

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“INGENIERÍA DE SISTEMAS HIDROSANITARIOS DESCENTRALIZADOS Y SOSTENIBLES, CASO DE ESTUDIO PUERTO ROMA –PROVINCIA DEL GUAYAS”

Trabajo de
titulación, previo a
la obtención del
título de Ingeniera
Civil.

AUTORAS:

VICTORIA REGINA GUTIERREZ CHICAIZA.

C.I.: 0105243323

ÁNGELA ROCIO VÁSQUEZ BRAVO

C.I.: 0106991482

DIRECTOR:

ING. ANDRÉS OMAR ALVARADO MARTÍNEZ, Ph.D.

C.I.:0102246477

CUENCA – ECUADOR

2017.



Resumen.

El concurso CIU, organizado en la conferencia Hábitat III por la ONU, propuso diseñar soluciones de habitabilidad sostenible para la población de Puerto Roma, asentamiento ubicado en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. De ahí resulta la propuesta de implementar un sistema descentralizado de saneamiento, cuyas soluciones de saneamiento integral permitan la sostenibilidad económica, ambiental y energética.

El análisis de las particularidades de la población es imprescindible para decidir qué tecnologías se adaptan a sus necesidades reales. Por lo tanto, luego de realizar entrevistas a los habitantes, y un análisis socioeconómico y técnico, se plantean distintas alternativas para tecnologías de abastecimiento de agua, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Como resultado, se eligen como soluciones al abastecimiento de agua, la implementación de un punto comunitario abastecido por un tanquero fluvial, para cubrir el consumo exclusivo de agua potable para necesidades vitales; además una red de distribución abastecida desde el Río Guayas, para solventar actividades relacionadas con aseo. En cuanto al Sistema de Saneamiento, la propuesta es implementar una red de alcantarillado sanitario de aguas sedimentadas con tanques sépticos. Posteriormente, para devolver un efluente que cumpla parámetros de calidad, se plantea un reactor anaerobio de flujo ascendente y un humedal artificial como tratamientos primario y secundario respectivamente. Finalmente, la propuesta de saneamiento integral incorpora un manual para manejo de desechos sólidos.

La propuesta de infraestructura incluye ingeniería a detalle, volúmenes de obra, planos constructivos y criterios técnicos. Además incluye el detalle técnico y socioeconómico suficiente para permitir que esta metodología pueda ser aplicable en asentamientos similares en Ecuador y América Latina.

Palabras Clave: Ingeniería Sanitaria, Encuesta socioeconómica, Análisis socioeconómico, diseño, Abastecimiento de Agua Potable, Alcantarillado, Tratamiento de Aguas Residuales.



Abstract

The CIU competition, organized by the UN in Habitat III conference, consisted to design a sustainable solution for the population of Puerto Roma, a rural settlement located in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. Therefore, this thesis focuses to create a full proposal to implement a decentralized drinking water and wastewater infrastructure.

Each population has its own weakness and strengths; therefore, it is essential to study which technologies are best suitable to their real needs. In this regard, interviews were conducted with the habitants of Puerto Roma, looking for stablish design alternatives.

The proposed solutions are: a community source point which supplies water previously transported from Guayaquil by a cistern water ship is proposed for exclusive drinking water consumption. The use of water from the Guayas river is also proposed and it will be distributed to each user by a network. This water will be used exclusively in cleaning activities. For the wastewater, four septic tanks will be located inside the network to settle the suspended. A wastewater treatment station is also proposed for the pre-settled effluents. A UASB reactor and an artificial wetland is proposed to reach the Ecuadorian standards for final effluent disposal. The sanitation plan also incorporates a user manual for solid waste management.

The proposal includes detailed engineering calculations, blueprints, constructive quantities and technical criteria. Finally, it also includes a technical and socio-economic discussion in order to allow this methodology to be applied in similar settlements in Ecuador and Latin America.

Keywords: Sanitary Engineering, Socio-Economic interviews, Socio-Economic discussion, design, Water supply, Sewage system, Wastewater treatment.



CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| Resumen..... | 1 |
| Abstract | 2 |
| Cláusulas de Responsabilidad | 9 |
| Dedicatoria | 13 |
| Agradecimientos | 15 |
| Capítulo1. Introducción..... | 17 |
| 1.1. Introducción. | 17 |
| 1.1.1. Antecedentes. | 18 |
| 1.1.2. Justificación. | 18 |
| 1.2. Objetivos | 19 |
| 1.2.1. Objetivo General | 19 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 19 |
| 1.3. Descripción General | 19 |
| Capítulo 2. Revisión de la Literatura | 21 |
| 2.1 Agua y Saneamiento en el Ecuador..... | 21 |
| 2.1.1. Introducción..... | 21 |
| 2.1.2. Cobertura de Agua y Saneamiento. | 21 |
| 2.1.3. Entes gubernamentales y marco legal. | 23 |
| 2.2. Sistemas descentralizados. | 23 |
| 2.2.1. Ventajas de los Sistemas Descentralizados..... | 23 |
| 2.2.2. Tecnologías en Sistemas de Agua Potable | 24 |
| 2.2.3. Tecnologías en Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales | 26 |
| Capítulo 3. Metodologías. | 30 |
| 3.1. Características Sociales y demográficas..... | 30 |
| 3.1.1. Localización | 30 |
| 3.1.2. Clima..... | 31 |
| 3.1.3. Riesgos..... | 35 |
| 3.1.4. Accesibilidad y Transporte | 36 |
| 3.1.5. Actividad Socioeconómica..... | 37 |
| 3.1.6. Servicios Públicos y equipamiento de la localidad..... | 39 |
| 3.2. Evaluación de Servicios e Infraestructura de Agua potable y Saneamiento..... | 42 |



