Factor de emisión de cada fuente de energía eléctrica del País.

Para el Ecuador se determinó que este valor será de:

$$\text{Factor de Emisión (Ecuador)} = 0,000313 \text{ t} \frac{CO_2}{kWh}$$

Cálculo de Emisión de CO ₂ por Consumo de Energía Eléctrica				
Etapa	Energía total Requerida	Factor de Emisión	CO ₂ Emitido	CO ₂ Emitido
	kWh	tCO ₂ /kWh	t CO ₂	kg CO ₂
Extracción de Materia Prima	143135.71	0.000313	44.80	44801.48
Energía de Producción Industrial	286962.90	0.000313	89.82	89819.39
Transporte y Montaje	155543.52	0.000313	48.69	48685.12
Reciclaje y Disposición	26810.69	0.000313	8.39	8391.75
Emisión de CO₂ durante Ciclo de Vida de las tuberías PVC del Sistema de Alcantarillado (Sanitario y Pluvial)				191697.73

Tabla 8.9. Emisiones de CO₂ durante el ciclo de vida de la tubería de PVC del sistema de alcantarillado.

Discusión de resultados

Una vez terminado el estudio de ACV se pudo identificar que la emisión de CO₂ durante el ciclo de vida de los colectores de PVC del sistema de alcantarillado de la urbanización Estancia Real es de:

$$CO_2 \text{ emitido} = 191.69 \text{ t CO}_2$$

El impacto ambiental por tuberías de PVC puede variar dependiendo de la composición del PVC y del uso que se dé a la tubería. Entre los impactos más significativos se encuentran: las contribuciones al efecto invernadero, formación fotoquímica de ozono, acidificación, eutrofización, contaminación de agua y aire, conteo de recursos abióticos, ecotoxicidad acuática y del ser humano.

Según Baitz y otros, en general las tuberías de PVC ya sean de PVC virgen o de PVC reciclado, presentan menor impacto ambiental que las tuberías que contienen zinc. Las tuberías que contienen zinc como las tuberías de acero recubiertas de zinc utilizan 1.6 veces

más recursos no renovables y hasta el doble de material mineral que las tuberías de PVC reciclado. En el caso de tratarse de tuberías de desfogue fluvial, este valor se vuelve más crítico.(Baitz, y otros, 2004)

El estudio realizado por Baitz y otros compara diferentes materiales para aplicaciones de drenaje. En este estudio se comparan tuberías de arcilla, hormigón, hormigón reforzado, hormigón armado con refuerzo a corrosión, acero, HDPE y PVC. La arcilla presenta la menor cantidad de energía de producción mientras que la de acero presenta los valores más altos de consumo de energía de producción. Las emisiones de CO_2 fueron bajas para las tuberías de HDPE y de PVC. (Baitz, y otros, 2004).

El PVC al ser un producto plástico de origen orgánico, se descompone en CO_2 , agua y residuos sólidos. Estas emisiones de CO_2 se pueden tomar en cuenta al momento de realizar el estudio de LCA aunque este proceso al tardar cientos de años puede despreciarse al ser insignificante al compararlo con los demás procesos del ciclo de vida.

En un promedio, cada ciudadano ecuatoriano emite 3.62 toneladas de CO_2 al año(Carbon Footprint of Nations, 2004). Con este dato, se puede determinar que el CO_2 emitido en la vida de uso de los colectores equivale a la huella de carbono de un año de 53 habitantes.

Un árbol saludable en promedio absorbe 21.81 kilogramos (48 lb) de CO_2 de la atmosfera de la atmosfera por año(McAliney, 1993). Por lo que si se divide la cantidad de CO_2 emitido para la cantidad de CO_2 que absorbe un árbol y a su vez se divide por el tiempo de vida de la tubería que es 50 años, se obtiene que se deben plantar 176 árboles para que se compense la huella de carbono emitida por el sistema de alcantarillado.

Resultados

Se concluye que la emisión CO_2 durante el ciclo de vida de los colectores de PVC del sistema de alcantarillado de la urbanización Estancia Real es de $191.69 \text{ t } CO_2$.

El estudio realizado por Baitz y otros concluye que en términos de energía, los niveles de consumo dependen del diámetro nominal y de la vida de uso de la tubería de PVC. Esta conclusión se ve corroborada por el estudio realizado por Baitz y otros. En este último estudio se menciona también que plásticos y arcilla poseen un consumo menor de energía al tratar de tuberías pequeñas, pero, al tratarse de tuberías voluminosas se requiere menor energía cuando estas son hechas de hormigón. (Baitz, y otros, 2004)

Para contrarrestar las emisiones de CO_2 producidas por el ciclo de vida del PVC utilizado para implementar el sistema de alcantarillado en un tiempo de 50 años se deben plantar en las áreas verdes de la urbanización al menos 176.

Se concluye también que el costo energético crece exponencialmente a medida que el diámetro nominal de la tubería incrementa.

DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Introducción

El agua es el elemento de mayor consumo, uso e importancia para los seres humanos. El no tener una provisión de agua potable o el tener una deficiencia en el servicio representa incomodidades, incluso enfermedades que deben ser evitadas a toda costa.

El sistema de agua potable debe ser capaz de suplir la dotación de líquido vital de los habitantes de la urbanización; incluso en escenarios de simultaneidad. A fin de que las necesidades de los usuarios sean satisfechas, el caudal hacia las viviendas debe ser lo suficientemente elevado para transportar agua hacia todos los puntos de demanda de las viviendas, incluso los cuales se encuentran en pisos superiores.

Para garantizar un flujo de agua potable adecuado, se deben mantener presiones lo suficientemente elevadas en el sistema de agua potable. El diseño de la red conlleva primero en determinar la disposición de la red de tubería y segundo en identificar los diámetros de las tuberías de la red que garanticen presiones adecuadas en las conexiones, domiciliarias para así cubrir la demanda de los usuarios.

Marco legal

El diseño de distribución de agua potable se contempla a la Norma Ecuatoriana de la Construcción que en su capítulo 16 refiere al diseño hidrosanitario.

Uno de los factores más importantes en cuanto a norma, es la calidad del agua provisionada por el estado y que, por medio del sistema de agua potable es finalmente transportada hacia las viviendas para ser utilizada por los usuarios.

Los requisitos del agua potable constan en la norma INEN 1108:2011 la cual se encuentra en el Anexo D.

Los niveles de contaminación del agua que es proveída por la Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable de Quito cumplen con los estándares estipulados en esta norma. Mas aún, esta agua es apta para el consumo humano pero dado al mal estado de calidad de las tuberías de la ciudad y de las viviendas, el agua potable es contaminada y requiere de ser depurada para el consumo.

Terminología

Presión: Es el efecto de la aplicación de una fuerza sobre una superficie. Este es un parámetro indispensable al momento de realizar el sistema de provisión de agua potable. La unidad de presión en el sistema internacional de unidades es el Pascal (Pa). (Carmona, 2010)

Presión Estática: Se define por presión estática a la ejercida en la base de un tubo en posición vertical de descarga cuando se tiene agua en reposo. (Carmona, 2010)

Perdida por velocidad de flujo: La pérdida de carga por fricción o rozamiento con las paredes de la tubería. Esta puede medirse en medida de longitud. A continuación se presenta la representación matemática de esta: (Carmona, 2010)

$$hf = fd * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} [m] (eq 9.1.)$$

Siendo

$$hf = \textit{Altura de Presión de pérdida de Presión [m]}$$

$$fd = \textit{Factor de Fricción de Darcy}$$

$$L = \textit{Longitud de la Tubería [m]}$$

$$D = \textit{Diámetro de Tubería [m]}$$

$$V = \text{Velocidad de Flujo} \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$g = \text{Constante Gravitacional} \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

Para determinar el Factor de Fricción de Darcy se Recurre a la ecuación de Colebrook-White y al diagrama de Moody.

Suministro de agua a viviendas

La conexión domiciliaria del sistema de agua potable es la sección de la instalación la cual se encarga de conectar la red pública de agua potable y los medidores de las viviendas. El diseño de esta sección de la red de tuberías se está a cargo del ingeniero civil el cual debe garantizar de que exista una presión adecuada la cual permita una distribución de agua a través de la urbanización únicamente utilizando la fuerza de gravedad. (Carmona, 2010)

La falta de cuidado en la construcción, mano de obra defectuosa y daños en la tubería producen problemas de serviciabilidad como malos olores e incluso pueden causar enfermedades a los usuarios que consuman el agua potable. (Carmona, 2010)

Usualmente la presión del agua que se obtiene de la acometida a la red de agua potable pública varía de un lugar a otro y por lo general, en zonas donde el desarrollo urbanístico esta en desarrollo, se tienen valores de presión insuficientes. Este es un problema que se puede solucionar en parte al colocar tubería de diámetro mayor. Esta solución es aplicable a viviendas de una o dos plantas. En el caso de que se tengan viviendas de mayor altura como edificios, se recomienda el uso de aparatos de presión o bombas. (Carmona, 2010)

La red de distribución de agua potable, independientemente del tipo de edificación debe ser un circuito cerrado (llamada también red anillada), con esto se logra una mejor distribución de la presión a lo largo de la tubería. (Carmona, 2010)

Presión de suministro de agua potable

Existen diferentes factores que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un abastecimiento, tanto bajo condiciones normales de servicio como en las horas pico de la demanda de suministro sistema de agua potable. (Carmona, 2010)

Un primer factor tiene que ver con la determinación del diámetro de la tubería de agua potable en función de la cantidad de agua demandada en los puntos de salida; y un segundo factor es el caudal máximo o pico, determinado por la simultaneidad de la demanda de agua de los diferentes puntos del sistema. (Carmona, 2010)

Presiones recomendadas

A continuación se presenta un gráfico con las presiones recomendadas:

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (mc.a.)	mínima (mc.a.)	
Bañera / tina	0.30	7.0	3.0	20
Bidet	0.10	7.0	3.0	16
Calentadores / calderas	0.30	15.0	10.0	20
Ducha	0.20	10.0	3.0	16
Fregadero cocina	0.20	5.0	2.0	16
Fuentes para beber	0.10	3.0	2.0	16
Grifo para manguera	0.20	7.0	3.0	16
Inodoro con depósito	0.10	7.0	3.0	16
Inodoro con fluxor	1.25	15.0	10.0	25
Lavabo	0.10	5.0	2.0	16
Máquina de lavar ropa	0.20	7.0	3.0	16
Máquina lava vajilla	0.20	7.0	3.0	16
Urinario con fluxor	0.50	15.0	10.0	20
Urinario con llave	0.15	7.0	3.0	16
Sauna, turco, ó hidromasaje domésticos	1.00	15.0	10.0	25

Tabla 9.1 Presiones de agua potable recomendadas para aparatos sanitarios. (Carmona, 2010)

Aparatos sanitarios

A continuación se presentan los aparatos sanitarios más comunes y que formarán parte del diseño del sistema de agua potable para cada vivienda (Carmona, 2010)

Lavamanos

Desagüe: 0.4 l/s durante 15 segundos

(Carmona, 2010)

Sanitarios

Descarga: 2.3 l/s

(Carmona, 2010)

Ducha

Descarga: 1 l/s durante 5 minutos

(Carmona, 2010)

Lavaplatos

0.9 l/s durante 40 segundos

(Carmona, 2010)

Diseño del sistema de agua potable

La disposición de las tuberías del sistema de agua potable es definido de manera de que estén de acuerdo a las recomendaciones establecidas en el diseño del sistema de alcantarillado. Dado a que los colectores de alcantarillado se distribuyen a lo largo de los ejes

de las vías internas de la urbanización, se decide colocar la tubería de agua potable bajo las calzadas.

La tubería de agua potable forma un circuito la cual garantizará una presión de agua adecuada y más uniforme en las conexiones domiciliarias hacia las viviendas.

Tomando en cuenta las características de la urbanización como la población a la cual se debe servir, la presión de agua inicial y la longitud de tubería que cubrirá la urbanización se decide colocar tubería de distribución de 3 pulgadas. Esta tubería comprende el circuito de tuberías que parte de la cisterna. Excluye a las conexiones domiciliarias las cuales tendrán un diámetro de 1 pulgada

El Anexo J presenta la vista en planta de la disposición del sistema de agua potable de la urbanización. Se incluye, la localización de la cisterna, la disposición de red de tuberías y el diámetro de las mismas.

Las tuberías que conectan la red de agua potable de la urbanización y las viviendas, es decir las conexiones domiciliarias son de 1 pulgada. Esto quiere decir que existe una reducción de la tubería que transporta el flujo. Esta reducción permite incrementar la presión del agua que ingresa a las viviendas garantizando un flujo y presión de agua que supla los requerimientos de los usuarios.

El anexo O presenta el diseño de la cisterna de almacenamiento de agua potable que se implementará en la urbanización. Este anexo incluye las dimensiones y elementos a considerar al momento de la construcción.

SISTEMA TERMAL SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POTABLE

Introducción

En estos últimos tiempos más que nunca se puede observar que el medioambiente está siendo afectado en gran medida por las actividades que los seres humanos realizan. Una de las actividades en las que más energía consume un habitante es el utilizar agua caliente; principalmente utilizada para duchas. (Parra, 2013)

Si bien esta es una actividad necesaria e irremplazable, y se requiere disminuir el impacto ambiental de esta actividad, se debe pensar en aplicar sistemas de calentamiento de agua que sean amigables con el ambiente.

En los últimos 50 años y en especial en la última década, la demanda de sistemas solares termales son cada vez más demandados dado su beneficio al medio ambiente y al bolsillo de los usuarios (The National Renewable Energy Laboratory, 2003).|

El uso de energía solar es uno de los métodos más accesibles, fáciles de instalar y económico que se tienen disponibles, y es este mismo sistema el cual se estudiará para su posterior aplicación en las viviendas de la urbanización Estancia Real.

Uso de energía solar como sistema de calentamiento

Los sistemas de calentamiento mediante energía solar aprovechan la energía proveniente del sol para calentar aire o agua que se requiera calentar.(Instituto Tecnológico de Canarias, 2007)

Los sistemas solares térmicos para los hogares usualmente son utilizados para el calentamiento de agua de uso diario, principalmente el aseo personal. Estos sistemas aprovechan la luz solar mediante captadores solares termales o también llamados paneles solares termales. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Dado a que el agua caliente es un servicio que los hogares deben prestar con regularidad y periodicidad, la calidad del sistema debe ser uno de los ejes principales al momento de aplicar un sistema de calentamiento de agua mediante energía solar. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Si bien el costo inicial de implementación es más alto que el de otros sistemas, durante la vida útil, el costo de este es prácticamente nulo al tener energía solar como fuente de energía; la cual no tiene costo y es renovable. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Para aprovechar la luz proveniente del sol, se recomienda colocar captadores solares termales en un lugar y en cierta orientación en la que se pueda recolectar la mayor energía todo el año durante un mayor tiempo del día. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

El tipo de sistema de calentamiento de agua mediante energía solar que se escoja, independientemente del hecho de ser del tipo activo o pasivo, debe contemplar diferentes criterios como la localización geográfica del proyecto, el clima presente en la zona del proyecto y el uso al que se le dará al agua. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Componentes básicos de un sistema termal solar

Estos sistemas usualmente comprenden primero de captadores que toman la energía solar y segundo de algún tipo de compartimiento donde se almacena el agua caliente. En el caso de tener tan solo estos dos elementos, además de la tubería y los implementos de ducha, se dice que es un sistema pasivo. En el caso que el sistema además requiera bombas y/o

dispositivos de control se dice que es un sistema activo. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Existen tres tipos comunes de captadores solares termales utilizados en proyectos residenciales. Estos son: captadores planos, captadores de tubos de vacío y captadores integrales de almacenamiento. Estos se explican a continuación.

Tipos de captadores solares termales para uso habitacional

Planos

Este es el tipo más común de ellos. Pueden ser protegidos o no protegidos. Los captadores solares protegidos son cajas aisladas térmicamente que contienen una placa opaca debajo de uno o más recubrimientos que pueden ser de plástico o vidrio. De ser no protegidos, las placas son más oscuras y hechas de metal o algún tipo de polímero; esta placa al no ser protegida no cuenta con el recubrimiento de vidrio o plástico. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

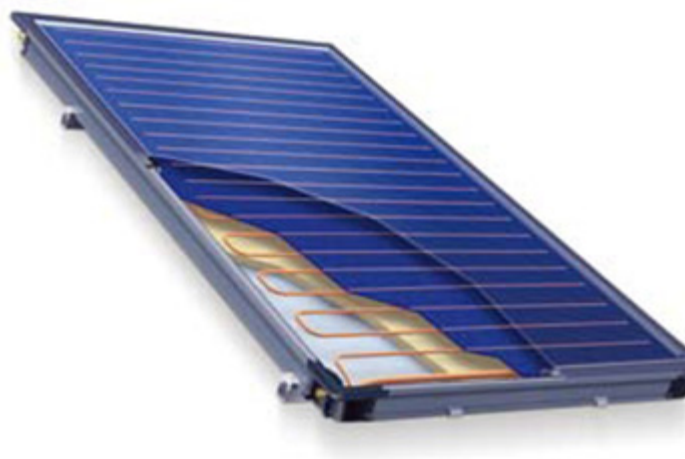


Grafico 10.1. Ejemplo de captador plano de tipo protegido. (Boderus)

Captadores de tubos de vacío

Estos comprenden de filas de tubos de vidrio transparente. Cada tubo contiene un tubo exterior de vidrio y uno metálico en el interior, este último posee una pieza metálica adjunta a un ala que cuenta con un recubrimiento que absorbe energía y que al mismo tiempo impide que se pierda. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Se impide que existan pérdidas de energía al evacuar el aire presente entre los tubos de vidrio y metálicos. Este sistema es utilizado frecuentemente para aplicaciones comerciales. Estos sistemas son relativamente más costosos que los captadores planos pero a su vez son más eficientes. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)



Grafico 10.2. Ejemplo de captador de tubos de vacío. (Ecomfort)

Captadores integrales de almacenamiento (ICS)

También conocidos como ICS constan de uno o más tanques oscuros dentro de una caja aislada cubierta por vidrio o plástico. Inicialmente, el agua fría atraviesa el captador solar, logrando que el agua se pre-caliente para ser posteriormente trasladado al sistema de calentamiento tradicional. Los sistemas que trabajan con este tipo de captadores son simples

que recomendablemente deberían ser instalados en climas templados, más no fríos ya que al tener el tanque de almacenamiento en el exterior, puede que el agua pierda temperatura e inclusive congelarse a temperaturas bajo cero. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

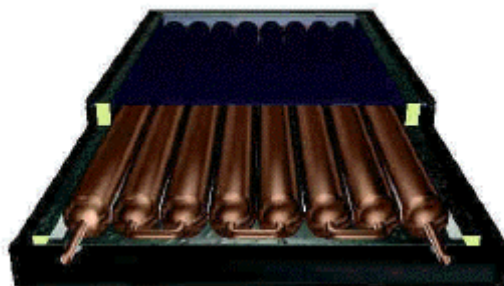


Grafico 10.3. Ejemplo de captador integral de almacenamiento. (The Solar Biz)

Tanque de almacenamiento

De utilizar un tipo de captador térmico que no sea ICS, se requiere disponer de un tanque de almacenamiento debidamente aislado. Estos tanque poseen una tubería de ingreso y salida de agua hacía los captadores solares termales. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Al tener un sistema activo, usualmente el sistema cuenta con un segundo tanque de almacenamiento donde el agua se almacena antes de ingresar al sistema de calentamiento de agua tradicional. El sistema de calentamiento tradicional puede ser al mismo tiempo tanque de almacenamiento y sistema de calentamiento complementario. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Los sistemas más económicos y simples de calentamiento solar poseen el tanque sobre la parte superior de los captadores. De esta manera se aprovecha el proceso de

termosifón y se ahorra en instalación y tubería. La desventaja es que es visiblemente inaceptable y además peligroso al tener un peso de alta magnitud en la cubierta de las viviendas. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Clasificación del sistema en función de la mecánica del fluido

Los sistemas solares termales pueden ser clasificados dependiendo del método de circulación del flujo: (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Sistemas activos

Estos sistemas utilizan bombas para circular el agua a través de los captadores solares termales. Esos se los realiza en el caso de que la presión del agua no sea lo suficientemente alta como para elevar la energía potencial del flujo hacia los captadores solares termales que usualmente se encuentran localizados en las cubiertas de las edificaciones. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Sistemas pasivos

Estos sistemas no cuentan con ningún tipo de dispositivo que ocasione que el flujo atraviese los paneles; esto se logra naturalmente mediante el proceso de termosifón. Estos sistemas usualmente son más económicos que los sistemas activos dado a que la implementación de la bomba es un costo importante y además se requiere e de energía eléctrica para poner en funcionamiento la bomba. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Durante los procesos de termosifón, inicialmente el agua fría en el captador se desplaza hacia arriba a medida que se calienta mientras nueva agua fría ingresa a los captadores solares termales. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Sistemas termosifón

Este es un tipo de sistema pasivo donde el agua caliente que, por el proceso de termosifón, es trasladado hacia el tanque que debe estar a un nivel superior al de los captadores solares termales. Estos sistemas al tener el tanque en la parte superior de las edificaciones, no es la opción visualmente más agradable. Por esto, usualmente, este sistema se aplica para proyectos de interés social. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2007)

En estos sistemas, se debe tomar en cuenta de que el tanque se colocará en el techo y este debe ser manejado con cuidado por su peso y debería ser tomado en cuenta al momento de realizar el diseño estructural de la edificación. No se recomienda ser utilizados en zonas de alto peligro sísmico. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Existe una gran variedad de dimensiones en todos los tipos de captadores solares termales en el mercado internacional. Nacionalmente, los sistemas de termosifón son los más ofertados.