| | | |
|-------------|---|-----|
| 3.2.1. | Encuesta socioeconómica, sanitaria y de suministro de agua potable..... | 42 |
| 3.2.2. | Evaluación de infraestructura existente | 44 |
| 3.2.3. | Análisis de Alternativas | 46 |
| Capítulo 4. | Diseño | 50 |
| 4.1. | Encuesta socioeconómica | 50 |
| 4.2. | Análisis socioeconómico | 51 |
| 4.2.1. | Etapas de reconocimiento del proyecto..... | 51 |
| 4.2.2. | Etapas de pre factibilidad | 54 |
| 4.2.3. | Etapas de factibilidad..... | 58 |
| 4.2.4. | Etapas de diseño | 61 |
| 4.3. | Bases de Diseño..... | 61 |
| 4.3.1. | Área de Cobertura | 61 |
| 4.3.2. | Período de Diseño | 61 |
| 4.3.3. | Población de Diseño | 62 |
| 4.3.4. | Niveles de Servicio..... | 62 |
| 4.3.5. | Dotación | 62 |
| 4.4. | Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable | 63 |
| 4.4.1. | Sistema de Abastecimiento por tanquero. | 63 |
| 4.4.2. | Sistema de Abastecimiento a gravedad con tratamiento previo..... | 75 |
| 4.5. | Diseño del Sistema de Saneamiento | 97 |
| 4.5.1. | Alcantarillado Sanitario | 97 |
| 4.5.2. | Diseño del Sistema de aguas Residuales..... | 104 |
| 4.5.3. | Diseño del Manual básico de manejo de residuos sólidos | 115 |
| Capítulo 5. | Volúmenes de Obra | 120 |
| 5.1 | Volúmenes del Sistema de Agua | 120 |
| 5.2 | Volúmenes del Sistema de Alcantarillado..... | 123 |
| 5.3 | Volúmenes Planta de Tratamiento de Aguas Residuales..... | 124 |
| Capítulo 6. | Conclusiones y Recomendaciones | 126 |
| | Bibliografía y Referencias..... | 128 |
| | Anexos..... | 131 |



Índice de Figuras.

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Proceso de destilación Solar..... | 25 |
| Figura 2. Filtro Lento para tratamiento de agua potable..... | 26 |
| Figura 3. Tanque sedimentador primario. | 27 |
| Figura 4. Medidas constructivas de Tanques sépticos..... | 27 |
| Figura 5. Reactor UASB..... | 28 |
| Figura 6. Estructura de los Humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial. | 29 |
| Figura 7. Ubicación de Puerto Roma. | 30 |
| Figura 8. Mapa de Asentamientos Humanos en el Golfo de Guayaquil. | 31 |
| Figura 9: Mapa de Isotermas Año 2012. | 32 |
| Figura 10. Precipitaciones medias mensuales. Estación M0228..... | 34 |
| Figura 11. Mapa de Isoyetas año 2012. | 34 |
| Figura 12. Mapa de Amenazas para el Cantón Guayaquil..... | 35 |
| Figura 13. Mapa de Riesgos de Inundaciones del Golfo de Guayaquil | 36 |
| Figura 14. Puerto construido en palafitos. | 37 |
| Figura 15. Puerto de Hormigón construido por la Municipalidad de Guayaquil. | 37 |
| Figura 16. Actividad de recolección de crustáceos en Puerto Roma. | 38 |
| Figura 17. Unidad de Policía comunitaria Puerto Roma. | 39 |
| Figura 18. Escuela de la Armada Nacional, Puerto Roma. | 40 |
| Figura 19. Calles fangosas de Puerto Roma. | 41 |
| Figura 20. Área recreativa en suelos secos. | 41 |
| Figura 21. Paneles Solares en las viviendas de Puerto Roma..... | 42 |
| Figura 22. Descripción del Sistema de Saneamiento Integral..... | 60 |
| Figura 23. Propuesta de disposición urbanística de Puerto Roma..... | 61 |
| Figura 24. Curva de Variación Horaria, tanque de almacenamiento 1. | 72 |
| Figura 25. Curvas de Consumo, tanque de reserva 1..... | 73 |
| Figura 26. Equipo utilizado en toma de muestras del Río Guayas..... | 81 |
| Figura 27. Curva de Variación Horaria, tanque de reserva 2. | 88 |
| Figura 28. Curva de Consumo, alternativa1/Tanque de reserva 2..... | 90 |
| Figura 29. Curva de Consumo, alternativa 2/Tanque de reserva 2..... | 91 |
| Figura 29: Sección de Tubería Semillena..... | 101 |
| Figura 31: Separador GSL | 112 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Evolución de Cobertura de Agua y Saneamiento en Ecuador. | 22 |
| Tabla 2. Sistemas de Agua y Saneamiento en Ecuador y la provincia del Guayas..... | 22 |
| Tabla 3. Descripción de ocupaciones en Puerto Roma..... | 38 |
| Tabla 4. Procedencia de Agua para tomar..... | 45 |
| Tabla 5. Servicio sanitario dentro del hogar. | 45 |
| Tabla 6. Alternativas de eliminación de la basura. | 45 |
| Tabla 7. Frecuencia de visita del Tanquero..... | 51 |
| Tabla 8. Gastos mensuales de la población | 52 |
| Tabla 9. Densidad habitacional de Puerto Roma. | 52 |



| | |
|---|----|
| Tabla 10. Actividades económicas en Puerto Roma. | 52 |
| Tabla 11. Gasto mensual por servicio de agua..... | 52 |
| Tabla 12. Gasto mensual en agua embotellada. | 52 |
| Tabla 13. Sistema de eliminación de excretas actual en Puerto Roma. | 53 |
| Tabla 14. Enfermedades en Puerto Roma..... | 53 |
| Tabla 15. Enfermedades más recurrentes. | 53 |
| Tabla 16. Eliminación de desechos sólidos actual..... | 54 |
| Tabla 17. Análisis de pre factibilidad para las alternativas de Sistema de Abastecimiento. | 56 |
| Tabla 18. Análisis pre factibilidad para alternativas del Sistema de Alcantarillado..... | 57 |
| Tabla 19. Análisis Pre factibilidad de alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales. | 58 |
| Tabla 20. Ingresos promedio mensuales de las familias en Puerto Roma..... | 58 |
| Tabla 21. Nivel de aceptación de sistemas de agua y saneamiento actuales en Puerto Roma.. | 59 |
| Tabla 22. Aceptación de costo de servicios de Saneamiento. | 59 |
| Tabla 23. Dotaciones de diseño para el sistema de abastecimiento de agua escogido. | 62 |
| Tabla 24. Descripción 1er Sistema de abastecimiento de agua..... | 63 |
| Tabla 25. Características de la estación de Bombeo 1..... | 66 |
| Tabla 26. Pérdidas por fricción, línea de impulsión 1. | 67 |
| Tabla 27. Pérdidas por accesorios, línea de impulsión 1. | 67 |
| Tabla 28. Pérdidas por fricción, línea de succión 1. | 68 |
| Tabla 29. Pérdidas por accesorios, línea de succión 1. | 68 |
| Tabla 30. Cálculo potencia Sistema de bombeo 1. | 69 |
| Tabla 31. Características comerciales bombeo 1..... | 69 |
| Tabla 32. Régimen de alimentación, sistema de bombeo 1. | 72 |
| Tabla 33. Cálculo volumen de regulación, tanque de reserva 1. | 73 |
| Tabla 34. Diseño geométrico, tanque almacenamiento 1..... | 73 |
| Tabla 35. Descripción Sistema de Abastecimiento de agua 2..... | 76 |
| Tabla 36. Horas de bombeo, sistema de abastecimiento de agua 2. | 77 |
| Tabla 37. Dimensionamiento teórico línea impulsión 2. | 78 |
| Tabla 38. Pérdidas por fricción, línea de impulsión 2. | 78 |
| Tabla 39. Pérdidas por accesorios, línea de impulsión 2. | 78 |
| Tabla 40. Pérdidas por fricción, línea de succión 2..... | 79 |
| Tabla 41. Pérdidas por accesorios, línea de succión 2. | 79 |
| Tabla 42. Potencia Sistema de bombeo 2..... | 79 |
| Tabla 43. Características comerciales bombeo 2..... | 80 |
| Tabla 44. Resultados de parámetros de calidad según el TULSMA. | 82 |
| Tabla 45. Resultados de parámetros físicos tras sedimentación. Prueba de Jarras. | 83 |
| Tabla 46. Parámetros de diseño para Sedimentador según CEPIS..... | 84 |
| Tabla 47: Dimensiones de diseño del Sedimentador..... | 85 |
| Tabla 48: Diseño hidráulico del sedimentador. | 86 |
| Tabla 49. Parámetros de diseño y resultados de Sistema de Bombeo 3. | 87 |
| Tabla 50. Características comerciales bombeo 3..... | 87 |
| Tabla 51. Verificación cavitación, sistema de bombeo 3. | 87 |
| Tabla 52. Alternativas de turnos de bombeo, para el sistema de bombeo 2..... | 88 |