Justificación del uso de sistemas termales solares

Uno de los elementos más importantes de decisión de implementación es el costo del sistema. Muchos de los usuarios creen erróneamente que este sistema es más costoso que un sistema tradicional de calentamiento de agua. Si bien el costo inicial de un sistema de calentamiento de agua mediante energía solar es más elevado que el costo inicial de un sistema tradicional de calentamiento de agua, el costo de toda la vida de uso de estos sistemas amigables con el ambiente es bastante bajo. El ahorro de estos sistemas se refleja en el decremento de requerimiento de energía para calentar el agua. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

El hecho de que la vivienda cuente con un sistema termal solar, afecta positivamente la plusvalía de la propiedad. Al momento de venderse la propiedad, el costo total del sistema termal solar se cubre. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Al invertir en un sistema amigable con el ambiente, se promueve el desarrollo y mercado de tecnologías amigables con ambiente. Mientras que más y más usuarios opten por alternativas renovables, la sociedad dejara de apoyar a productores que no promuevan un desarrollo sustentable. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Dependiendo del sistema de calentamiento de agua que se aplique, las emisiones de dióxido de carbono se reducirán notablemente; comparables con rangos que varían entre el 40% y 100% de un automóvil moderno. El optar por un sistema termal solar es una decisión responsable que disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Por otro lado, en el Ecuador se están llevando a cabo proyectos hidroeléctricos en como la represa Coca-Codo Sinclair, proyectos con el cual el país podrá no solo cubrir su demanda energética sino también podrá exportar energía eléctrica. Al tener esta energía disponible, el Ecuador intentará disminuir el uso de combustibles no renovables como el gas natural el cual cuenta con un subsidio que representa un gasto de 2000 millones de dólares para el estado ecuatoriano(Spanish People, 2013). La eliminación del subsidio del gas representaría un incremento en el gasto mensual de las familias, por esto, el tener sistemas de generación de energía renovables como es el caso de los sistemas solares témales son una alternativa la cual en el 2017, año en el que se espera tener las nuevas plantas hidroeléctricas en funcionamiento, serán altamente demandados y necesarios. (Araque, 2011)

En cuanto a las condiciones geográficas y climáticas, se puede observar que este proyecto al estar localizado cerca de la línea ecuatorial, se provee de luz solar al sistema

durante todo el año. Al analizar los niveles de radiación solar en la zona de Yaruquí, sitio de desarrollo de la urbanización, se tiene una radiación solar media anual entre 240 y 280 W/m²(Centro de Gestion de Informatica Ambiental, 2010). Esta cantidad de energía es más que suficiente para tener un sistema eficiente de calentamiento de agua mediante radiación solar. En la zona del proyecto, no se tienen temperaturas bajo cero que colapsen el sistema o lo vuelvan ineficiente por pérdidas de energía. (Climate-Data.org)

Dimensionamiento de los captadores solares termales

Las dimensiones de los captadores solares termales dependen de diferentes factores tales como la radiación solar, la eficiencia de los captadores, las condiciones climáticas y los requerimientos de los usuarios. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Los elaboradores de captadores solares termales poseen recomendaciones que indican el proveer de un captador de 2 metros cuadrados para una familia de dos adultos. Se recomienda aumentar 0.7 m² de área de captador por cada miembro extra de la familia. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Al tener sistemas activos, se toma que las dimensiones del tanque de almacenamiento deben estar en función del área de los captadores solares termales. Por cada metro cuadrado de captador (1 m²) se debe tener 4.5 galones de almacenamiento en el tanque. Un tanque de 120 galones es apropiado para una vivienda de 6 personas. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Cálculo del rendimiento del sistema

El rendimiento del sistema térmico solar puede ser calculado a partir de la siguiente expresión matemática: (Instituto Tecnológico de Canarias, 2007)

$$\eta = \frac{m * C_p * (T_f - T_i)}{I_g * A_{col} * d_t} \text{ (eq. 10.1)}$$

Siendo

$$m = \text{Masadelaaguaacalentar} [kg]$$

$$C_p = \text{CalorEspecíficodelAgua} = 4185 \left[\frac{J}{kg^{\circ}C} \right]$$

$$T_f = \text{TemperaturadeSalidadeAgua} [^{\circ}C]$$

$$T_i = \text{TemperaturadeEntradadeAgua} [^{\circ}C]$$

$$I_g = \text{Radiacióndiariaemitidasobreelcaptador} [^{\circ}C]$$

$$A_{capt} = \text{AreaEfectivadelCaptadorSolar} [m^2]$$

(Instituto Tecnológico de Canarias, 2007)

Mantenimiento

El mantenimiento depende en gran escala del tipo de sistema que se pretenda integrar en las viviendas. Al aplicar sistemas pasivos, el mantenimiento es mínimo. Por otro lado, para sistemas activos es decir sistemas que funcionen con bombas, se recomienda atenerse al manual de usuario del sistema proveído por el fabricante. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

La cubierta de vidrio o plástico de los captadores solares termales requieren ser limpiados para impedir que partículas y objetos no permitan el flujo de radiación hacia el interior de los captadores. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Uno de los métodos para verificar que el sistema está funcionando sin problemas, es el sentir con cuidado la temperatura de las tuberías que conectan el flujo que proviene de los captadores solares termales hacia el tanque de almacenamiento y así verificar que el agua que proviene de los captadores se encuentre a una temperatura elevada. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Sistema de calentamiento complementario

Para suplir los niveles de serviciabilidad, se recomienda complementar el sistema de calentamiento solar con un sistema tradicional que puede ser eléctrico o a gas. Este sistema se encargaría de calentar el agua pre-calentada por los paneles solares térmicos. Al tener estos dos sistemas complementándose entre sí, se logra tener agua caliente todo el día, durante todo el año, a costos significativamente menores que un sistema tradicional de calentamiento de agua. (The National Renewable Energy Laboratory, 2003)

Sistema escogido para aplicación

Tomando en cuenta que la urbanización Estancia Real está proyectada para un target de clase media alta, se descarta la posibilidad de utilizar un sistema a termosifón con tanque en la cubierta de las viviendas. Esto para preservar la belleza estética de la urbanización.

Al analizar las condiciones meteorológicas de la zona del proyecto, se puede observar que no es necesario obtener una eficiencia extremadamente alta como ofrece el sistema de tubos de vacío. Un sistema de captadores planos cubiertos por vidrio suplen las necesidades de calentar el agua durante todo el año.

El sistema será del tipo pasivo ya que, al tener tan solo dos pisos máximos de vivienda, no se requiere de bombas que trasladen el agua potable hacia los paneles solares termales.

Para garantizar que el agua este lo suficientemente caliente durante todo el día, se opta por instalar sistemas de calentamiento complementarios a base de energía eléctrica. Este sistema complementario además de trabajar en conjunto con el sistema solar térmico, cumplirá la función de tanque de almacenamiento para el sistema. De esta manera se abaratan costos y se garantiza agua caliente todo el año, a cualquier hora del día.

A continuación se presenta un diagrama el cual ejemplifica el sistema que se aplicaría en las viviendas de la urbanización Estancia Real:

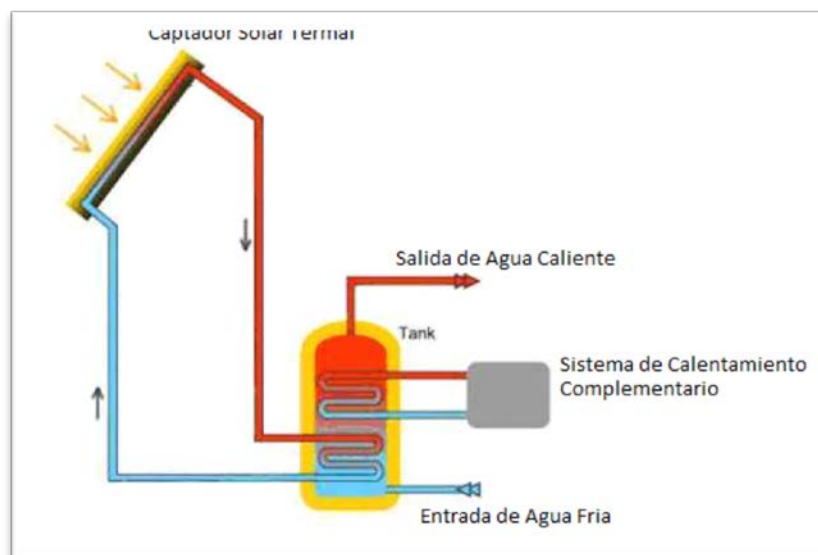


Grafico 10.4. Sistema termal solar seleccionado a aplicarse en la urbanización.(Willmark Energy)

SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Introducción

Los incendios son uno de los siniestros más perjudiciales y fatales que se pueden dar en una obra civil. Por este motivo, el ser humano ha desarrollado elementos y medidas que permiten manejar los incendios de ser ocurridos. A este conjunto de elementos y medidas se los denomina sistemas contra incendios. (Araque, 2011)

Los sistemas contra incendios pretenden contar con medidas que permitan a los usuarios y bomberos actuar de forma segura para sofocar o detener la evolución de un incendio que puede destruir infraestructura, bienes materiales e inclusive cobrar vidas humanas. (Carmona, 2010)

Se requieren cálculos hidráulicos que permitan identificar las presiones y caudales requeridos para suplir las necesidades al momento de combatir incendios. Estos y demás requerimientos se ven estipuladas en normas y códigos ecuatorianos los cuales deben ser revisados al momento de realizar un diseño contra incendio. (Carmona, 2010)

Marco legal

Hoy en día, existe una normativa vigente en todo el país la cual se encarga de regular y controlar que el diseño de sistemas contra incendio sea implementado en urbanizaciones. Estas medidas legales pretenden garantizar que todo proyecto posea un plan de prevención, protección y mitigación de incendios.

Las medidas que se presentan a continuación son los reglamentos que se pueden y deben aplicar al diseño contra incendio de la urbanización Estancia Real.

Reglamento de prevención de incendios

Disposiciones Generales de Protección Contra Incendios para Urbanizaciones

Art. 83. Los proyectos de urbanización respetarán las normas estipuladas por los municipios para la dotación del servicio de agua potable, principalmente las densidades permisibles a efectos de mantener el caudal requerido para incendios. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Art. 84. Los proyectos de urbanización deberán contemplar los requisitos de abastecimiento de agua para el consumo máximo diario y el caudal exclusivo para incendios. El incremento del caudal del consumo máximo diario será del 10% para incendios. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Art. 85. Los hidrantes se ubicarán en lugares accesibles para los vehículos del Cuerpo de Bomberos y debidamente señalizados. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Art. 86. La distancia entre hidrantes no será mayor de 200 metros entre ellos, debe estar disponible para su uso inmediato y con la presión adecuada. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Art. 87. Desde una instalación de hidrantes no debe hacerse ninguna conexión de agua. Que no sea para otro propósito que la lucha contra el fuego. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Art. 88. Los proyectos de urbanización deben integrarse al sistema vial del sector para una fácil localización y llegada en casos de auxilio. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Art. 89. El plano de distribución de agua potable contará con la ubicación exacta de los hidrantes y demás disposiciones constantes en el Art. 157 del Decreto 2393. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Art. 90. El Cuerpo de bomberos respetará las normas técnicas de Agua Potable y Alcantarillado dispuestas por los municipios respectivos. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Clasificación de los edificios según su uso

Uso de vivienda

Art. 115. La ubicación de los tanques de gas serán en sitios cubiertos con suficiente ventilación y aislados de áreas de riesgo de incendio como, bodegas, tableros de medidores, etc. No se ubicarán en áreas de circulación si son consideradas vía de evacuación. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Art. 117. Cada unidad de vivienda dispondrá de un extintor manual de polvo químico seco tipo ABC de 10 libras o su equivalente, en el área de preparación de alimentos. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Visto bueno en urbanizaciones

Art. 299. Todo proyecto urbanístico requiere obtener el respectivo Visto Bueno de Edificación previo a la aprobación Municipal. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Permiso de ocupación

Art. 312. Es el requisito de autorización que el Cuerpo de Bomberos extiende a toda edificación que previamente requirió el informe de Visto Bueno de Edificación para ser habilitado y entrar en funcionamiento. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 1998)

Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393)

Instalación de Extinción de Incendios

Art. 155. Se consideran instalaciones de extinción las siguientes: bocas de incendio, hidrantes de incendios, columna seca, extintores y sistemas fijos de extinción. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Art. 156. BOCAS DE INCENDIO.- Estarán provistos de los elementos indispensables para un accionamiento efectivo, de acuerdo a las normas internacionales de fabricación. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

La separación máxima entre dos bocas de incendio equipadas será de 50 metros.

1. Red de agua

Será de acero, de uso exclusivo para instalaciones de protección contra incendios y protegida contra acciones mecánicas en los puntos en que se considere necesario. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

2. Fuente de abastecimiento de agua Siempre existirá un depósito adicional con capacidad suficiente y equipos de bombeo adecuados, abastecido por dos fuentes de suministro, en previsión de desabastecimiento de la red pública de agua. Los equipos eléctricos de bombeo contarán igualmente con dos fuentes de abastecimiento de energía, con conmutador de acción automática. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Art. 157. HIDRANTES DE INCENDIOS.- Se conectarán a la red mediante una conducción independiente para cada hidrante. Dispondrán de válvulas de cierre de tipo compuesto o bola. Estarán situados en lugares fácilmente accesibles y debidamente señalizados. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Art. 158. COLUMNA SECA.- Será recomendable la instalación de columnas secas formadas por una conducción normalmente vacía, que partiendo de la fachada del edificio se dirige por la caja de la escalera y está provista de bocas de salida en cada piso y toma de alimentación en la fachada para conexión a un tanque con equipo de bombeo que es el que proporciona a la conducción la presión y el caudal de agua necesarios. La tubería será de acero. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios.- Registro Oficial Edición Especial N° 114

Art. 340.- Permisos de ocupación y habitabilidad.- Una vez concluida la obra de edificación con el sistema de prevención aprobado en plano y debidamente instalado y listo para operar, la persona interesada o profesional de la obra debe presentar en el Departamento de Prevención del Cuerpo de Bomberos, la solicitud de permiso de ocupación en el formulario correspondiente. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Art. 341.- Realizada la inspección física y de acuerdo con los planos de estudios especiales se procederá a emitir el informe respectivo en el término de tres dí-as.

Art. 342.- En el caso de que el informe sea desfavorable, el Cuerpo de Bomberos está facultado a negar el permiso de ocupación mientras no se cumpla con las normas y el Sistema de Prevención contra Incendios aprobados en el visto bueno de planos para edificación. (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Normas con referencia al diseño hidráulico

Art. 36.- La Columna de agua es una instalación de uso exclusivo para el servicio de extinción de incendios, es una tubería dispuesta verticalmente con un diámetro mínimo de 2 ½ pulgadas dependiendo del cálculo hidráulico y el número de equipos instalados para

mayores secciones, a estas se acoplarán las salidas por el piso en diámetro mínimo de 1 ½ pulgadas, será de hierro galvanizado o cualquier material resistente al fuego contemplado en norma INEN, Código Ecuatoriano de la Construcción y con un RF-120, capaz de soportar como mínimo, una presión de 20 kg/cm² (285 psi) (...). (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Art. 37.- La presión mínima de descarga (pitón) requerida en el puto más desfavorable de la instalación de protección contra incendios para vivienda será de 3.5 kg/cm² (50 psi) (...). (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Art. 48.- Los sistemas de hidrantes en la vía pública deben instalarse a una distancia de 200 metros entre ellos y de acuerdo al número y diseño de las necesidades de la ciudad. La válvula de paso del hidrante se ubicará a una distancia de 1 metro con caja de válvula que permita su fácil manipulación, (...). (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS))

Componentes del sistema contra incendios

Hidrantes

Son bocas de fuego colocadas en exterior para que los bomberos puedan conectar mangueras al sistema contra incendio y así disponer de una salida de agua con un flujo y presión óptima. (Carmona, 2010)

Sprinklers

Forman parte de las medidas automáticas que pueden poseer los sistemas contra incendio. Estos se activan al dispararse el dispositivo de alerta que puede ser manual o automático como detectores de humo o calor. (Marcó Gratacós, Martí Costa, Martín Zorraquino, Pastor Pérez, & Rodríguez Tarodo, 2003)

Detector de humo

Son dispositivos los cuales forman parte de las medidas automáticas de una red contra incendios. Estos se activan al percibir un nivel extraordinario de humo. Estos al ser activados pueden disparar alarmas de emergencia y/o sprinklers. Algunos detectores funcionan con detectores de calor en lugar de humo. (Marcó Gratacós, Martí Costa, Martín Zorraquino, Pastor Pérez, & Rodríguez Tarodo, 2003)

Depósito contra incendios

Tanque en el cual se almacena el agua que se utilizará con el fin de sofocar incendios. El tanque deberá ser lo suficientemente grande para proveer de un flujo a presión suficiente para abastecer al resto de elementos del sistema en cada uno de los puntos de salida. (Marcó Gratacós, Martí Costa, Martín Zorraquino, Pastor Pérez, & Rodríguez Tarodo, 2003)

Columna seca

Red de tuberías de una edificación la cual no se encuentran conectadas a la red de alcantarillado o agua potable. Esta red permanece vacía hasta que se conecte una fuente de agua como un camión de bomberos. La conexión a la columna seca es usualmente una toma siamesa que se encuentra en un punto accesible en la fachada del edificio. (Marcó Gratacós, Martí Costa, Martín Zorraquino, Pastor Pérez, & Rodríguez Tarodo, 2003)

Gabinetes de incendios

Existen diferentes tipos de gabinetes de incendios. Si bien todos cumplen la misma función, sus elementos y especificaciones variarán dependiendo de la clase de fuego variarán en sus componentes: (Carmona, 2010)

Clase I

Uso: Dado por los usuarios de la vivienda. Para fuegos clasificados como de riesgo leve. (Carmona, 2010)

Salidas: En cada piso con conexiones de manguera de 1 ½ pulgadas. (Carmona, 2010)

Manguera: de 30 metros y 1 ½ pulgadas, la boquilla no puede estar a más de 9 metros de distancia. Además, no deben haber obstáculos que impidan desplegar la manguera. La boquilla debe ser de 1 ½ pulgadas. (Carmona, 2010)

Tubería Vertical: Diámetro de 4 pulgadas para tubería vertical de hasta 30 metros. Para tubería vertical de mayor longitud, utilizar Diámetro de 6 pulgadas. La altura máxima será de 84 metros. Al superar esta altura, se debe zonificar mediante la instalación de válvulas reguladoras de presión; la altura máxima de zonificación no puede exceder los 122 metros. (Carmona, 2010)

Diámetro de Tubería: Mínimo de 2 ½ pulgadas. (Carmona, 2010)

Caudal: El caudal mínimo será de 6.3 l/s. (Carmona, 2010)

Presión: 3.87 kg/cm² (55 psi). (Carmona, 2010)

Suministro: El tanque de reserva debe almacenar agua para suministrar caudales y presiones adecuadas por lo menos durante media hora. (Carmona, 2010)

Altura de Edificación: Menores a 78 metros. (Carmona, 2010)