| | |
|---|-----|
| Tabla 53. Cálculo volumen del tanque de reserva 2. | 92 |
| Tabla 54. Diseño Geométrico tanque de reserva 2..... | 92 |
| Tabla 55. Parámetros de diseño para Red de distribución | 93 |
| Tabla 56. Resultados de Presiones en los nodos de distribución. | 95 |
| Tabla 57. Resultados hidráulicos en tramos de Red de distribución | 96 |
| Tabla 58. Longitud total requerida en Red de distribución. | 97 |
| Tabla 59: Valores recomendados para TRH en el Tratamiento de Aguas Residuales..... | 108 |
| Tabla 60: Valores Referenciales del Agua Residual..... | 114 |
| Tabla 61: Volúmenes de Obra para el Sistema de Abastecimiento de Agua | 123 |
| Tabla 62. Volúmenes de Obra para el Sistema de Alcantarillado | 123 |
| Tabla 63. Volúmenes de obra para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales..... | 125 |
| Tabla 2: Diseño de Pozo Séptico (Sedimentador 02) para la Comunidad de Puerto Roma..... | 163 |
| Tabla 3: Tabla 4: Diseño de Pozo Séptico (Sedimentador 03) para la Comunidad de Puerto Roma | 164 |
| Tabla 4: Tabla 5: Diseño de Pozo Séptico (Sedimentador 04) para la Comunidad de Puerto Roma | 165 |
| Tabla 6: Cálculo de los Valores de Diseño para Reactor UASB en la Comunidad de Puerto Roma | 166 |

Índice de Anexos:

| | |
|---|-----|
| <i>Anexo 1:</i> Diseño de la Encuesta Socio-Económica para Agua Potable y Saneamiento..... | 126 |
| <i>Anexo 2:</i> Análisis de Resultados de la Encuesta Socioeconómica de Saneamiento y | 130 |
| Agua Potable | |
| <i>Anexo 3:</i> Cálculo de Dotaciones..... | 143 |
| <i>Anexo 4:</i> Valores de diseño para Sistemas de Bombeo..... | 144 |
| <i>Anexo 5:</i> Curvas Características de las Bombas..... | 146 |
| <i>Anexo 6:</i> Esquemas de los Sistemas de Abastecimiento de Agua..... | 146 |
| <i>Anexo 7:</i> Valores de diseño para Tanques de Almacenamiento..... | 147 |
| <i>Anexo 8:</i> Esquemas de Tanques de Almacenamiento..... | 148 |
| <i>Anexo 9:</i> Análisis y Pruebas de Laboratorio | 149 |
| <i>Anexo 10:</i> Valores de diseño del Sedimentador | 151 |
| <i>Anexo 11:</i> Esquema Sedimentador..... | 151 |
| <i>Anexo 12:</i> Esquema y diseño Red de Distribución de Agua..... | 152 |
| <i>Anexo 13:</i> Identificadores de Buzones y Tramos de la Red de Alcantarillado para..... | 153 |
| la Comunidad de Puerto Roma. | |
| <i>Anexo 14:</i> Cálculos Hidráulicos de la Red de Alcantarillado..... | 154 |
| <i>Anexo 15:</i> Diseño y esquemas de la red de Alcantarillado..... | 155 |



| | |
|--|-----|
| Anexo 16: Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales..... | 156 |
| Anexo 17: Esquemas de los Tanques Sépticos, Reactor UASB y Humedal Artificial..... | 161 |
| Anexo 18: Diseño del Manual de Manejo de Desechos Sólidos..... | 162 |
| Anexo 19: Descripción de Cantidades de Obra..... | 163 |



Cláusulas de Responsabilidad



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Ángela Rocío Vásquez Bravo, autora del Trabajo de Titulación "Ingeniería de Sistemas Hidrosanitarios Descentralizados y Sostenibles, caso de estudio Puerto Roma – Provincia del Guayas", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, Mayo 2017.

Ángela Rocío Vásquez Bravo

C.I: 0106991482



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Victoria Regina Gutiérrez Chicaiza, autora del Trabajo de Titulación "Ingeniería de Sistemas Hidrosanitarios Descentralizados y Sostenibles, caso de estudio Puerto Roma – Provincia del Guayas", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, Mayo 2017.

Victoria Regina Gutiérrez Chicaiza

C.I.: 0105243323



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, Ángela Rocío Vásquez Bravo, autora del Trabajo de Titulación "Ingeniería de Sistemas Hidrosanitarios Descentralizados y Sostenibles, caso de estudio Puerto Roma – Provincia del Guayas", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Mayo 2017.

Ángela Rocío Vásquez Bravo

C.I: 0106991482



Yo, Regina Victoria Gutiérrez Chicaiza, autora del Trabajo de Titulación "Ingeniería de Sistemas Hidrosanitarios Descentralizados y Sostenibles, caso de estudio Puerto Roma – Provincia del Guayas", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Mayo 2017.

Regina Victoria Gutiérrez Chicaiza

C.I: 0105243323



Dedicatoria

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecen en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres, Manuela y Ezequiel, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis hermanas Eliza y Valentina, por estar siempre presentes, acompañándome y brindándome aliento y por el hermoso regalo de existir en mí vida.

A mis compañeros, quienes han estado para darme una voz de aliento en los momentos difíciles.

Luisa Morocho, Rocío Vázquez, Lorena Ulloa, Gabriela Araujo, José Romero y Miguel Torres.

Que no solo recorrieron junto a mí este camino, sino que ayudaron a construir mi presente.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. (Thomas Chalmers)

Regina Victoria



Dedicatoria

*Por cada consejo, los abrazos, las historias y las travesuras;
por el ejemplo de sacrificio y el trabajo por los demás;
por los mejores recuerdos y el amor infinito. Por enseñarme a vivir feliz.*

Porque a pesar de que ahora no estás, sé que lo celebras desde el cielo.

Hasta la eternidad Papito Lucho.

Ángela Rocío



Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a aquellas personas que compartieron su conocimiento conmigo para hacer posible la conclusión de esta tesis.

Especialmente agradezco a nuestro Director de Tesis Ing. Andrés Alvarado Martínez. Por su guía, comprensión, paciencia, entrega y asesoría siempre dispuesta.

A nuestros lectores, Ing. Diego Idrovo y Esteban Pacheco, por sus ideas y recomendaciones respecto a este proyecto.

Al Laboratorio de Sanitaria en especial a la Dra. Guillermina Pauta y Dra. Gabriela Vázquez Por su orientación y consejos en la realización de los ensayos de agua para lograr los objetivos trazados en este proyecto.

Gracias a mis compañeros Miguel Torres y David Estrella por su ayuda en la recolección de información en la Comunidad de Puerto Roma.

Regina Victoria.



Agradecimientos

Gracias Dios por la vida, las oportunidades y por permitirme llegar hasta donde estoy. Por ser la mano que me levanta de cada caída. Por todo y, por tanto.

A mis papás, por ser incondicionales, por el sacrificio y cariño de toda una vida. Por enseñarme que, ante todo, siempre hay que buscar ser mejor persona.

A nuestro tutor, Ing. Andrés Alvarado, quien durante sus clases nos contagió el sentimiento de trabajar por causas que aparentan ser imposibles. Por su apoyo y aporte innegable desde su formación profesional y experiencias personales. Sobre todo, por su eterna paciencia y confianza en nosotras que nos impulsaron a culminar con entusiasmo este trabajo.

De igual manera, al Ing. Diego Idrovo, por el valioso aporte desde sus conocimientos y el apoyo durante la ejecución de este trabajo; agradezco también, al personal del Laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería por su colaboración brindada. Su apoyo fue fundamental.

A mis hermanas Alejandra y Cristina Vásquez, a mis amigas Victoria Gutiérrez, Paz Cárdenas, Laura Bravo, Gabriela Araujo, gracias por su amistad verdadera y por compartir conmigo buenos y malos momentos durante muchos años, han sido parte fundamental en mi crecimiento personal.

A todas y todos, estoy eternamente agradecida.

Ángela Rocío.



Capítulo 1. Introducción

1.1. Introducción.

La dinámica de las grandes ciudades, su crecimiento acelerado y la supremacía del capital sobre el ser humano, han sido factores que han ocasionado el desenfoque sobre el desarrollo urbano sostenible, causando efectos sociales, económicos y culturales sobre la colectividad. Este desenfoque ha originado impactos ambientales tanto por el desmesurado e insostenible uso de suelo por procesos de urbanización, como por la degradación de ecosistemas relevantes.

Las ocurrencias de los fenómenos climáticos extremos muestran un aumento en el nivel de desastres en América Latina, que aparece como la región más urbanizada del mundo, pues casi el 80% de su población vive actualmente en territorios de ciudad estructurada, o se encuentra asentada en áreas relevantes de su patrimonio natural (ONU Hábitat, 2016). En Ecuador las poblaciones de escasos recursos son las más afectadas por fenómenos recurrentes como El Niño y La Niña al no contar con lineamientos y planificaciones de desarrollo urbano que los vuelven más vulnerables a estos.

La pobreza, la falta de infraestructura y servicios básicos, son los principales problemas que enfrentan quienes habitan en los diferentes asentamientos del borde costero del Golfo de Guayaquil, pues casi no cuentan con energía eléctrica ni agua potable, y el equipamiento comunitario (de educación, salud, seguridad, espacios públicos) es limitado.

Así, desde el marco de la Asamblea General de las Naciones Unidas, en convocatoria con la Conferencia Habitat III, con el fin de revitalizar el compromiso mundial para el Desarrollo Urbano Sostenible, se formularon las bases de la Nueva Agenda Urbana (NAU) que buscan a partir de un enfoque integral de los asentamientos humanos, establecer mecanismos y políticas de desarrollo urbano sostenible que permitan a los gobiernos nacionales y locales hacer frente a los retos del acelerado desarrollo urbano actual.

Con el fin de aprovechar la plataforma que ofrece Habitat III, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador, propone fomentar la discusión a través del Concurso Internacional Universitario de Anteproyectos CIU HABITAT, que permitirá involucrar visiones de planificación y diseño, a través de propuestas sobre cómo mejorar la calidad de vida de asentamientos humanos como la comuna de Puerto Roma en el Golfo de Guayaquil, para la cual, su implantación, cultura y sistema de vida, no se insertan dentro de paradigmas de intervención convencionales.