Clase II

Uso: Uso dado por bomberos. Para fuegos intensos o prolongados. (Carmona, 2010)

Salidas: Deben Instalarse una o más siamesas. (Carmona, 2010)

Manguera: de 30 metros y 2 ½ pulgadas, la boquilla no puede estar a más de 9 metros de distancia. Además, no deben haber obstáculos que impidan desplegar la manguera. La boquilla debe ser de 1 1/8 pulgadas. (Carmona, 2010)

Tubería Vertical: Diámetro de 4 pulgadas para tubería vertical de hasta 30 metros. Para tubería vertical de mayor longitud, utilizar diámetro de 6 pulgadas. La altura máxima será de 84 metros. La altura máxima será de 84 metros. Al superar esta altura, se debe zonificar mediante la instalación de válvulas reguladoras de presión; la altura máxima de zonificación no puede exceder los 122 metros. (Carmona, 2010)

Diámetro de Tubería: Mínimo de 2 ½ pulgadas. (Carmona, 2010)

Caudal: 32 l/s. Aumentar 16 l/s por cada tubería adicional que se tenga. El caudal Total no puede superar los 158 l/s. (Carmona, 2010)

Presión: 3.87 - 7.03 kg/cm² (55 – 100 psi). (Carmona, 2010)

Suministro: El tanque de reserva debe contener agua para suministrar por lo menos 32 l/s para suministrar una sola tubería, de tener más aumentar 16 l/s por cada una cuidando de no sobrepasar los 158 l/s. El tanque debe aportar presiones adecuadas por lo menos durante media hora. (Carmona, 2010)

Clase III

Se compone de condiciones combinadas de la Clase I y Clase II. Para edificaciones clasificadas como de riesgo moderado y riesgo alto. (Carmona, 2010)

Riesgos

Se pueden clasificar a los proyectos basándose en el riesgo o la susceptibilidad a ser combustionado que estos poseen. (Carmona, 2010)

Leve: Edificaciones construidas con materiales de baja susceptibilidad a combustionarse. La carga combustible (madera) es menor a 25 kg/cm². En esta clasificación usualmente se tienen edificaciones como hospitales, multifamiliares, escuelas, restaurantes, etc. (Carmona, 2010)

Moderado: Edificaciones construidas con materiales que se inflaman con una relativa rapidez y/o producen una cantidad considerable de humo. La carga combustible (madera y otros) es se encuentra en el rango de 35 y 75 kg/cm². En esta clasificación usualmente se tienen edificaciones como fábricas, plantas procesadoras, etc. (Carmona, 2010)

Alto: Edificaciones construidas con materiales que se inflaman rápidamente y/o producen vapores tóxicos e incluso explosiones. La carga combustible (madera y otros) supera los 75 kg/cm². Para este tipo de edificaciones se deben tomar en cuenta medidas de diseño especiales como el uso de materiales inflamables en el sistema contra incendios. La acometida eléctrica encargada del funcionamiento de las bombas del sistema contra incendio debe funcionar independientemente del sistema eléctrico general de la edificación. (Carmona, 2010)

En función del nivel de riesgo de la edificación se presentan unos parámetros de diseño de regaderas:

Riesgos	Regaderas	Caudal	Duración
	l/s	l/s	min
Leve	16	16	30
Moderado	38	16	50 - 90
Alto	64	32	60 - 120

Tabla 11.1. Requerimientos de diseño mínimos en función del nivel de riesgo. (Carmona,

2010)

Consideraciones generales de diseño

En teoría, toda edificación debe estar equipada con un sistema contra incendio que se acople a las necesidades, nivel de riesgo y características de las edificaciones. El suministro de agua del sistema contra incendio debe ser independiente del sistema que provee agua potable a la edificación. (Carmona, 2010)

El tanque de reserva debe ser independiente o debe tener un dispositivo de seguridad que garantice el volumen de agua necesario para cumplir los requerimientos mínimos de caudal y presión de columna de agua. Al utilizar un solo tanque de reserva, se puede colocar la toma de agua de la bomba para el sistema de agua potable a un nivel superior de la toma para el sistema contra incendios. Esta toma contra incendios debe estar al nivel más bajo del tanque. De esta manera, se garantiza que siempre se tenga un volumen de reserva para el sofocamiento de incendios; incluso en escenarios donde no exista suministro de agua potable. (Carmona, 2010)

No se debe utilizar tubería plástica en la red de distribución del sistema contra incendio. Se podría utilizar tubería plástica en el caso de que esta se encuentre enterrada, es decir sea subterráneo. (Carmona, 2010)

Las acometidas eléctricas para el funcionamiento de las bombas del sistema contra incendio deben ser independientes del suministro eléctrico de la edificación. De esta manera, los elementos eléctricos del sistema contra incendio (de existir) pueden continuar funcionando en el caso de que el suministro eléctrico domiciliario falle. Las acometidas eléctricas del sistema contra incendios deben estar propiamente protegidas contra daños que puedan ser producidos por el fuego o cualquier otro elemento nocivo. (Carmona, 2010)

Todo sistema de extinción debe contar con una placa informativa la cual indique la presión de funcionamiento correspondiente. (Carmona, 2010)

Suministro y distribución de agua

Se puede utilizar cualquier tipo de suministro de agua para el sistema contra incendio siempre y cuando se tenga una edificación de riesgo leve y se puedan suplir automáticamente las necesidades de agua. El suministro de agua puede provenir de fuentes subterráneas o fuentes artificiales como la red pública de abastecimiento. Las opciones para el suministro de agua son: (Carmona, 2010)

- Abastecimiento a través de la red pública (tomar en cuenta posibles contaminaciones).
- Bombas automáticas.
- Bombas manuales a presión.
- Tanques hidroneumáticos a presión.
- Tanques de funcionamiento gravitacional.
- Bombas desde la toma de agua controlada manualmente mediante operación a control remoto.

En el caso de que la opción tomada no logre suplir la demanda de agua del sistema se puede utilizar una fuente complementaria que abastezca todos los requerimientos mínimos del sistema. (Carmona, 2010)

Existen 4 principales tipos de sistemas de distribución. Estos se explican a continuación:

Tubería húmeda

El agua permanece siempre dentro de la tubería. Esta se encuentra a presión hasta el momento que requiera ser extraída a través de las conexiones. (Carmona, 2010)

Tubería Seca

Se aplica este sistema en casos donde la tubería está expuesta a temperaturas bajo cero donde el agua dentro de la tubería pudiese congelarse. En este caso se coloca una válvula de retención la cual separa el líquido de la tubería llena de gas comprimido. (Carmona, 2010)

Sistema de pre acción

Es básicamente un sistema de tubería seca la cual posee una válvula sensible que se abre al exponerse a altas temperaturas. (Carmona, 2010)

Sistema de inundación

Este sistema se utiliza en áreas de alto riesgo donde sensores sensibles al calor al activarse, se abre una válvula de retención la cual descarga rápidamente grandes volúmenes de agua. (Carmona, 2010)

Conexiones para bomberos (columna seca)

Las conexiones siamesas son accesorios instalados en la fachada de las edificaciones. Estas constan de dos entradas y una válvula de retención que se conectan al sistema contra incendios. (Carmona, 2010)

Las conexiones siamesas no califican como elementos necesarios en requerimientos de Clase I. Por otro lado, los requerimientos de Clase II y Clase III cuentan con conexiones siamesas. (Carmona, 2010)

En edificaciones altas donde se ha requerido zonificar la altura con válvulas reguladoras de presión, se requiere colocar por lo menos una conexión siamesa en cada zona.

En las conexiones siamesas, las entradas deben ser del tipo “hembra giratoria NTS”. No se debe colocar válvulas de cierre en las conexiones siamesas. (Carmona, 2010)

En el caso de que conexión siamesa con cuenta con una válvula de retención, se debe colocar una lo más cerca posible del punto donde se realiza la conexión a la siamesa. (Carmona, 2010)

Las conexiones siamesas deben estar en lugares accesibles y visibles de la fachada para que el cuerpo de bomberos pueda acceder al suministro de agua lo más rápidamente posible. Se debe colocar señalización la cual indique a los bomberos la localización de las conexiones siamesas. (Carmona, 2010)

Mantenimiento del Sistema

Se deben realizar ensayos periódicos para verificar que el sistema esté trabajando y cumpliendo los requerimientos de diseño del sistema contra incendio de las edificaciones.

Para verificar el buen funcionamiento, los sistemas contra incendios deben someterse a una prueba de presión de salida de agua. Esta presión no debe ser menor a 1.4 MPa (200 psi), o debe estar 0.35 MPa (50 psi) sobre la presión normal de funcionamiento, durante 2 horas. (Carmona, 2010)

Este procedimiento debe realizarse después de instalar el sistema contra incendio, momento en el cual debería estar en pleno funcionamiento. De esta manera se garantizará un servicio de acuerdo a las especificaciones. (Araque, 2011)

Se recomienda registrar los resultados de la prueba de mantenimiento para tener un mejor entendimiento de las posibles falencias del sistema contra incendio. (Carmona, 2010)

Potencia de las Bombas Contra Incendios

Usualmente la potencia efectiva de la bomba es suministrada por el fabricante o distribuidor; esta potencia se expresa en unidades de caballos de fuerza (HP). En el caso de

que no se posea el valor de la potencia de la bomba, se puede calcular con la siguiente expresión matemática: (Carmona, 2010)

$$HP = \frac{Q * P}{27 * E} \text{ (eq. 11.1)}$$

Siendo

$$E = \text{Rendimiento} = \frac{\text{Potencia Util}}{\text{Potencia Empleada}} \approx 0.6 - 0.7$$

El rendimiento E, que relaciona la potencia útil y la potencia empleada usualmente se encuentra entre valores de 0.6 y 0.7

$$HP = \text{PotenciaEfectiva}$$

$$Q = \text{Caudal} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$P = \text{PresiónNeta} \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Coefficientes de ajuste por pérdidas

El caudal teórico de salida de agua calculado nunca es igual al caudal real. Esto se da por dos razones. La primera se origina por disminución en la velocidad del flujo por turbulencia y fricción dentro de la tubería. Este factor, denominado Cv, es determinado en pruebas hidráulicas de laboratorio. Idealmente Cv posee un valor de 0.98. La segunda razón se origina por una contracción en la boca de salida del agua. Esta disminución en el área transversal de la salida se ve representada por el coeficiente Cc. Este coeficiente en bocas con aristas vivas es de aproximadamente 0.62. (Carmona, 2010)

Por lo tanto, el Caudal real al tomar en cuenta estos factores se lo puede calcular con la siguiente expresión: (Carmona, 2010)

$$Q = 66 * (Cv * Cc) * \emptyset^2 \sqrt{P} \text{ (eq. 11.2)}$$

Siendo

$$Q = \text{Caudal} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$P = \text{Presión Neta} \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\emptyset = \text{Diámetro de la Boquilla}$$

Diseño del Sistema contra incendios

Primeramente, se procede a diseñar el sistema contra incendio para el área común de la urbanización en base a los requerimientos especificados en las normas de prevención de incendios.

Se colocan hidrantes en puntos estratégicos de la urbanización procurando que estos no se encuentren a una distancia mayor a 200 metros entre sí. Se procura colocarlos en puntos donde su acceso sea fácil y los bomberos puedan conectarse a la red sin inconvenientes y de una manera rápida.

El depósito contra incendios para toda la urbanización, incluyendo las viviendas, se encuentra considerada en la cisterna de la urbanización. La toma de agua para combatir incendios de la cisterna se encuentra al nivel más bajo de la cisterna mientras que la toma de agua potable se encuentra a una altura superior. De Esta manera se prioriza el suministro de agua contra incendios y se garantiza que siempre se tenga un volumen de reserva para el

sofocamiento de incendios; incluso en escenarios donde no existiera suministro de agua potable.

Se propone instalar señalizaciones en toda la urbanización que indiquen a los bomberos los puntos donde se encuentran localizados los hidrantes de la urbanización.

En cuanto a las viviendas, se propone la instalación de gabinetes contra incendio del tipo I.

Cada vivienda posee su conexión al sistema contra incendios con su tubería individual e independiente del sistema de agua potable. De esta manera se garantiza un suministro de agua incluso en escenarios donde el sistema de agua potable no esté funcionando.

La tubería del sistema contra incendios constará de tubería de 3 pulgadas para su distribución, tanto para la red, como para las conexiones hacia las viviendas.

Las tuberías del sistema contra incendios que se encuentren expuestas a la vista o se encuentren accesibles deberán ser pintadas de color rojo para diferenciarlas del resto de tuberías.

El anexo K presenta la vista en planta del sistema contra incendios de la urbanización Estancia Real. Se incluye la localización de los hidrantes y la disposición de la red de conductos.

PRESUPUESTO BASE DE OBRAS DE ALCANTARILLADO

Introducción

A continuación se presenta el estudio del presupuesto de la obra de construcción y vida de uso del sistema de alcantarillado de la obra. Para realizar esto, se recurre a la metodología de precios unitarios los cuales representan elementos individuales o unitarios de la obra. Estos rubros contemplan tres características fundamentales: el material que se requiere para llevar acabo el trabajo, el transporte del material hacia el sitio de construcción y la mano de obra que conlleva el realizar acabo la unidad de trabajo. También, se definen y contabilizan tanto costos directos como costos indirectos.

Costos directos e indirectos

Costos Directos: Estos son fáciles de identificar y se relacionan directamente con el costo unitario. Un claro ejemplo son los costos de la materia prima o los costos de horas de trabajo requeridos para producir el producto. (Orbe, 2011)

Costos Indirectos: Aquellos que son relativamente difíciles de identificar y cuantificar y, por lo general son los cuales el punto donde se generan contabilidades pobremente estudiadas. Estos pueden ser gastos que no tienen una relación directa con el producto o el volumen de producción como gastos administrativos o técnicos. A continuación se presenta una lista de diferentes costos clasificados como indirectos:

- Costos técnicos y administrativos
- Alquileres y Depreciaciones
- Seguros
- Materiales de consumo
- Capacitación y Promoción

- Comunicación
- Construcciones provisionales
- Imprevisto
- Impuestos

Para propósitos de este estudio de presupuesto de obra se tomará un valor de costos indirectos que sea el 25% de los costos directos.

Costos unitarios

Para poder determinar el presupuesto referencial de la obra de alcantarillado se realiza un estudio de precios unitarios donde se proponen tablas las cuales analizan cada elemento del sistema y obtiene un costo total el cual contempla el material, mano de obra, transporte y equipo utilizado durante el proceso de producción del elemento. Este análisis de cada elemento contemplará, además de los costos directos, los costos indirectos de la obra.

A continuación se presentan los elementos que se analizarán uno por uno con el fin de determinar el costo presupuestado del sistema de alcantarillado. (Orbe, 2011)

- Tubería PVC 200 mm
- Tubería PVC 200 mm
- Tubería PVC 300 mm
- Tubería PVC 350 mm
- Tubería PVC 450 mm
- Tubería PVC 600 mm
- Pozo de Revisión
- Replanteo y Nivelación
- Limpieza del Terreno

- Excavación de Zanjas
- Entibado de Zanjas
- Relleno y Compactación de Zanjas
- Cajas de Revisión

Nótese que cada uno de los 30 lotes donde se distribuyen las 228 viviendas posee una caja general de revisión por lote, la cual conecta las cajas de revisión de cada casa del lote correspondiente y la red de tubería sanitaria. Las cajas de revisión generales cuentan en el presupuesto a calcularse mientras las cajas de revisión de cada vivienda no entran en el cálculo del presupuesto de alcantarillado ya que este rubro es cubierto por cada vivienda.

Cálculos

El Volumen de excavación se lo determina a base de la longitud de tubería, la profundidad de zanja y los anchos de zanja recomendados en la tabla 3.3:

Volumen de Excavación				
Diámetro Nominal de Tubería	Ancho de Zanja Mínimo	Longitud	Profundidad Promedio	Volumen de Excavación
(mm)	(m)	(m)	(m)	(m ³)
200	0.50	1261.92	1.25	788.70
250	0.55	628.21	1.25	431.89
300	0.60	273.46	1.25	205.10
350	0.65	158.67	1.25	128.92
450	1.00	83.62	1.25	104.53
600	1.20	117.96	1.25	176.94
Total				1836.07

Tabla 12.1. Volumen de tierras excavarse para la instalación de tuberías.

Se requiere obtener el área superficial de la sección de suelo que se removerá para la instalación de tuberías. Se utiliza para esto, la longitud de la tubería y los anchos de zanja recomendados en la tabla 3.3:

Área Superficial de Excavación				
Diámetro Nominal de Tubería	Ancho de Zanja Mínimo	Longitud	Profundidad Promedio	Área Superficial
(mm)	(m)	(m)	(m)	(m ²)
200	0.50	1261.92	1.25	630.96
250	0.55	628.21	1.25	345.52
300	0.60	273.46	1.25	164.08
350	0.65	158.67	1.25	103.14
450	1.00	83.62	1.25	83.62
600	1.20	117.96	1.25	141.55
Total				1468.86

Tabla 12.2. Área superficial de tierras excavarse para la instalación de tuberías.

Precios unitarios

A continuación se presentan los cálculos de los diferentes precios unitarios que conforman el sistema de alcantarillado pluvial y sanitario.

Precios Unitarios				
Elemento	Tubería de PVC 200 mm			
Unidad	Metro Lineal (m)			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	10.10	10.10
Kalipega	Galón	0.01	0.00	0.00
Polipega	Galón	0.01	27.82	0.28
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.1	0.56	0.06
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.02	2.87	0.06
Albañil	M2	0.02	2.77	0.06
Peón	M3	0.04	2.73	0.11
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	0.10	0.10
Kalipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Polipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Costos Directos				10.76
Costos Indirectos 25%				2.69
Costo Unitario				13.45

Tabla 12.3. Precio unitario de la tubería de PVC de 200mm.

Precios Unitarios				
Elemento	Tubería de PVC 250 mm			
Unidad	Metro Lineal (m)			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	14.70	14.70
Kalipega	Galón	0.01	0.00	0.00
Polipega	Galón	0.01	27.82	0.28
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.1	0.56	0.06
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.02	2.87	0.06
Albañil	M2	0.02	2.77	0.06
Peón	M3	0.04	2.73	0.11
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	0.10	0.10
Kalipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Polipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Costos Directos				15.36
Costos Indirectos 25%				3.84
Costo Unitario				19.20

Tabla 12.4. Precio unitario de la tubería de PVC de 250mm.

Precios Unitarios				
Elemento	Tubería de PVC 300 mm			
Unidad	Metro Lineal (m)			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	20.97	20.97
Kalipega	Galón	0.01	0.00	0.00
Polipega	Galón	0.01	27.82	0.28
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.1	0.56	0.06
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.02	2.87	0.06
Albañil	M2	0.02	2.77	0.06
Peón	M3	0.04	2.73	0.11
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	0.10	0.10
Kalipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Polipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Costos Directos				21.63
Costos Indirectos 25%				5.41
Costo Unitario				27.03

Tabla 12.5. Precio unitario de la tubería de PVC de 300mm.

Precios Unitarios				
Elemento	Tubería de PVC 350 mm			
Unidad	Metro Lineal (m)			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	36.44	36.44
Kalipega	Galón	0.01	0.00	0.00
Polipega	Galón	0.01	27.82	0.28
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.1	0.56	0.06
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.02	2.87	0.06
Albañil	M2	0.02	2.77	0.06
Peón	M3	0.04	2.73	0.11
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	0.20	0.20
Kalipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Polipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Costos Directos				37.20
Costos Indirectos 25%				9.30
Costo Unitario				46.50

Tabla 12.6. Precio unitario de la tubería de PVC de 350mm.

Precios Unitarios				
Elemento	Tubería de PVC 450 mm			
Unidad	Metro Lineal (m)			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1.00	43.58	43.58
Kalipega	Galón	0.01	0.00	0.00
Polipega	Galón	0.01	27.82	0.28
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.1	0.56	0.06
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.02	2.87	0.06
Albañil	M2	0.02	2.77	0.06
Peón	M3	0.04	2.73	0.11
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	0.20	0.20
Kalipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Polipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Costos Directos				44.34
Costos Indirectos 25%				11.08
Costo Unitario				55.42

Tabla 12.7. Precio unitario de la tubería de PVC de 450mm.