El proyecto busca contar con diferentes propuestas las cuales, mediante aportes técnicos y conceptuales, permitan intervenciones que contribuyan a los procesos de construcción de políticas públicas y replicables de hábitat y vivienda; teniendo presente visiones integrales, que permitan combatir la precariedad de la calidad de vida y la rehabilitación ambiental, en el marco de los Derechos humanos y de la Naturaleza.



En este marco, se formó un equipo multidisciplinario de profesores y alumnos de las Facultades de Arquitectura, Ingeniería, entre otras, de la Universidad de Cuenca con el objetivo de generar una propuesta para el concurso universitario CIU HABITAT. La propuesta integral se denominó “Puerto Roma BioMangle”. Las actividades para la elaboración de la propuesta partieron de la identificación y determinación de los problemas más urgentes en ámbitos sociales, económicos y medio ambientales. Y se propuso, como objetivo fundamental, mejorar la calidad de hábitat en el asentamiento rural de Puerto Roma, brindando servicios básicos sostenibles y de calidad a sus habitantes con base en las necesidades y condiciones geográficas y socioeconómicas actuales, fortaleciendo su identidad cultural y activando la economía del sector respetando su frágil ecosistema.

Parte esencial del proyecto es la propuesta que haga frente a la precariedad de los sistemas de agua potable y saneamiento en la comunidad de Puerto Roma. El presente documento establecerá diferentes alternativas de solución a estos problemas, a través de análisis socioeconómicos y técnicos que identifiquen los procedimientos que mejor se acoplen a las necesidades de los habitantes de este recinto, además de buscar que las medidas tomadas puedan ser replicadas en asentamientos que vivan en condiciones similares.

1.1.1. Antecedentes.

Puerto Roma, uno de los 19 asentamientos del Golfo de Guayaquil en la Parroquia Puná, está ubicada a 120 millas náuticas de la Ciudad de Guayaquil. Su población aproximadamente de 1200 habitantes según el último Censo de población y Vivienda del 2010 (INEC,2010), perciben diariamente la falta de servicios básicos, pues no existe una red de agua potable que permita abastecer continuamente sus necesidades; asimismo, carecen totalmente de un sistema de saneamiento, lo que expone a sus pobladores a una gran vulnerabilidad ante posibles enfermedades derivadas de la exposición a sus excretas y otros residuos domésticos.

La provisión de agua mediante tanqueros fluviales, disposición de excretas directamente en el manglar o cuerpos hídricos y la quema de desechos sólidos, son las principales problemáticas de saneamiento ambiental actuales que se analizarán para dar una respectiva alternativa de solución.

La limitada accesibilidad al poblado, restringida únicamente al transporte fluvial, la recolección de crustáceos como única alternativa económica, las constantes inundaciones a las que se enfrentan y la composición salina del suelo que limita la producción agrícola, forman parte de otros aspectos relevantes que serán analizados para caracterizar a la población, su realidad socioeconómica y de calidad de vida, que permitan tomar las decisiones más oportunas para el diseño de los sistemas de agua potable y saneamiento en relación directa con sus necesidades.

1.1.2. Justificación.

Con enfoque en una gestión sostenible de los recursos hídricos y saneamiento ambiental para la comunidad de Puerto Roma, el presente proyecto explorará alternativas no convencionales y sostenibles de Sistemas de Abastecimiento de Agua



Potable y Saneamiento para proteger y promover principalmente la salud de la población que se ha visto carente casi en su totalidad de estos servicios básicos

Las propuestas detalladas en el presente documento serán, por lo tanto, encaminadas a preservar los principios del saneamiento sostenible que son: tener un sistema económicamente viable, socialmente aceptable y técnicamente apropiado que proteja al medio ambiente y a los recursos naturales.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento para la comunidad de Puerto Roma, de acuerdo a las necesidades actuales y futuras de la comunidad.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar las condiciones de vida e infraestructura de agua potable y saneamiento actuales.
- Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, que garantice la cantidad y calidad suficiente para la población.
- Diseñar una red de alcantarillado sanitario, económico y sostenible.
- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales económico, eficiente y con baja carga de operación y mantenimiento.
- Elaborar un Manual de recolección, clasificación y disposición final de residuos sólidos.

1.3. Descripción General

Dado que la población se ubica en una zona de manglar, las posibilidades de encontrar una fuente de agua dulce apta para consumo son prácticamente nulas. Por otro lado, el tratamiento del agua del río Guayas resultaría muy costosa. El proyecto propondrá, por lo tanto, un diseño comunitario de abastecimiento de agua potable basado en el análisis de 2 alternativas: i) dos sistemas de abastecimiento, uno para consumo humano y otro para usos secundarios como lavabos, servicios higiénicos, duchas, riego, limpieza; ii) un único sistema de abastecimiento. Para esto, se tomarán referencias de encuestas, censos, caracterización del agua del río y costos. Para la primera alternativa, es necesario el diseño de tanques de almacenamiento abastecidos por el tanquero fluvial, con un volumen que permita suministrar de manera adecuada y segura el agua potable para el consumo directo de la población. Para el abastecimiento de agua para los usos secundarios se analizará el agua del río Guayas luego de un tratamiento preliminar básico. Se diseñará para esto, una captación y el sistema de bombeo respectivo.

En cuanto al saneamiento se propone una red de alcantarillado sanitario, utilizando tuberías de pequeño diámetro, que recolecta el agua de baterías sanitarias o de servicios higiénicos particulares, lo que sea lo más conveniente en común acuerdo con la comunidad y los transporte hasta una estación de tratamiento primario y secundario (digestión anaerobia) antes de su descarga al río Guayas. El sistema integral que se



propone, pretende, además impulsar el manejo de desechos sólidos a través de una manual básico para la recolección, clasificación y disposición final, que genere una conciencia ambiental y de buen vivir en los habitantes de Puerto Roma. Por otro lado, se aspira que las propuestas de diseño que se tomen, sirvan como réplica para poblaciones similares asentadas en el manglar del río Guayas.

En ese contexto, el siguiente documento está estructurado en 6 Capítulos. El primer capítulo introductorio al tema, los objetivos y la justificación del mismo. El segundo capítulo abarca la revisión de literatura, donde se enfatiza en las ventajas de los Sistemas Descentralizados de Agua Potable y Saneamiento. El tercer capítulo trata la metodología utilizada para generar las alternativas de solución a través del análisis de información recolectada de censos, encuestas, análisis de fuentes, etc., para en el cuarto capítulo establecer el diseño técnico para cada sistema escogido. El capítulo 5 presenta el presupuesto total de los sistemas, el capítulo 6 que contiene conclusiones y recomendaciones generales del estudio, finalizando con el capítulo 7 que detalla las referencias utilizadas en el documento.



Capítulo 2. Revisión de la Literatura

2.1 Agua y Saneamiento en el Ecuador

2.1.1. Introducción

El agua y saneamiento en zonas rurales para uso doméstico, como servicio continuo y suficiente, se dificulta tanto por características propias de cada comunidad y del lugar donde están establecidas, como por su falta de capacidad técnica y económica para gestionar recursos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2011). La pobreza está ligada a la falta de infraestructura básica, pues son los sectores pobres quienes más perciben el impacto de servicios inadecuados de agua y saneamiento, y quienes a menudo deben hacer sus propios arreglos, muchas veces precarios, para satisfacer sus necesidades básicas de sobrevivencia. (CEPAL, 2011). Son estos sectores vulnerables, quienes están más propensos a sufrir enfermedades por vectores que proliferan por falta de higiene, además, son quienes están forzados a pagar precios altos por cantidades pequeñas de agua para su consumo.

En el Ecuador, según los datos de la Organización Mundial de la Salud del 2015 (WHO), el porcentaje de población que cuenta con servicio de agua potable es del 86.0% (Zona Urbana: 93.4% y Rural: 75.5%), mientras que el porcentaje de población que cuenta con servicios de saneamiento es del 84.7% (Zona Urbana: 87% y Rural: 80,7%). Estas cifras responden a los esquemas planteados en la Constitución del 2008 de impulsar un nuevo proceso de descentralización dentro de un marco de equidad social, económica y territorial por parte de los gobiernos autónomos descentralizados.

La participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones contribuye a mejorar la gestión del agua y generar una estrategia adecuada para lograr el desarrollo sustentable en el ámbito local (Organización Mundial de la Salud [WHO], 2011). En este contexto, son los enfoques integrados en políticas gubernamentales o locales, los que busquen la optimización, creando sistemas de saneamiento efectivos y eficientes de agua, donde se acople la infraestructura a condiciones geográficas, sociales y culturales reales de la población.

2.1.2. Cobertura de Agua y Saneamiento.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud, en su reporte estadístico del 2015 sobre Ecuador, muestra los porcentajes referentes a población que utiliza sistemas mejorados de agua y saneamiento. En la Tabla 1 se observa que, a pesar que la cobertura ha aumentado a un 86% de población con acceso a sistemas mejorados de agua potable, el 14% (aproximadamente 2.2 millones) de personas aún no cuentan con este servicio básico; de igual forma, aunque el 84.7% cuente con un sistema de Alcantarillado, aproximadamente el 14.3% (2.4 millones de personas) aún viven en contacto con sus desechos, lo que representa mayor posibilidad de proliferación de vectores que se traducen en enfermedades infecciosas como dengue, paludismo, chikungunya, etc.



| INDICADOR | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sistemas de agua mejorados. (%) | 75 | 77 | 78 | 81 | 84 | 86 |
| Sistemas de saneamiento mejorados. (%) | 56 | 63 | 67 | 71 | 83 | 85 |

Fuente: Reporte Estadístico de Ecuador, Organización Mundial de la Salud (OMS), 2015.

Tabla 1. Evolución de Cobertura de Agua y Saneamiento en Ecuador.