Precios Unitarios				
Elemento	Tubería de PVC 600 mm			
Unidad	Metro Lineal (m)			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1.00	65.90	65.90
Kalipega	Galón	0.01	0.00	0.00
Polipega	Galón	0.01	27.82	0.28
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.1	0.56	0.06
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.02	2.87	0.06
Albañil	M2	0.02	2.77	0.06
Peón	M3	0.04	2.73	0.11
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Tubería de PVC	m	1	0.20	0.20
Kalipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Polipega	Galón	0.01	0.01	0.00
Costos Directos				66.66
Costos Indirectos 25%				16.66
Costo Unitario				83.32

Tabla 12.8. Precio unitario de la tubería de PVC de 600 mm.

Precios Unitarios				
Elemento	Pozo de Revisión			
Unidad	Unidad			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Cemento	Saco	7	6.63	46.41
Macadán Triturado	m3	0.65	4.26	2.77
Ripio	m3	0.95	7.84	7.45
Alquiler de Encofrado	Unidad	0.06	88.03	5.28
Agua	m3	0.22	1.12	0.25
Equipos				
Descripción		Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		1	0.56	0.56
Concretara		1	6.72	6.72
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	1	2.87	2.87
Albañil	M2	3	2.77	8.30
Peón	M3	12	2.73	32.79
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Cemento	Saco	7	0.76	5.33
Macadán Triturado	m3	0.65	8.96	5.82
Ripio	m3	0.95	8.96	8.51
Alquiler de Encofrado	Unidad	0.06	16.67	1.00
Agua	m3	0.22	0	0.00
Costos Directos				134.06
Costos Indirectos 25%				33.52
Costo Unitario				167.58

Tabla 12.9. Precio unitario correspondiente a la unidad de pozo de revisión.

Precios Unitarios				
Elemento	Replanteo y Nivelación			
Unidad	m2			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Estacas	u	0.04	0.50	0.02
Pintura	Galón	0.0001	17.92	0.00
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.004	0.56	0.00
Estación Total		0.004	2.24	0.01
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.004	2.87	0.01
Topógrafo	M1	0.004	2.87	0.01
Peón	M3	0.014	2.73	0.04
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Estacas	u	0.04	0.01	0.00
Pintura	Galón	0.0001	0.01	0.00
Costos Directos				0.09
Costos Indirectos 25%				0.02
Costo Unitario				0.12

Tabla 12.10. Precio unitario correspondiente al área de replanteo y nivelación.

Precios Unitarios				
Elemento	Excavación Zanja			
Unidad	m3			
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.61	0.56	9.07
Excavadora		0.14	30.00	4.20
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.6	2.87	1.72
Operador Excavadora	M1	0.1	2.87	0.29
Albañil	M2	0.6	2.77	1.66
Peón	M3	0.6	2.77	1.66
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
			0.00	0.00
			0.00	0.00
Costos Directos				18.60
Costos Indirectos 25%				4.65
Costo Unitario				23.25

Tabla 12.11. Precio unitario correspondiente al volumen de excavación de zanja.

Precios Unitarios				
Elemento	Entibado de Zanjas			
Unidad	m3			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Pingo	u	0.6	0.34	0.20
Rieles de Eucalipto	u	0.3	1.68	0.50
Tira	u	1	0.28	0.28
Clavos 2 1/2	kg	0.001	1.97	0.00
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.04	0.56	0.16
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Albañil	M2	0.04	2.77	0.11
Peón	M3	0.08	2.73	0.22
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Pingo	u	0.6	0.38	0.23
Rieles de Eucalipto	u	0.3	0.01	0.00
Tira	u	1.00	0.0112	0.01
Clavos 2 1/2	kg	0.00	0.0112	0.00
Costos Directos				1.72
Costos Indirectos 25%				0.43
Costo Unitario				2.15

Tabla 12.12. Precio unitario correspondiente al volumen de entibado de zanjas.

Precios Unitarios				
Elemento	Relleno y Compactación de Zanjas			
Unidad	m3			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Agua	m3	0.05	1.12	0.06
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		0.04	0.00	0.00
Excavadora		0.025	30.00	0.75
Compactador		0.025	6.72	0.17
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Albañil	M2	0.025	2.73	0.07
Peón	M3	0.02	2.73	0.05
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Costos Directos				1.10
Costos Indirectos 25%				0.27
Costo Unitario				1.37

Tabla 12.13. Precio unitario correspondiente al volumen de relleno y compactación de zanjas.

Precios Unitarios				
Elemento	Caja de Revisión			
Unidad	m3			
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Caja de Revisión	u	1	28.00	28.00
Tapa de Caja	u	1	24.64	24.64
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Herramienta Menor		8	0.56	4.48
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	1	2.87	2.87
Albañil	M2	1	2.77	2.77
Peón	M3	0.2	2.73	0.55
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Costos Directos				63.30
Costos Indirectos 25%				15.83
Costo Unitario				79.13

Tabla 12.14. Precio unitario correspondiente a la unidad de caja de revisión.

Precios Unitarios				
Elemento	Limpieza del Terreno			
Unidad	m2			
Equipos				
Descripción	Unidad	Horas de Uso	Costo por Hora	Sub Total
Excavadora		0.0009	30.00	0.03
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas de Labor	Costo por Hora	Sub Total
Maestro Mayor	M1	0.00093	2.87	0.00
Operador Excavadora	M1	0.00093	2.87	0.00
Peón	M3	0.00093	2.73	0.00
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Costos Directos				0.03
Costos Indirectos 25%				0.01
Costo Unitario				0.04

Tabla 12.15. Precio unitario correspondiente al área de limpieza de terreno.

Presupuesto referencial del sistema de alcantarillado

Una vez obtenidos los precios unitarios referentes a la construcción del sistema de alcantarillado se toman las unidades referenciales del proyecto y se las multiplica por los rubros para así, obtener los precios referenciales que conformarán el presupuesto final de la red de alcantarillado

Presupuesto Referencial del Sistema de Alcantarillado				
Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
Tubería de PVC 200 mm	m	13.45	1261.92	16968.43
Tubería de PVC 250 mm	m	19.20	628.21	12059.45
Tubería de PVC 300 mm	m	27.03	273.46	7392.72
Tubería de PVC 350 mm	m	46.50	158.67	7377.44
Tubería de PVC 450 mm	m	55.42	83.62	4634.26
Tubería de PVC 600 mm	m	83.32	117.96	9828.49
Pozo de Revisión	u	167.58	30	5027.35
Replanteo y Nivelación	m2	0.12	1468.859	173.76
Excavación Zanja	m3	23.25	1836.07	42682.02
Entibado de Zanjas	m3	2.15	1836.07	3947.33
Relleno y Compactación de Zanjas	m3	1.37	1836.07	2517.66
Caja de Revisión de Lote	u	79.13	30	2373.76
Limpieza del Terreno	m2	0.04	1468.859	64.03
Total				115046.70

Tabla 12.16. Presupuesto final de la red de alcantarillado de la urbanización Estancia Real.

Se puede observar en la tabla 12.16. que el costo presupuestado para el sistema de alcantarillado, sanitario y pluvial, que incluye los materiales a utilizarse la maquinaria requerida y la mano de obra a contratar suma un total de 115046.70 dólares.

Cabe recalcar que a este valor se le debe adicionar en impuesto al valor agregado (IVA). Para el año 2013, este impuesto comprende del 12% del valor total.

Se recomienda durante el proceso de construcción controlar que el precio presupuestado no se sobrepase y así evitar problemas financieros y legales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Si bien en el Ecuador, los criterios ambientales generalmente no son considerados al momento de diseños sanitarios, especialmente en proyectos urbanísticos privados, se ha probado que es posible aplicarlos sin necesidad de elevar desmesuradamente los costos de inversión.

Se concluye que un sistema de alcantarillado separado conlleva un mejor comportamiento ambiental que un sistema de alcantarillado combinado y si bien es más costoso implementar un sistema separado de tuberías, el costo de la planta de tratamiento disminuye por cuanto su tamaño es menor respecto de los sistemas combinados.

La metodología de evaluación de impacto ambiental matriz Causa-Efecto, brinda un procedimiento de análisis acertado y recomendado para éste y demás tipos de obras civiles a realizarse.

El impacto de mayor importancia identificado por la matriz Causa-Efecto fue la generación de plazas de empleo durante la etapa de construcción y vida de uso del sistema de alcantarillado.

Se pudo identificar que el uso de un sistema termal solar frente a un método tradicional de calentamiento de agua a largo plazo es una opción más económica y al mismo tiempo amigable con el ambiente.

Mediante la metodología de los costos unitarios, se pudo determinar que el presupuesto de la obra de alcantarillado es de US\$ 115,046.70 dólares estadounidenses. Siendo el metro de implementación de tubería el rubro con mayor costo total.

Se identificó que el PVC como material de composición de los colectores de alcantarillado, presenta las mejores características dado su desempeño, costo y facilidad de implementación.

Se logró identificar que las emisiones de CO_2 hacia el medio ambiente durante el ciclo de vida de la tubería a implementarse de PVC representan 191.69 toneladas de CO_2 . Y se determinó que al plantar 176 árboles se logrará contrarrestar la huella de carbono producida.

Se concluye que la planta de tratamiento primario planteada para la urbanización será capaz de sanear de manera efectiva las aguas residuales urbanas provenientes de la red sanitaria a priori para el desalojo de las mismas en la red de alcantarillado público.

El sistema de distribución de agua potable para la urbanización no requiere de bombas para alcanzar las presiones de serviciabilidad en las viviendas, dado a que tan solo cuentan con dos pisos de altura.

Se propuso un sistema contra incendios para la urbanización, el cual no solo cumple con las medidas mínimas de aprobación, sino que se toma en consideración otras medidas que incrementarán la seguridad y plusvalía de las viviendas.

Recomendaciones

El manejo ambiental de los proyectos debe atenerse a la normativa regional, en este caso por su localización, el proyecto debió referirse a la normativa del Distrito Metropolitano de Quito. Al desarrollar un proyecto en una localización distinta, el profesional encargado del diseño para proyectos futuros deberá investigar la normativa correspondiente.

Dado a que el proyecto se realiza en un sector geográfico específico, como es el sector de Yaruquí, se recomienda realizar la investigación pertinente para obtener los datos hidrológicos propios de cada zona; ya que estos datos son el soporte para los caudales de

diseño pluvial y por ende del sistema de alcantarillado en general, incluyendo el impacto ambiental y el presupuesto de la obra.

Se sugiere que el constructor entregue manuales de uso a los habitantes de las viviendas, para que éstos comprendan las especificaciones de la urbanización en cuanto al alcantarillado y demás detalles que los usuarios deben tomar en cuenta para no afectar negativamente el sistema de alcantarillado o la planta de tratamiento.

Se aconseja verificar el tipo de paneles y tanques disponibles en el mercado antes de realizar el diseño de los sistemas solares termales. Al momento de escoger el tipo de colectores solares para el sistema de calentamiento de agua, de igual manera es conveniente que todas las viviendas posean un mismo modelo de colector para no tener un recargo estético visual desagradable.

En caso de que se requiera un costeo más extenso y más profundo de este y otro proyecto similar, se sugiere el uso de la metodología de costeo por actividades o también llamado ABC donde los objetos de análisis de costo son las actividades y no los rubros.

Se recomienda un mantenimiento periódico del tanque séptico cada 2 años dada la importancia y magnitud del uso del mismo. De igual manera, se revise el medidor de lodos periódicamente, al menos una vez cada 6 meses.

Se aconseja seguir el plan de manejo desarrollado a partir de la EIA. Este plan de prevención y mitigación de impactos ambientales debe ser entregado a todos individuos que formen parte de la construcción del sistema de alcantarillado y a su vez, estos individuos deben atenerse al mismo.

Es recomendable que en el reglamento de copropietarios de ésta y otras urbanizaciones se establezcan incentivos para quienes mantengan o siembren árboles, de

manera se garantice que los proyectos sigan siendo sustentables en el tiempo y amigables con el medio ambiente.

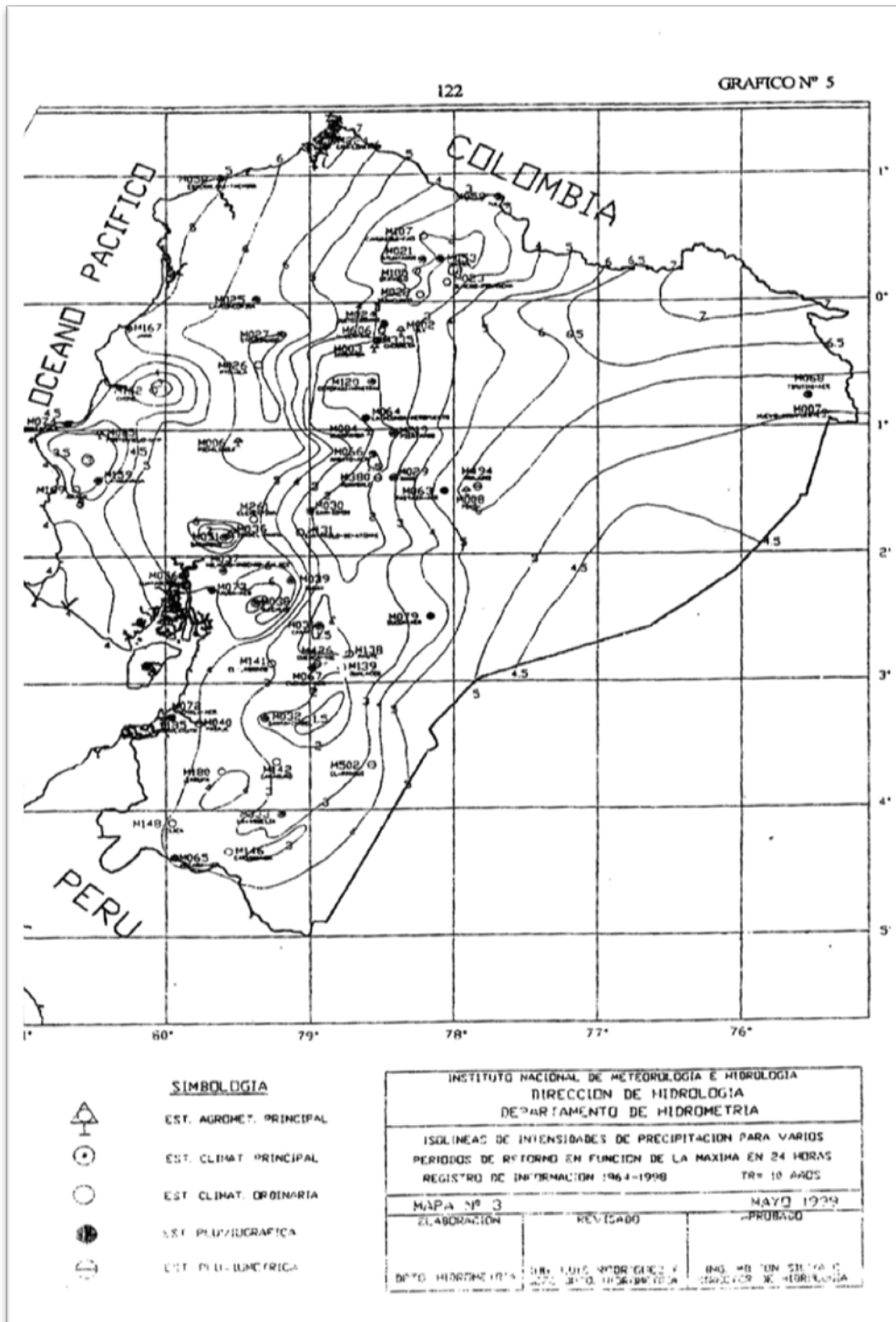
REFERENCIAS

- Amanco Plastigama S.A. (2009). *Manual Tecnico Novafort*.
- Araque, M. (2011). *Ingenieria Sanitaria. (Notas de Clase)*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Asamblea Constituyente . (2009). *Constitución del Ecuador*. Ecuador.
- Baitz, M., Kreißig, J., Byrne, E., Makishi, C., Kupfer, T., Frees, N., y otros. (2004). *Life Cycle Assessment of PVC and of principal competing materials*. EU: European Comission.
- Baldasano R., J. M., Narváez P., R., & Guerrero J., P. (2005). *Estimate of energy consumption and CO2 emission associated with the production, use and final disposal of PVC, aluminium and wooden windows*. Barcelona.
- Boderus. (s.f.). *Solar Thermal Technology*. Recuperado el 28 de Marzo de 2013, de http://www.buderus.com.cn/images/200905250235240.sks4.0_1.jpg
- Carbon Footprint of Nations. (2004). *Compare Your Country's Footprint*. Recuperado el 1 de Abril de 2013, de http://carbonfootprintofnations.com/content/environmental_footprint_of_nations/
- Carmona, R. P. (2010). *Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones*. Bogota: ECOE.
- Centro de Gestion de Informatica Ambiental. (Marzo de 2010). *Quito Ambiente*. Recuperado el 8 de Marzo de 2013, de http://www.quitoambiente.gob.ec/gestiondelconocimiento/cambio_climatico/clima/mapa_5_radiacion_solar_media_anual.pdf
- Climate-Data.org*. (s.f.). Recuperado el 17 de Enero de 2013, de <http://es.climate-data.org/location/181648/>
- Codigo Penal Ecuador*. (s.f.). Ecuador.
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2011). *NEC: Capitulo 16 Norma Hidrosanitaria Agua*.
- Comité Tecnico Diseño y Calculo de redes de alcantarillado. (28 de 11 de 2008). *Superintendencia de Servicios Sanitarios*. Recuperado el 10 de 01 de 2013, de http://www.siss.gob.cl/577/articles-5853_NCh01105.pdf
- Congreso Nacional del Ecuador. (1999). *Ley de Gestion Ambiental*.
- Congreso Nacional del Ecuador. (2004). *Ley Forestal y de Conservacion de Areas Naturales y Vida Silvestre*.

- Córdova, P. (2011). *Estudio de impacato ambiental ex-post y plan de manejo ambiental del proyecto: construccion de la primera etapa del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Colimes, Canton Colimes, Provincia del Guayas*. Colimes.
- De las Politicas Bsicas ambientales del Ecuador*. (s.f.).
- Decreto N° 1.802. (1994). *Políticas Básicas Ambientales del Ecuador*.
- Distrito Metropolitano de Quito. (2009). *Mapa Distrito Metropolitano de Quito*. Quito.
- Distrito Metropolitano de Quito DMQ. (2013). *Informe de Regulacion Metropolitana*. Quito.
- Ecomfort. (s.f.). *Ecomfort - Unmatched Experience*. Recuperado el 36 de Marzo de 2013, de <http://ecomfort.com/vitosol-300-t-sp3-direct-flow-vacuum-tube-solar-collector-universal-20-tubes-215-sq-feet-absorber-area-2647.html>
- Empresa de servicios publicos de Colombia (EPM). (2009). *Guía para el diseño Hidraulico de Redes de Alcantarillado*. Medellin.
- Franco, A. (2002). *Técnicas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial*. La Paz: Ministerio de Vivienda y Servicios Basicos.
- Google Inc. (2009). *Google Earth*. Recuperado el 29 de 12 de 2012
- Habersatter, K. (1991). *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*.
- ICREW. (2006). *Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de poblacion*. Canarias: ITC.
- INGTEKCH. (11 de Noviembre de 2010). *Ingeniería Civil*. Recuperado el 15 de Enero de 2013, de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/11/alcantarillados-caudal-de-infiltracion.html>
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). (s.f.). *Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo*.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (1998). *Reglamento de Prevencion de Incendios*. Quito.
- Instituto Tecnológico de Canarias. (2007). *Guía Didactica de Energia Solar*. Canarias: ITC.
- Marcó Gratacós, J., Martí Costa, S., Martín Zorraquino, J. V., Pastor Pérez, P., & Rodríguez Tarodo, J. A. (2003). *Guía Técnica para la prevencion y el contro de la Legionelosis en Instalaciones*.
- McAliney, M. (1993). *Arguments for Land Conservation: Documentation and Information Sources for Land*. Sacramento, CA.
- Ministerio del Ambiente. (2002). *Decreto N° 3.399 - Expide el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*.

- Orbe, J. M. (2011). *Diseño de Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas Servidas del Sector Tinguichaca*. Quito.
- Organizacion Mundial de la Salud. (2003). *Especificaciones Técnicas para el Diseño de Tanques Sépticos*. Lima.
- Parra, R. (2013). Fundamentos de Ingeniería Ambiental. (pág. Notas de Clase). Universidad San Francisco de Quito.
- Plastigama. (2011). *Manual Tecnico Novaloc*.
- Spanish People. (18 de 01 de 2013). Recuperado el 11 de Febrero de 2013, de Correa ofrece mantener subsidios a combustibles y gas en Ecuador:
<http://spanish.peopledaily.com.cn/31617/8097190.html>
- Suarez, B. A., & Pezantes, I. F. (2012). *Calculo y Diseño del Sistema de alcantarillado y Agua Potable para la Lotizacion Finca Municipal, en el Canton El Chaco, Provincia del Napo*. Sangolqui: ESPE.
- The National Renewable Energy Laboratory. (2003). *Heat the Water with the Sun*. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy.
- The Solar Biz. (s.f.). *The Solar Biz - For a sustainable future*. Recuperado el 26 de Marzo de 2013, de http://www.thesolar.biz/copperheart_cutaway.gif
- Willmark Energy. (s.f.). *Solar Thermal*. Recuperado el 26 de Marzo de 2013, de <http://www.willmarkenergy.co.uk/assets/images/solar%20thermal%20image.jpg>

ANEXO A: ISOLÍNEAS DE INTENSIDADES DE PRECIPITACIONES PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS EN FUNCIÓN DE LA MÁXIMA EN 24 HORAS



ANEXO B: RESISTENCIA QUIMICA PARA TUBERÍAS DE PVC

E= Excelente		B= Buena		R= Regular		NR= Recomendable		I= Información No Comprobada	
DESCRIPCIÓN	23° C	60° C	DESCRIPCIÓN	23° C	60° C	DESCRIPCIÓN	23° C	60° C	
Aceite de Algodón	E	E	Acido Láctico 25%	E	E	Bicromato de Potasio	E	E	
Aceite de Castor	E	E	Acido Láurico	E	E	Bifluoruro de Amonio	E	E	
Aceite de Linaza	E	E	Acido Linoleico	E	E	Bisulfato de Sodio	I	I	
Aceite de Lubricantes	E	E	Acido Maleico	E	E	Bisulfato de Calcio	E	E	
Aceites Minerales	E	B	Acido Málico	E	E	Bisulfato de Sodio	E	E	
Aceites y Grasas	E	B	Acido Metusulfónico	E	E	Blanqueador (12.5%)	B	R	
Acetaldehido	NR	NR	Acido Nicotínico	E	NR	Borato de Potasio	E	E	
Acetato de Amilo	NR	NR	Acido Nítrico 10%	NR	NR	Borax	E	B	
Acetato de Butilo	NR	NR	Acido Nítrico 68%	NR	NR	Bromato de Potasio	E	E	
Acetato de Etilo	NR	NR	Acido Oleico	E	E	Bromo (Líquido)	NR	NR	
Acetato de Plomo	E	E	Acido Oxálico	E	E	Bromuro de Etileno	NR	NR	
Acetato de Sodio	E	E	Acido Palmítico 10%	E	E	Bromuro de Potasio	E	B	
Acetato de Vinilo	NR	NR	Acido Palmítico 70%	NR	NR	Bromuro de Sodio	I	I	
Acetileno	I	I	Acido Peracético 40%	NR	NR	Butadieno	R	NR	
Acetona	NR	NR	Acido Perclórico 10%	E	E	Butano	I	I	
Acido Acético 80%	B	NR	Acido Perclórico 70%	NR	NR	Butanodiol	I	I	
Acido Acético 20%	E	NR	Acido Pírico	NR	NR	Butil Fenol	B	NR	
Acido Adípico	E	E	Acido Selénico	I	I	Butileno	E	I	
Acido Antraquinosulfónico	I	I	Acido Silícico	E	E	Carbonato de Amonio	E	E	
Acido Artisulfónico	R	NR	Acido Sulforoso	E	E	Carbonato de Bario	E	E	
Acido Arsénico	E	B	Acido Sulfúrico 10%	E	E	Carbonato de Calcio	E	E	
Acido Bencesulfónico 10%	E	E	Acido Sulfúrico 75%	E	E	Carbonato de Magnesio	E	E	
Acido Benzoico	E	E	Acido Sulfúrico 90%	NR	NR	Carbonato de Potasio	B	B	
Acido Bórico	E	E	Acido Sulfúrico 98%	NR	NR	Carbonato de Sodio (S Asn)	E	E	
Acido Bromhídrico 20%	E	E	Acido Tánico	E	E	Celulosa	R	NR	
Acido Brómico	E	E	Acido Tartárico	E	E	Cianuro de Cobre	E	E	
Acido Butírico	R	NR	Acidos Grasos	E	E	Cianuro de Plata	E	E	
Acido Carbónico	E	E	Acrilato de Etilo	NR	NR	Cianuro de Potasio	E	E	
Acido Cianhídrico	E	E	Agua de Bromo	R	NR	Cianuro de Sodio	E	E	
Acido Cítrico	E	E	Agua de Mar	E	E	Cianuro de Mercurio	B	B	
Acido Clorhídrico 20%	I	I	Agua Potable	E	E	Ciclohexano	NR	NR	
Acido Clorhídrico 50%	E	E	Agua Regia	R	NR	Ciclohexanol	NR	NR	
Acido Clorhídrico 80%	E	E	Alcohol Alilico 96%	NR	NR	Clorato de Calcio	E	E	
Acido Cloracético 10%	B	R	Alcohol Amílico	R	NR	Clorato de Sodio	I	I	
Acido Clorosulfónico	E	I	Alcohol Butílico	B	NR	Cloro (Acuoso) Z	E	NR	
Acido Cresílico 99%	B	NR	Alcohol Propílico	E	E	Cloro (Humedo)	E	R	
Acido Crómico 10%	E	E	Alcohol Metílico	E	E	Cloro (Seco)	E	NR	
Acido Crómico 30%	E	NR	Alcohol Propargilico	I	I	Clorobenceno	NR	NR	
Acido Crómico 50%	B	NR	Alcohol Propilico	B	NR	Cloroformo	NR	NR	
Acido Dicloroácido	E	E	Amoniaco (Gas-seco)	E	E	Cloruro de Alilo	NR	NR	
Acido Esteárico	B	B	Amoniaco (Cl. de Amonio)	E	NR	Cloruro de Aluminio	E	E	
Acido Fluorhídrico 10%	E	NR	Anhidrido Acético	NR	NR	Cloruro de Amonio	E	E	
Acido Fluorhídrico 50%	E	NR	Anilina	NR	NR	Cloruro de Amilo	NR	NR	
Acido Fórmico	E	NR	Antraquinona	E	I	Cloruro de Bario	E	E	
Acido Fosfórico 25-85%	E	E	Benceno	NR	NR	Cloruro de Calcio	E	E	
Acido Gálico	E	E	Benzoato de Sodio	B	R	Cloruro de Cobre	E	E	
Acido Glicólico	E	E	Bicarbonato de Potasio	E	E	Cloruro de Etilo	NR	NR	
Acido Hipocloroso	E	E	Bicarbonato de Sodio	E	E	Cloruro de Fenilhidrazina	R	NR	

E= Excelente			B= Buena		R= Regular		NR= Recomendable		I= Información No Comprobada		
DESCRIPCIÓN	23° C	60° C	DESCRIPCIÓN	23° C	60° C	DESCRIPCIÓN	23° C	60° C	DESCRIPCIÓN	23° C	60° C
Cloruro de Magnesio	E	E	Gasolina	NR	NR	Oxígeno	E	E			
Cloruro de Metileno	NR	NR	Gelatina	E	E	Pentóxido de Fósforo	I	I			
Cloruro de Metilo	NR	NR	Glicerina o Glicerol	E	E	Perborato de Potasio	E	E			
Cloruro de Niquel	E	E	Glicol	E	E	Perclorato de Potasio	E	E			
Cloruro de Potasio	E	E	Glucosa	E	E	Permanganato de Potasio 10%	B	B			
Cloruro de Sodio	E	E	Heptano	I	I	Peróxido de Hidrógeno 30%	E	I			
Cloruro de Tionilo	NR	NR	Hexano	NR	I	Persulfato de Amonio	E	E			
Cloruro de Zinc	E	E	Hexanol (Terciario)	R	NR	Persulfato de Potasio	E	E			
Cloruro Estánico	E	E	Hidrógeno	E	E	Petróleo Crudo	E	E			
Cloruro Estanoso	E	E	Hidroquinina	E	E	Potas Cáustica	E	E			
Cloruro Férrico	E	E	Hidróxido de Aluminio	E	E	Propano	E	I			
Cloruro Ferroso	E	E	Hidróxido de Amonio	E	E	Soluciones Electrolíticas	E	E			
Cloruro Láurico	I	I	Hidróxido de Bario 10%	E	E	Soluciones Fotográficas	E	E			
Cloruro Mercurio	B	B	Hidróxido de Calcio	E	E	Soda Cáustica	E	E			
Cresol	NR	NR	Hidróxido de Magnesio	E	E	Sub-Carbono de Bismuto	E	E			
Crotonaldehido	NR	NR	Hidróxido de Potasio	E	E	Sulfato de Aluminio	E	E			
Dextrosa	E	E	Hidróxido de Sodio	E	E	Sulfato de Amonio	E	E			
Dicloruro de Etileno	NR	NR	Hipoclorito de Calcio	E	E	Sulfato de Bario	E	E			
Dicromato de Potasio	E	E	Hipoclorito Sodio	E	E	Sulfato de Calcio	E	E			
Dicromato de Sodio	R	R	Kerosina	E	E	Sulfato de Cobre	E	E			
Dióxido de Azufre (Húmedo)	NR	NR	Metil-etil-cetona	NR	NR	Sulfato de Hidroxilamina	E	E			
Dióxido de Azufre (seco)	E	E	Monóxido de Carbono	E	E	Sulfato de Magnesio	E	E			
Dióxido de Carbono	E	E	Meta fosfato de Amonio	E	E	Sulfato de Metilo	E	R			
Dimetil Amina	NR	NR	Leche	E	E	Sulfato de Niquel	E	E			
Disulfuro de Carbono		NR	Licor Blanco	E	E	Sulfato de Potasio	E	E			
Eter Etílico	NR	NR	Licor Negro	E	E	Sulfato de Sodio	E	E			
Etilen Glicol	E	E	Licor Lanning	E	E	Sulfato de Zinc	E	E			
Fenol	NR	NR	Melosas	E	E	Sulfato Férrico	E	E			
Ferricianuro de Potasio	E	E	Mercurio	B	B	Sulfato Ferroso	E	E			
Ferricianuro de Sodio	E	I	Nafta	E	NR	Sulfito de Sodio	E	E			
Ferrocianuro de Sodio	E	E	Nicotina	I	I	Sulfuro de Bario	E	R			
Ferrocianuro de Potasio	E	E	Nitrato de Aluminio	E	E	Sulfuro de Hidrógeno	E	E			
Flúor (Gas Húmedo)	E	E	Nitrato de Amonio	E	E	Sulfuro de Sodio	E	E			
Fluoruro de Aluminio	E	E	Nitrato de Calcio	E	E	Tetracloruro de Carbono	NR	NR			
Fluoruro de Amonio 25%	NR	NR	Nitrato de Cobre	E	E	Tetracloruro de Titanio	B	NR			
Fluoruro de Cobre	E	E	Nitrato de Magnesio	E	E	Tetra Etilo de Plomo	I	I			
Fluoruro de Potasio	E	E	Nitrato de Niquel	E	E	Tiocianato de Amonio	E	E			
Fluoruro de Sodio	I	I	Nitrato de Potasio	E	E	Tiosulfato de Sodio	E	E			
Formaldehido	R	R	Nitrato de Sodio	E	E	Tolueno	NR	NR			
Fosfato Disódico	E	E	Nitrato de Zinc	E	E	Tricloruro de Fósforo	NR	NR			
Fosfato Trisódico	E	E	Nitrato Férrico	E	E	Trietanol Amina	B	NR			
Fosgeno (Gas)	E	E	Nitrato Mercurioso	B	B	Trietanol Propano	B	NR			
Fosgeno (Líquido)	NR	NR	Nitrobenzeno	NR	NR	Trióxido de Azufre	B	E			
Freón-12	I	I	Nitrito de Sodiop	E	E	Urea	E	E			
Fructosa	E	E	Ocenol	I	I	Vinagre	E	NR			
Frutas (jugos, pulpas)	E	E	Oleum	NR	NR	Vinos	E	E			
Furfural	NR	NR	Oxicloruro de Aluminio	E	E	Whisky	E	E			
Gas Natural	E	E	Oxido Nitroso	E	E	Xileno	NR	NR			

Los datos de esta tabla son referenciales y no deben tomarse como definitivos.

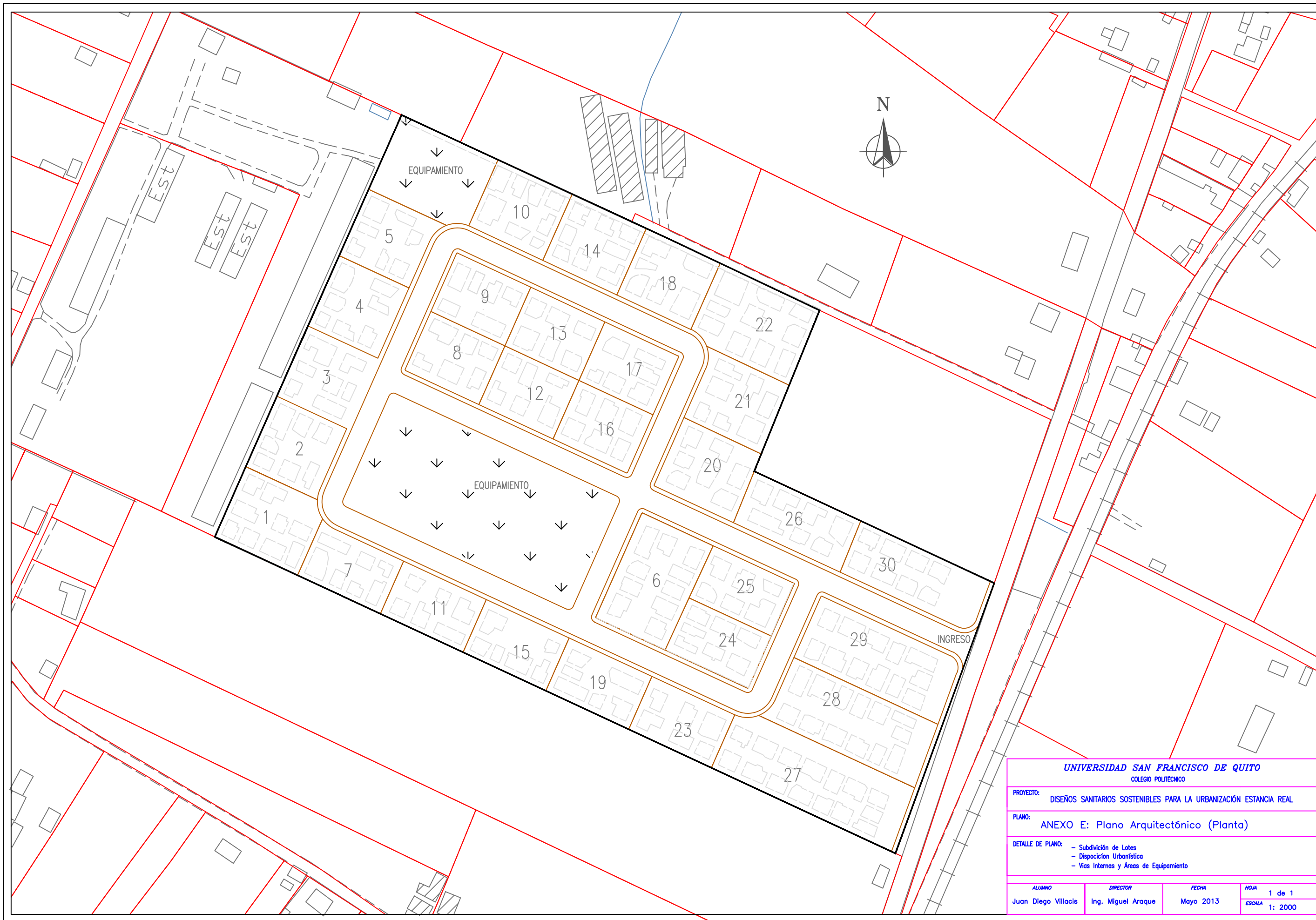
En caso de duda comuníquese con el Departamento de Asistencia Técnica al 04-2805100 u 04-2802020, extensión 401; ó en Quito al 02-3340730, extensión 2371.

ANEXO C: LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		05-sep
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

ANEXO D: LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMESTICO, QUE UNICAMENTE REQUIEREN DE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amónico	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		06-sep
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural ± 0 - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000
Xilenos (totales)		µg/l	10 000
Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	µg/l	5
Diquat		µg/l	70
Glifosato		µg/l	200
Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2



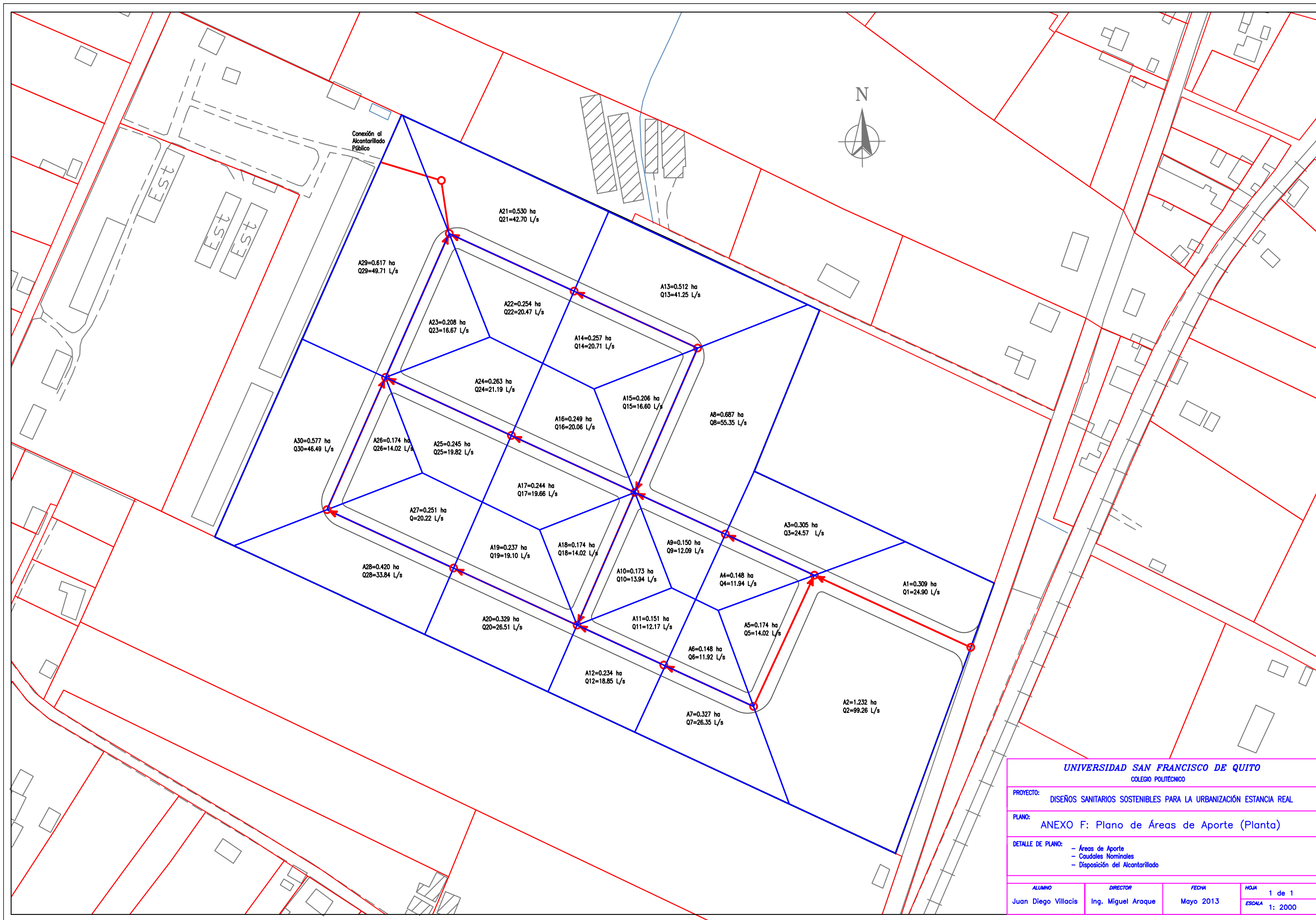
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO POLITÉCNICO

PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

PLANO: ANEXO E: Plano Arquitectónico (Planta)

- DETALLE DE PLANO:
- Subdivisión de Lotes
 - Disposición Urbanística
 - Vías Internas y Áreas de Equipamiento

ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	FOLIO
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA
			1: 2000



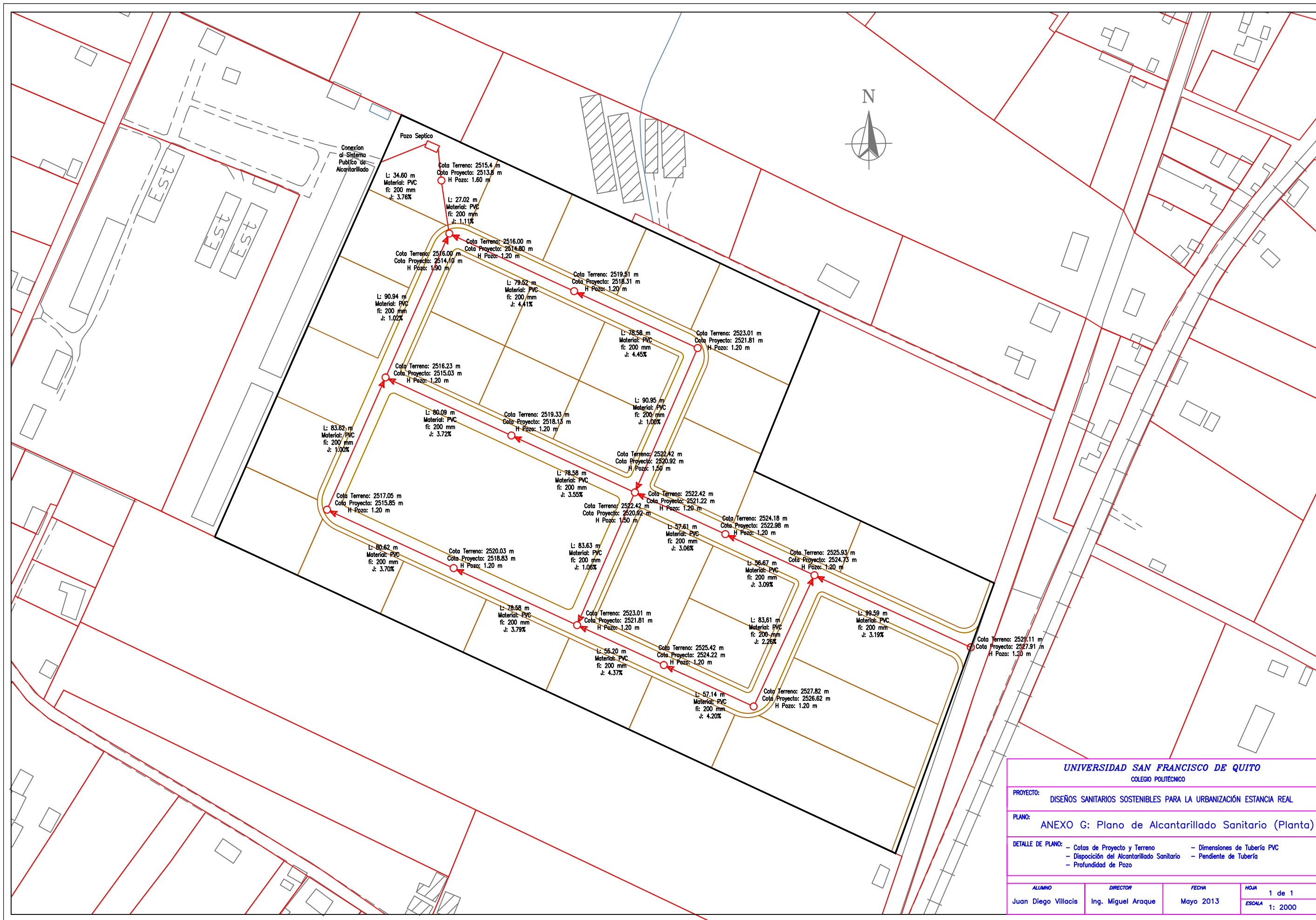
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO POLITÉCNICO

PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

PLANO: ANEXO F: Plano de Áreas de Aporte (Planta)

DETALLE DE PLANO: - Áreas de Aporte
- Caudales Nominales
- Disposición del Alcantarillado

ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA 1: 2000



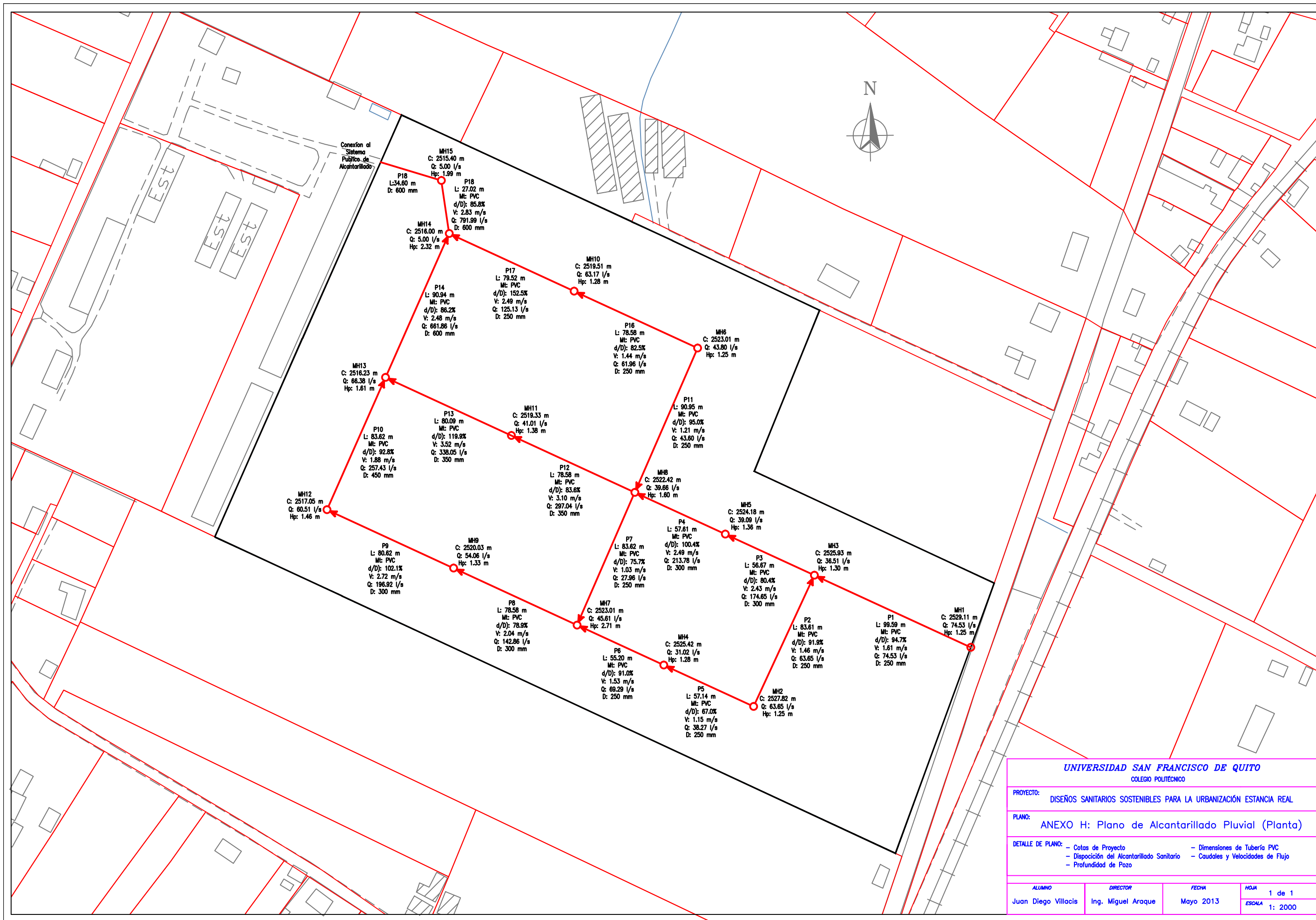
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO POLITÉCNICO

PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

PLANO: ANEXO G: Plano de Alcantarillado Sanitario (Planta)

DETALLE DE PLANO: - Cotas de Proyecto y Terreno - Dimensiones de Tubería PVC
- Disposición del Alcantarillado Sanitario - Pendiente de Tubería
- Profundidad de Pozo

ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA 1: 2000



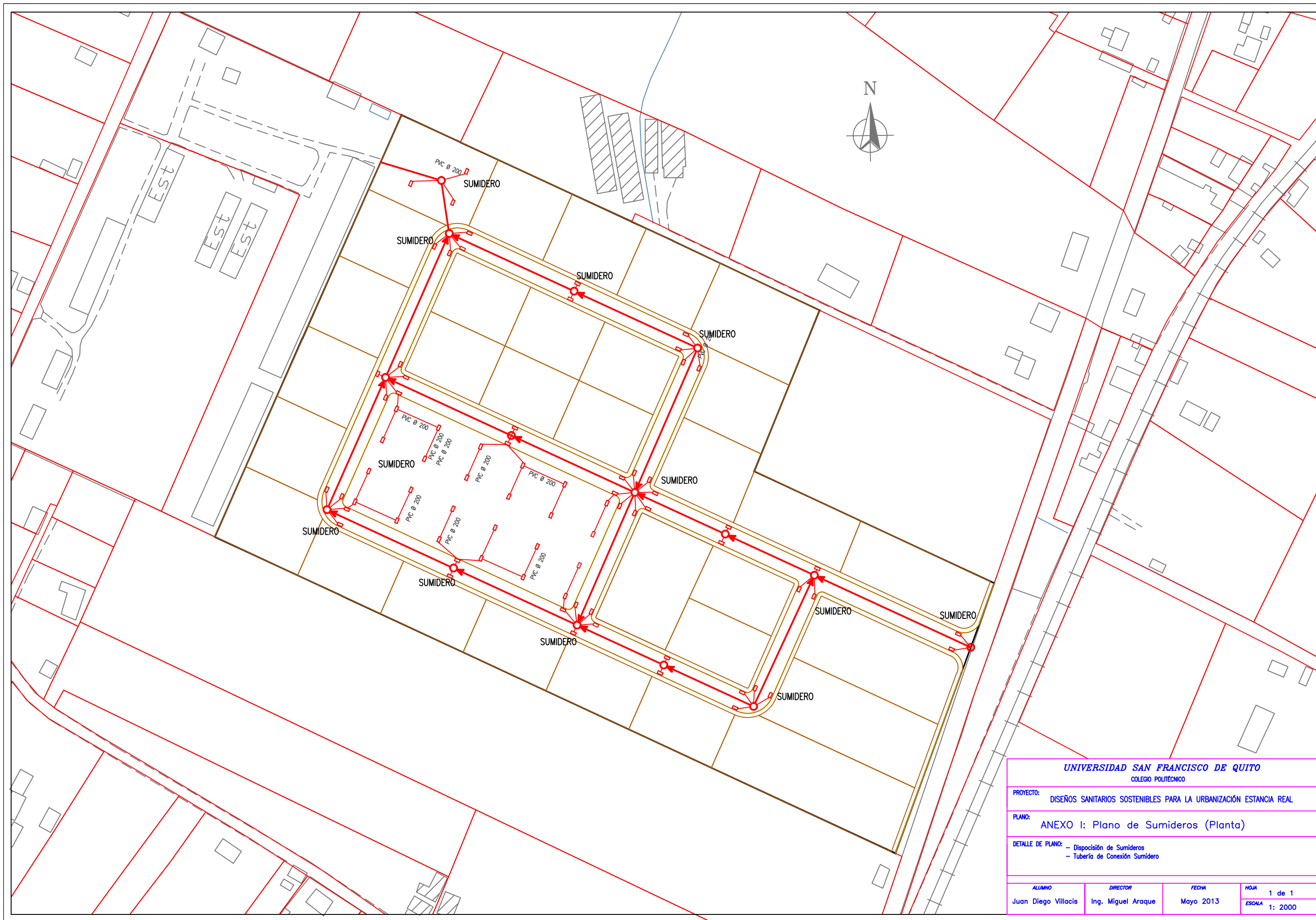
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO POLITÉCNICO

PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

PLANO: ANEXO H: Plano de Alcantarillado Pluvial (Planta)

DETALLE DE PLANO: - Cotas de Proyecto - Dimensiones de Tubería PVC
- Disposición del Alcantarillado Sanitario - Caudales y Velocidades de Flujo
- Profundidad de Pozo

ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA
			1: 2000



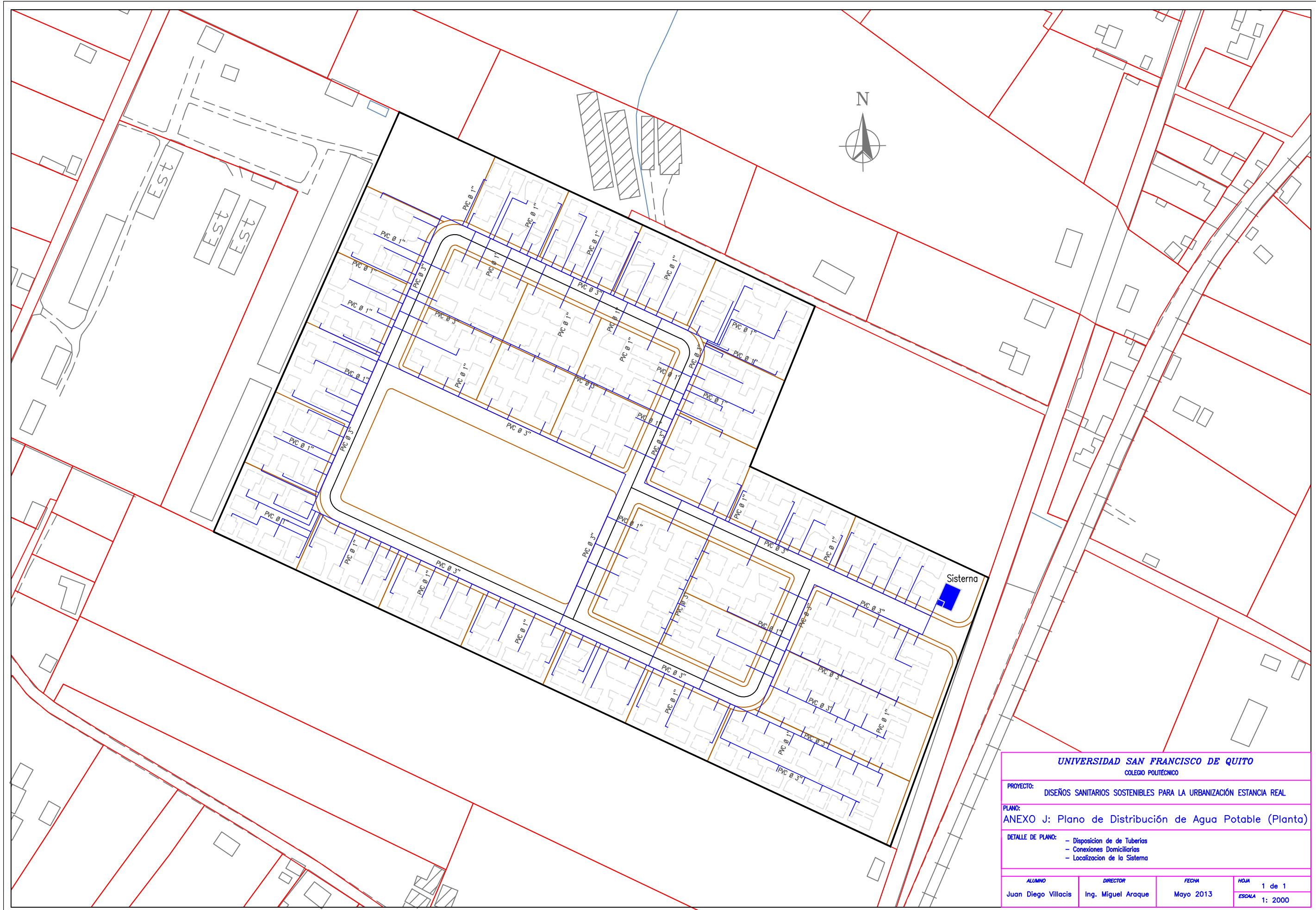
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO POLITÉCNICO

PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

PLANO: ANEXO I: Plano de Sumideros (Planta)

DETALLE DE PLANO: - Disposición de Sumideros
 - Tubería de Conexión Sumidero

ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA
			1: 2000



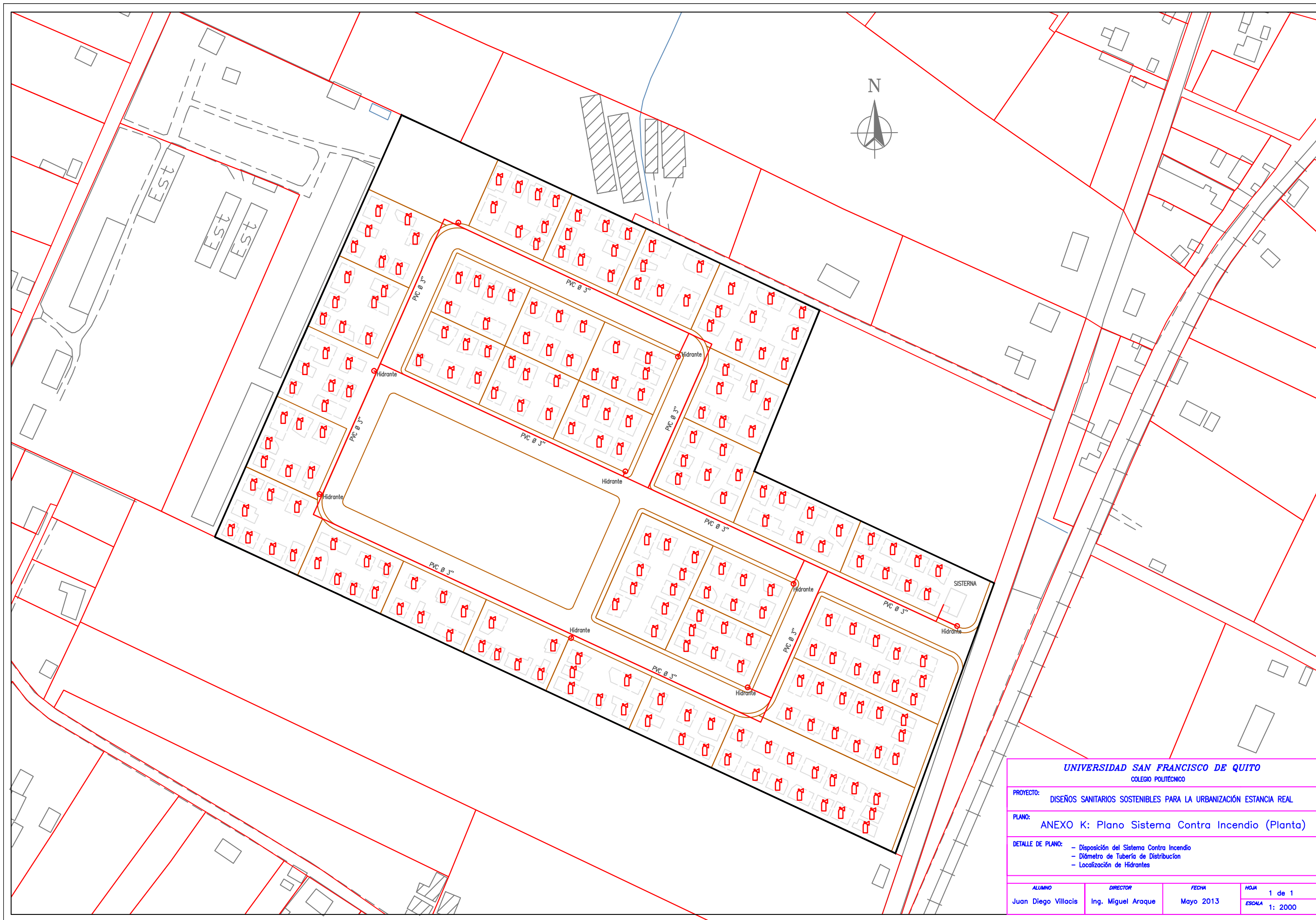
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
 COLEGIO POLITÉCNICO

PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

PLANO: ANEXO J: Plano de Distribución de Agua Potable (Planta)

DETALLE DE PLANO: - Disposición de de Tuberías
 - Conexiones Domiciliarias
 - Localización de la Sistema

ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA
			1: 2000



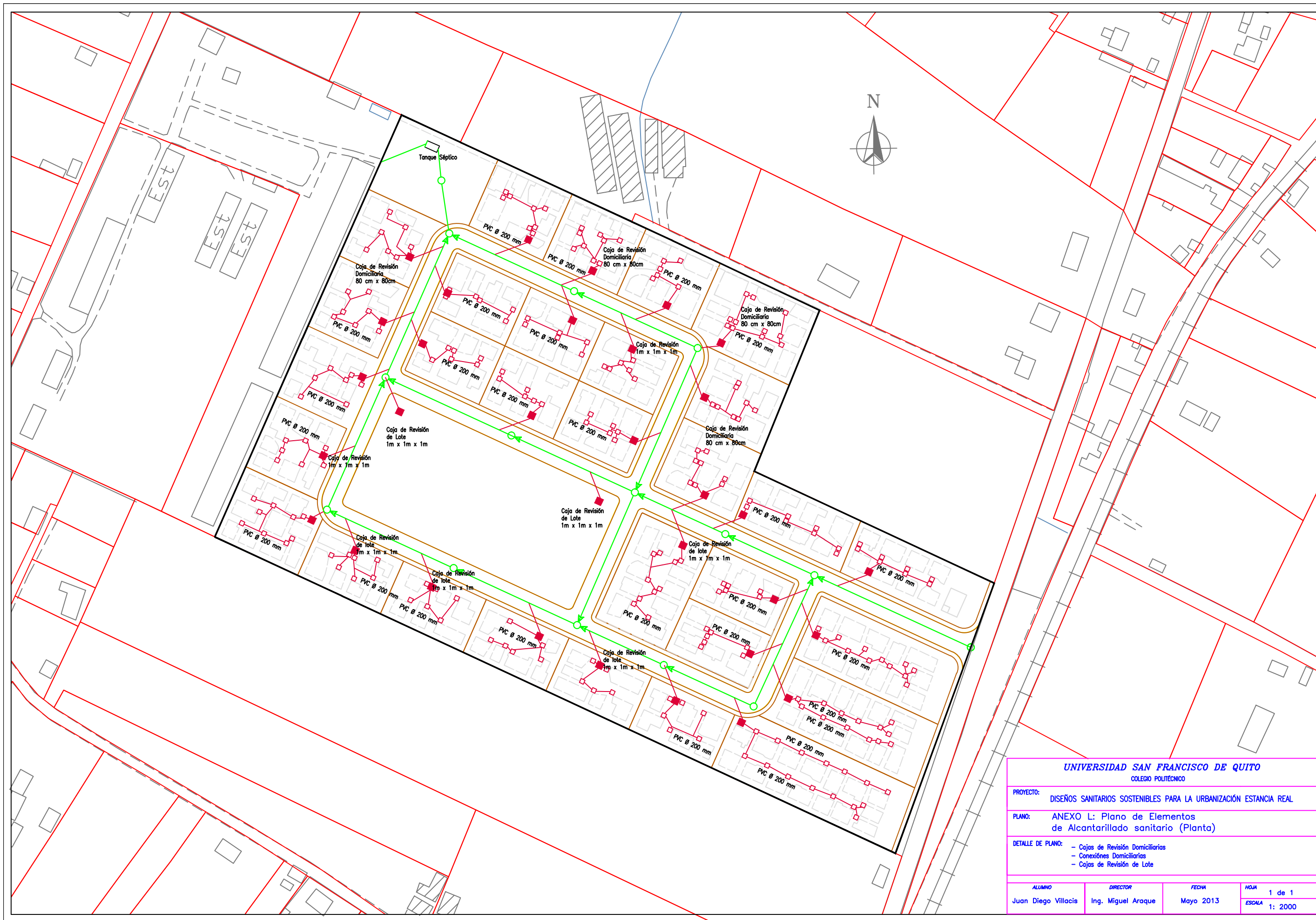
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO POLITÉCNICO

PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

PLANO: ANEXO K: Plano Sistema Contra Incendio (Planta)

- DETALLE DE PLANO:
- Disposición del Sistema Contra Incendio
 - Diámetro de Tubería de Distribución
 - Localización de Hidrantes

ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	FOLIO
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA
			1: 2000



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
 COLEGIO POLITÉCNICO

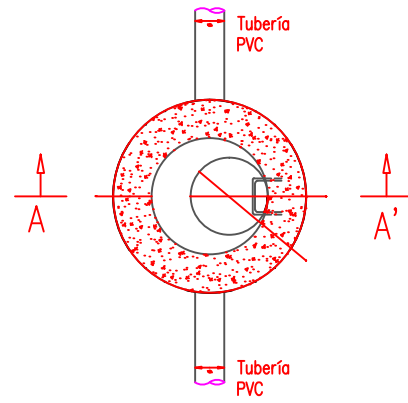
PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

PLANO: ANEXO L: Plano de Elementos de Alcantarillado sanitario (Planta)

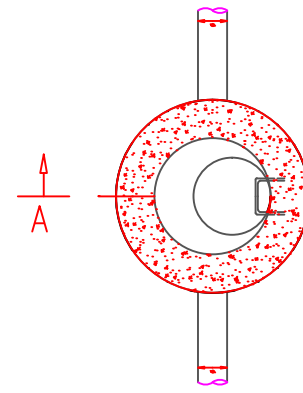
- DETALLE DE PLANO:
- Cajas de Revisión Domiciliarias
 - Conexiones Domiciliarias
 - Cajas de Revisión de Lote

ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villasis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA 1: 2000

POZO DE REVISION TIPO

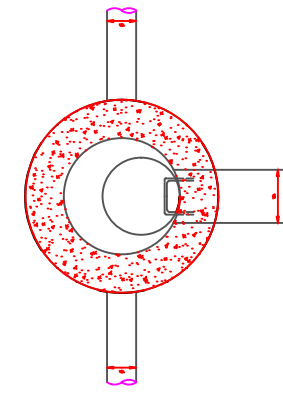


VISTA EN PLANTA

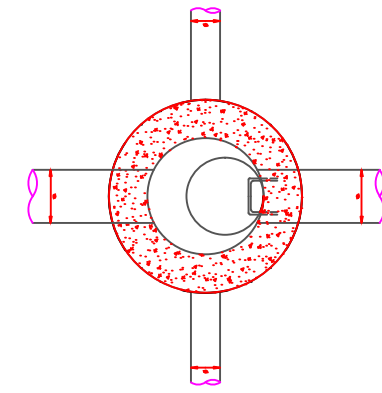


SIMPLE

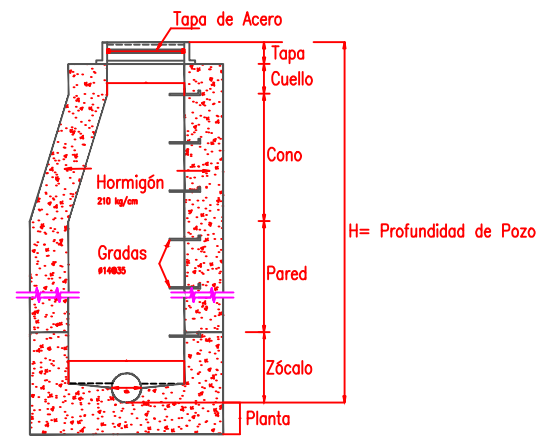
EMPALMES



TIPO T

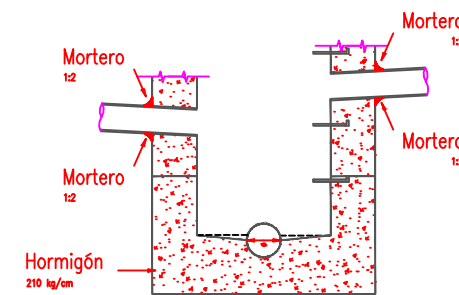


TIPO CRUCE



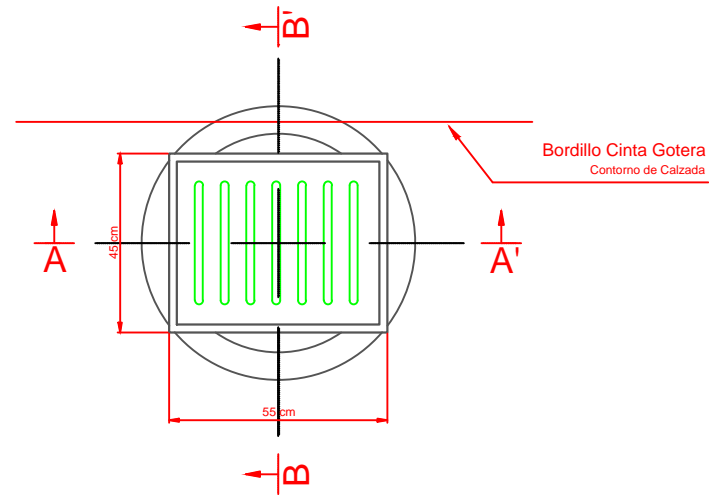
CORTE A - A'

CONEXION DE TUBERIA A POZO DE REVISION

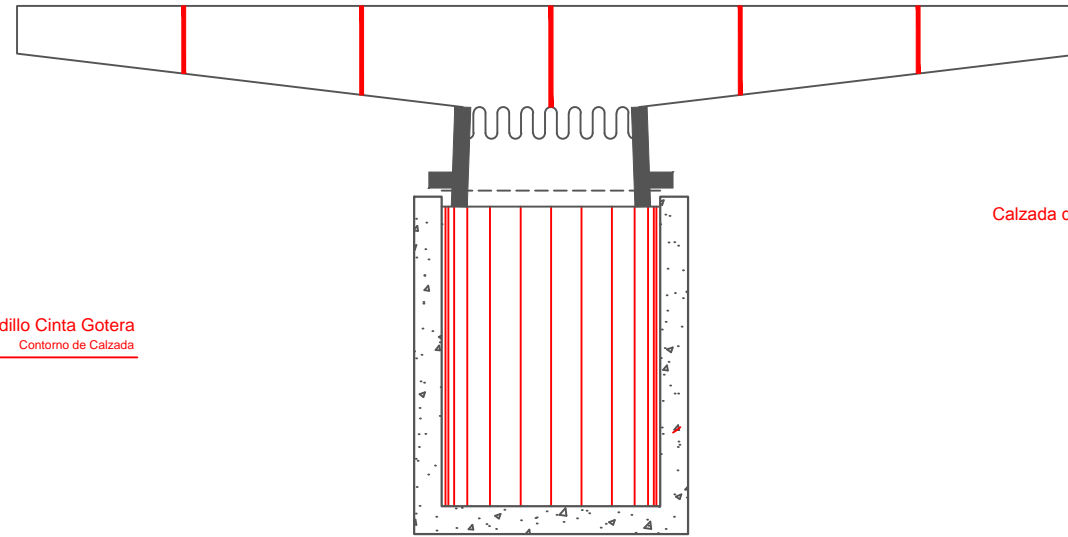


UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO COLEGIO POLITÉCNICO			
PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL			
PLANO: ANEXO M: Detalles de Construcción Pozo de Revisión			
DETALLE DE PLANO: - Pozo de Revisión Tipo - Tipos de Emplame - Vistas en Corte			
ALUMNO Juan Diego Villacis	DIRECTOR Ing. Miguel Araque	FECHA Mayo 2013	HOJA 1 de 1 ESCALA 1: 2000

SUMIDERO

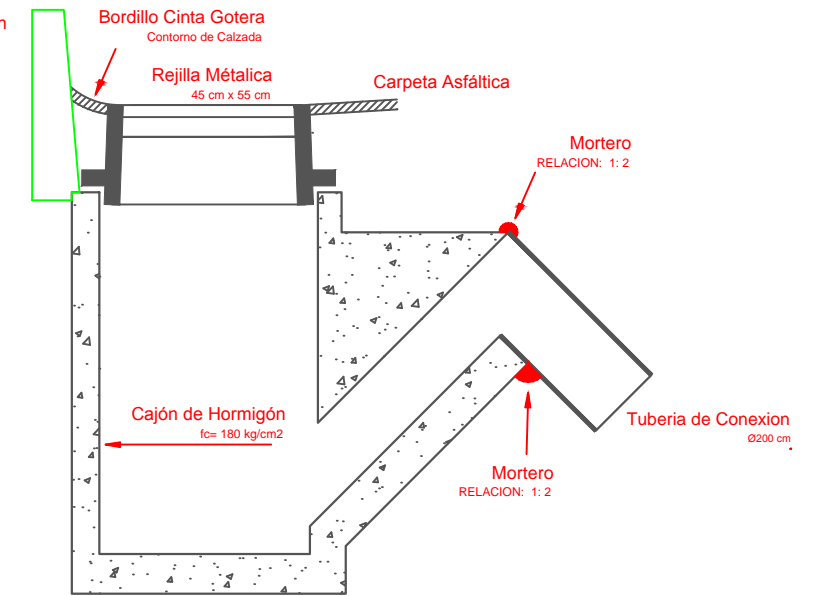


Calzada de Urbanización
2.5 metros



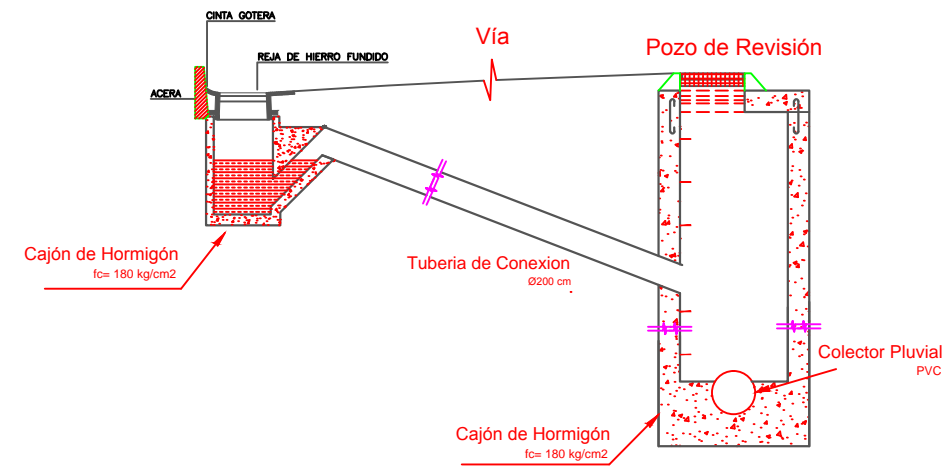
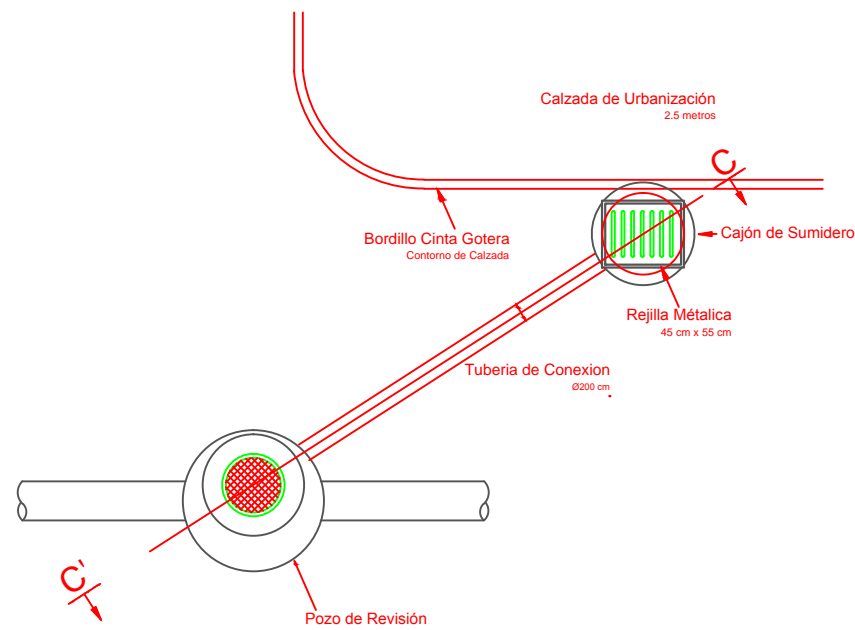
CORTE A - A'

Calzada de Urbanización



CORTE B - B'

CONEXIÓN SUMIDERO POZO



CORTE C - C'

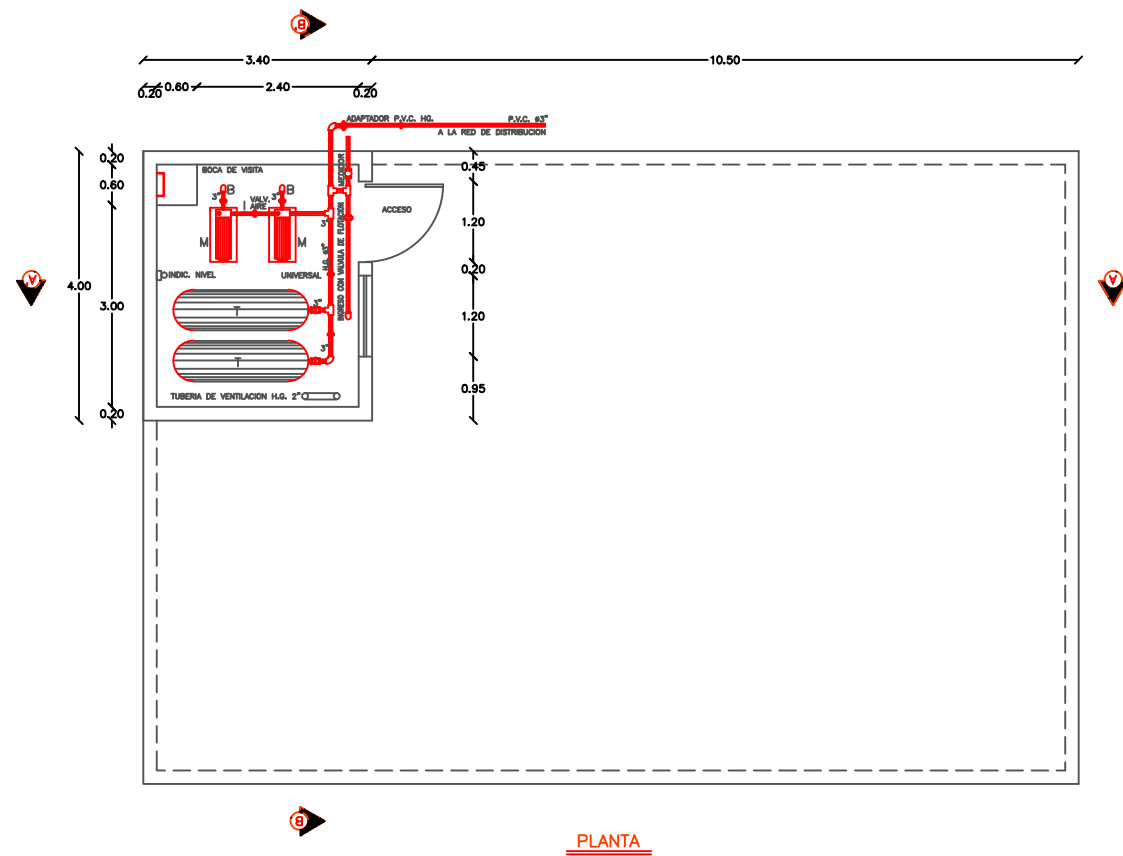
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO POLITÉCNICO

PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL

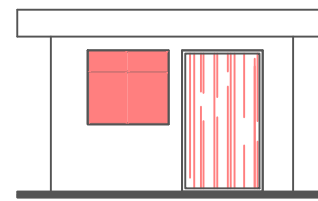
PLANO: ANEXO N: Detalles de Construcción Sumideros

DETALLE DE PLANO: - Sumidero Séptico
- Conexión Sumidero Pozo
- Vistas en Corte

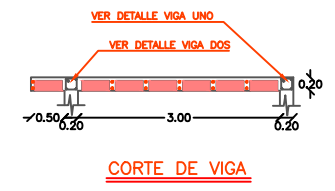
ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA Esquemático



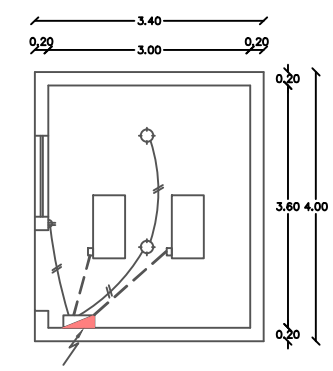
PLANTA



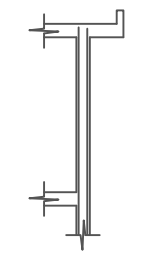
FACHADA PRINCIPAL



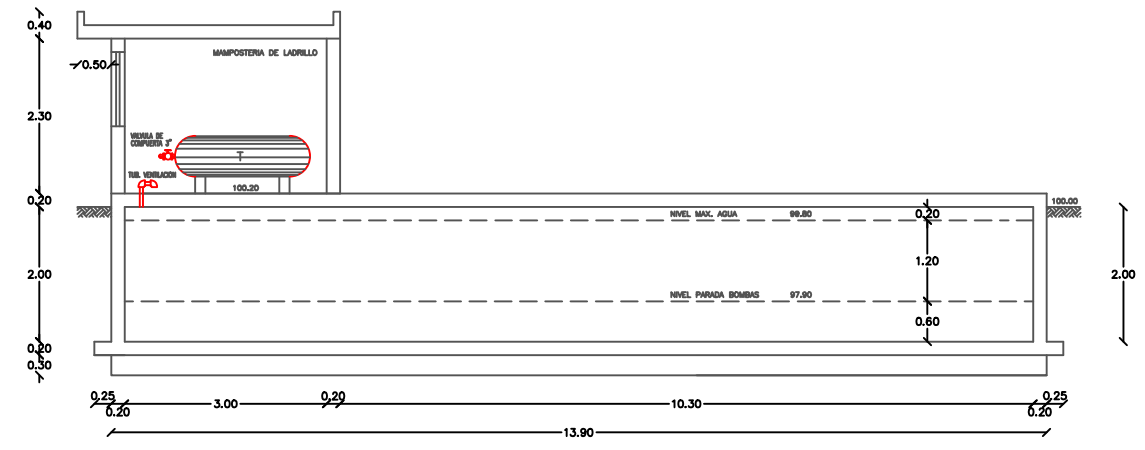
CORTE DE VIGA



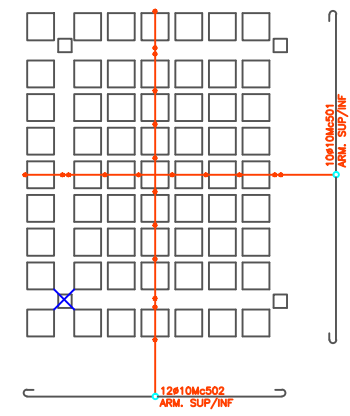
INSTAL. ELECTRICAS



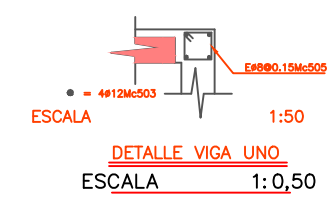
COLUMNA



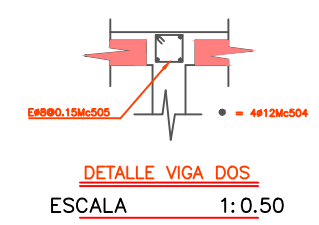
CORTE A-A'



ARMADO LOSA CUBIERTA



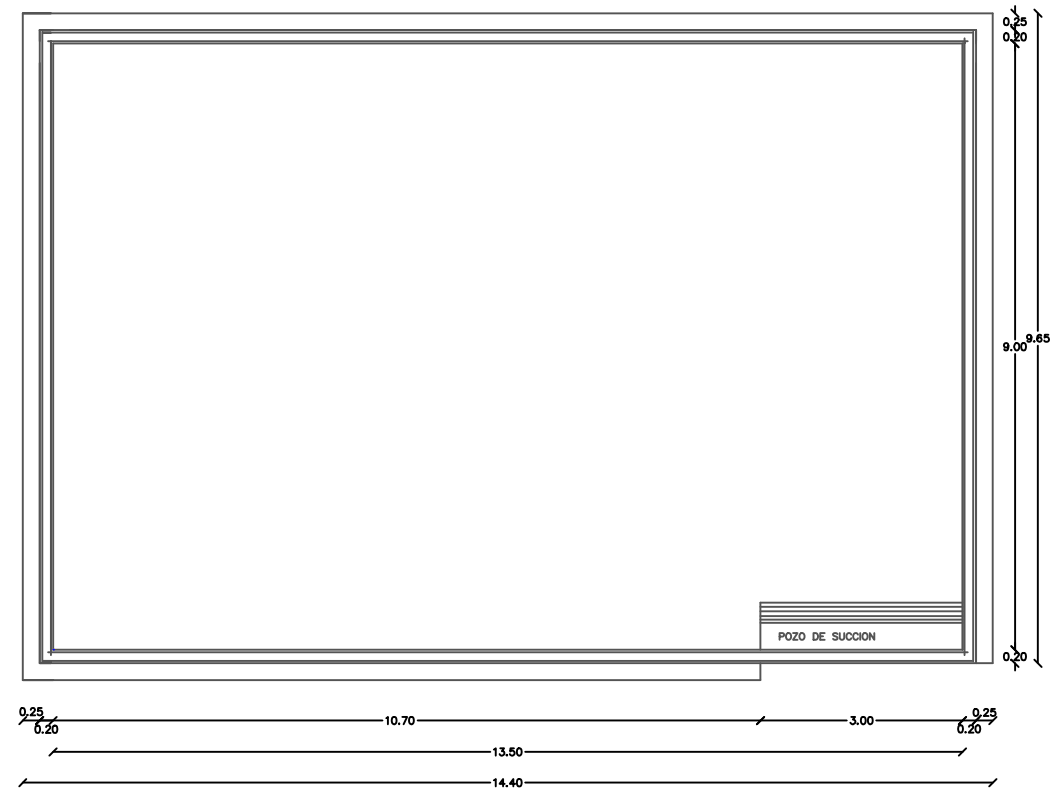
DETALLE VIGA UNO ESCALA 1:0,50



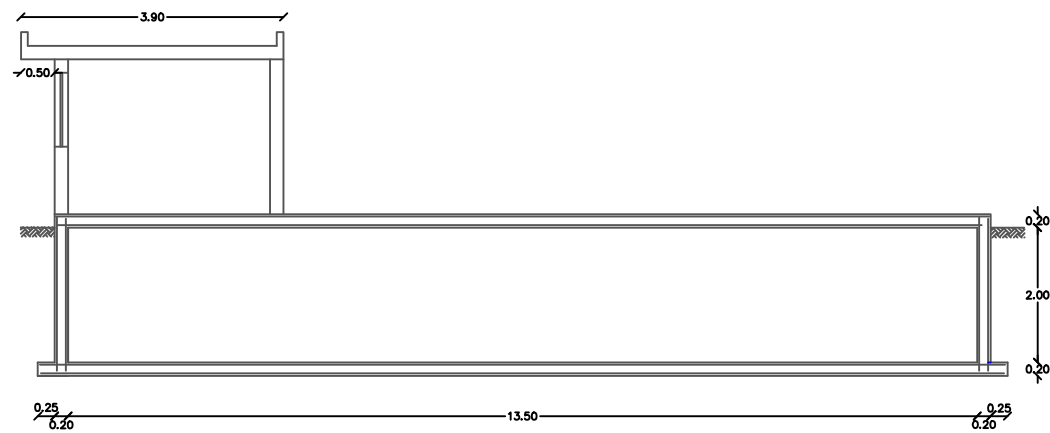
DETALLE VIGA DOS ESCALA 1:0,50

SIMBOLOGIA			
EQUIPO DE PRESION		INST. ELECTRICAS	
T	TANQUE HIDRONEUMATICO V=600 litros	⚡	ACOMETIDA
M	MOTOR ELECTRICO	⏏	TABLERO DE CONTROL
B	BOMBA EJE HORIZONTAL $\frac{D}{2} = 125, \frac{1}{4}$ $\frac{D}{2} = 100$	⦿	FOCO
I	INTERRUPTOR DE PRESION	⏏	TOMA CORRIENTE
⊙	MEDIDOR E.M.A.P.D.	— — — —	ALAMBRE DE ACERO #10
====	TUBERIA H.G. REFORZADA	— — — —	TUBO DE PVC 3"
⊞	VALVULA DE COMPUERTA		

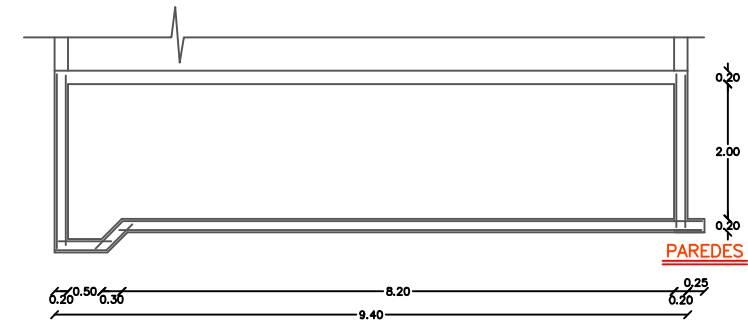
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO COLEGIO POLITÉCNICO			
PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL			
PLANO: ANEXO O: Cisterna de Almacenamiento de Agua Potable			
DETALLE DE PLANO: <ul style="list-style-type: none"> - Tanque Cisterna - Elementos de Construcción - Vistas en Corte 			
ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HGM 1 de 2
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	ESCALA Esquemático



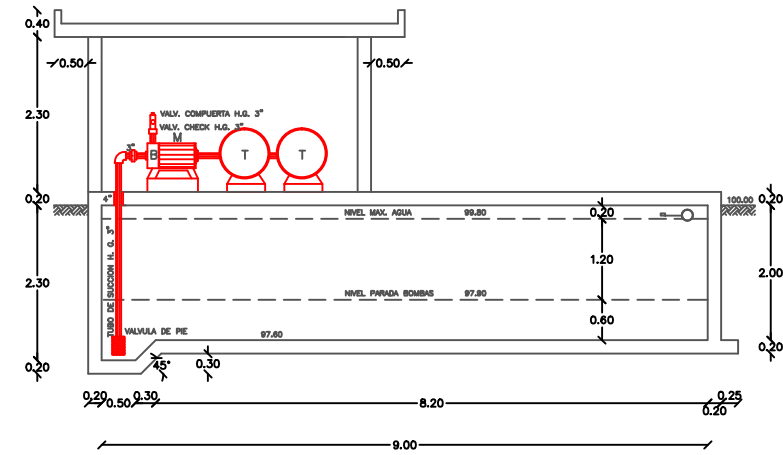
PLANTA - PAREDES



LOSA DE FONDO Y ENTREPISO



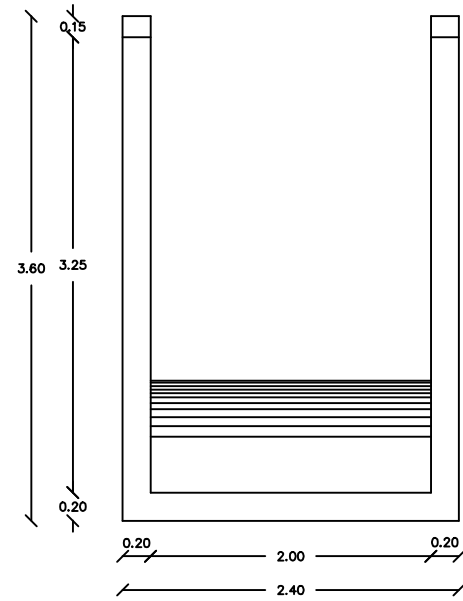
PAREDES



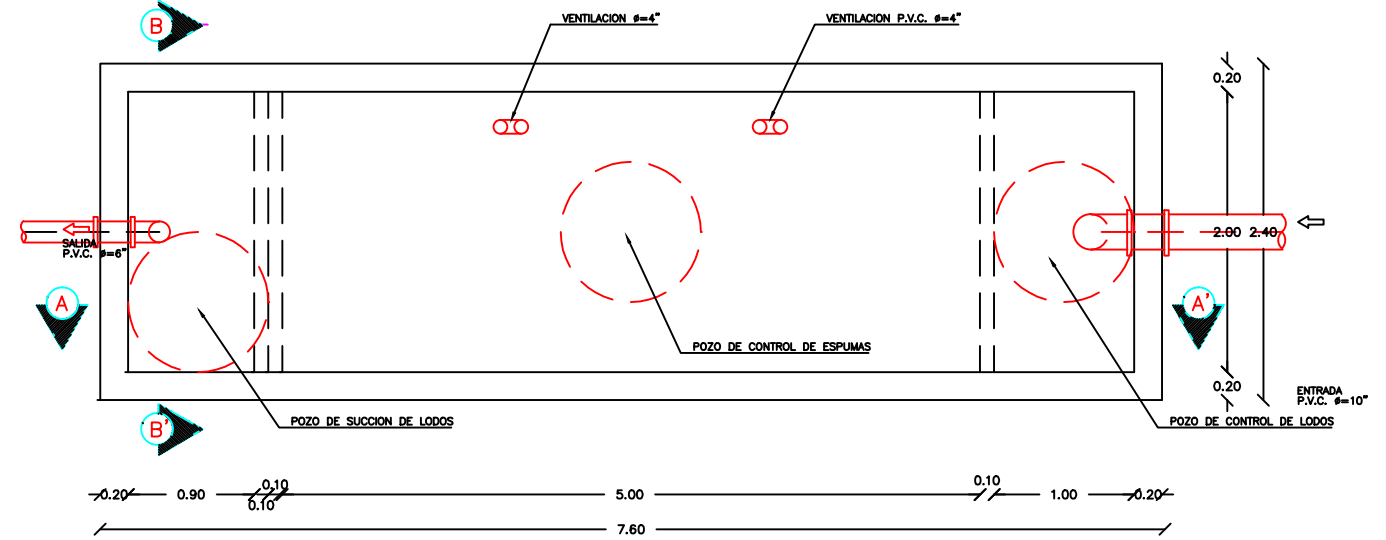
CORTE B-B'

SIMBOLOGIA			
EQUIPO DE PRESION		INST. ELECTRICAS	
T	TANQUE HIDRONEUMATICO V=480 litros	—	ACOMETIDA
M	MOTOR ELECTRICO	—	TABLERO DE CONTROL
B	BOMBA EJE HORIZONTAL $Q = 12.5 \text{ m}^3/\text{h}$ $P = 10 \text{ mca}$	—	FOCO
I	INTERRUPTOR DE PRESION	—	TOMA CORRIENTE
⊙	MEDIDOR E.M.A.P.O.	—	ALAMBRE DE ACERO #10
—	TUBERIA H.G. REFORZADA	—	TUBO DE PVC 3"
⊠	VALVULA DE COMPUERTA		

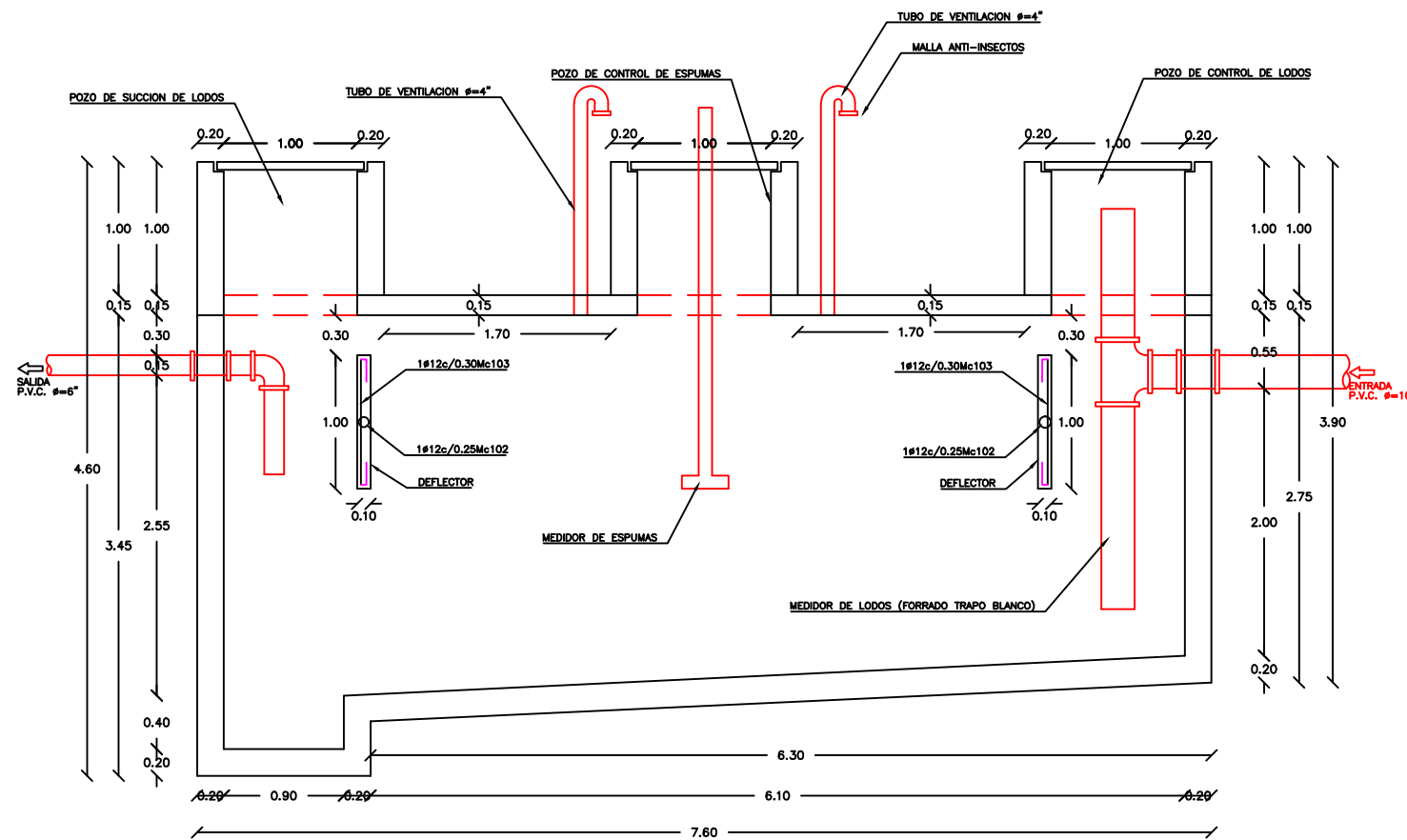
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO COLEGIO POLITÉCNICO			
PROYECTO: DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL			
PLANO: ANEXO O: Cisterna de Almacenamiento de Agua Potable			
DETALLE DE PLANO: <ul style="list-style-type: none"> - Tanque Cisterna - Elementos de Construcción - Vistas en Corte 			
ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	2 de 2
			ESCALA
			Esquemática



CORTE B - B'



VISTA EN PLANTA



CORTE A - A'

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- LA PLATAFORMA SOBRE LA CUAL SE ASENTARA EL TANQUE SERA COMPACTADA AL 100%
- DIRECTAMENTE SOBRE LA PLATAFORMA DEBIDAMENTE CONFORMADA SE COLOCARA UN EMPEDRADO DE 20 cm. DE ESPESOR SOBRE EL CUAL SE FUNDIRA HORMIGON SIMPLE $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$. HASTA CONSEGUIR UNA SUPERFICIE LISA O REPLANTILLO SOBRE EL CUAL SE CONSTRUIRA EL TANQUE.
- HORMIGON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- HORMIGON $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$. (REPLANTILLO).
- LIMITE DE FLUENCIA DEL HIERRO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- VOLUMEN DE HORMIGON DE REPLANTILLO = 1.32 m³.
- VOLUMEN DE HORMIGON = 16.00 m³.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO COLEGIO POLITÉCNICO			
PROYECTO:	DISEÑOS SANITARIOS SOSTENIBLES PARA LA URBANIZACIÓN ESTANCIA REAL		
PLANO:	ANEXO P: Planta de Tratamiento: Tanque Séptico		
DETALLE DE PLANO:	- Tanque Séptico - Elementos de Construcción - Vistas en Corte		
ALUMNO	DIRECTOR	FECHA	HOJA
Juan Diego Villacis	Ing. Miguel Araque	Mayo 2013	1 de 1
			ESCALA
			Esquemático