Para efectos comparativos, según datos del Censo de Población y Vivienda del 2010, la Tabla 2 muestra los porcentajes de un total de 148.393 y 1'357420 viviendas encuestadas en la zona Rural de la Provincia del Guayas (donde se ubica Puerto Roma) y a nivel Nacional respectivamente, sobre servicios de agua potable, alcantarillado y recolección de desechos sólidos. Los porcentajes indican una brecha considerable entre la cobertura de servicios básicos en la zona rural del Guayas y la Nacional. Esto infiere en la necesidad de generar políticas públicas, en especial regulaciones locales, que se enfoquen en mejorar estas cifras.

| CONEXIÓN DEL AGUA POR TUBERÍA (%) | | | | | | | |
|--|--|--|---|--|---|----------------------|--------------|
| | <i>Por tubería dentro de la vivienda</i> | <i>Por tubería fuera de la vivienda pero dentro del edificio, lote o terreno</i> | <i>Por tubería fuera del edificio, lote o terreno</i> | <i>No recibe agua por tubería sino por otros medios</i> | <i>Total</i> | | |
| GUAYAS (Rural) | 22,58 | 23,92 | 6,55 | 46,94 | 100,00 | | |
| ECUADOR (Rural) | 35,01 | 29,90 | 6,70 | 28,39 | 100,00 | | |
| TIPO DE SERVICIO HIGIÉNICO O ESCUSADO (%) | | | | | | | |
| | <i>Conectado a red pública de alcantarillado</i> | <i>Conectado a pozo séptico</i> | <i>Conectado a pozo ciego</i> | <i>Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada</i> | <i>Letrina</i> | <i>No tiene</i> | <i>Total</i> |
| GUAYAS (Rural) | 3,50 | 40,92 | 22,31 | 0,87 | 8,80 | 23,60 | |
| ECUADOR (Rural) | 22,93 | 30,14 | 19,91 | 2,40 | 6,46 | 18,16 | 100,00 |
| ELIMINACIÓN DE LA BASURA (%) | | | | | | | |
| | <i>Por carro recolector</i> | <i>La arrojan en terreno baldío o quebrada</i> | <i>La queman</i> | <i>La entierran</i> | <i>La arrojan al río, acequia o canal</i> | <i>De otra forma</i> | <i>Total</i> |
| GUAYAS (Rural) | 29,80 | 2,94 | 64,52 | 1,22 | 0,93 | 0,60 | 100,00 |
| ECUADOR (Rural) | 44,92 | 11,21 | 37,35 | 3,89 | 1,37 | 1,26 | 100,00 |

Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEC 2010.

Tabla 2. Sistemas de Agua y Saneamiento en Ecuador y la provincia del Guayas.



2.1.3. Entes gubernamentales y marco legal.

La autoridad nacional ambiental está ejercida por el Ministerio del Ambiente, quien actúa como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. La autoridad nacional rectora del agua es la Secretaría del Agua (SENAGUA) la cual está encargada de los recursos hídricos del país y quienes, a través de políticas, estrategias y planes permiten la gestión y adjudicación de estos (CEPAL, 2012). A pesar de que los recursos están prácticamente institucionalizados, son los propios municipios los encargados en crear sus propias políticas de regulación.

El Ministerio del Ambiente a través de la Ley de Gestión Ambiental creada en 1995 y de las Normas de Gestión Ambiental que constan en los Textos Unificados de Legislación Secundaria (TULSMA), especifican los parámetros de calidad de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales y su vertido a cuerpos receptores.

La Ley de Aguas aprobada en la Constitución de la República fue aprobada en referéndum del 28 de septiembre de 2008 y publicada en el Registro Oficial No. 449 de 20 de octubre de 2008. Sobre los derechos de dominio y uso, la Ley regula el aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas (Ley de Aguas, Art. 1). Las aguas no son susceptibles de posesión, adquisición o cualquier otro modo de apropiación. No hay ni se reconoce derechos de dominio adquiridos sobre ella y los preexistentes sólo se limitan a su uso en cuanto sean eficientes y de acuerdo a la ley (LA, Art. 2). Así mismo, según el Artículo 7, acuerda que la concesión de un derecho de aguas, estará condicionado a las disponibilidades del recurso y a las necesidades reales del objeto al que se destine (CEPAL, 2012).

2.2. Sistemas descentralizados.

La descentralización, en términos legales se refiere al proceso de delegación de los poderes políticos, fiscales y administrativos a unidades sub-nacionales de gobierno (Banco Mundial, 1999). En términos técnicos, específicamente en lo referente a servicios básicos se refiere a sistemas de una escala que permita la sostenibilidad sin necesidad de recursos económicos ni energéticos externos. En el marco del presente documento se referirá a servicios de agua potable y saneamiento en general.

Existen varias clasificaciones que hacen referencia a los sistemas descentralizados; sin embargo, en el presente documento, se hará referencia a sistemas con capacidad de hasta 2000 Población Equivalentes (PE). En este universo, se distingue además los sistemas in-situ con $PE < 100$ y sistemas pequeños de tratamiento con $100 < PE < 2000$.

2.2.1. Ventajas de los Sistemas Descentralizados.

Las principales ventajas de los sistemas descentralizados frente a los centralizados según el Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con reuso de Aguas Tratadas del Proyecto NODO (2014) se resumen en:



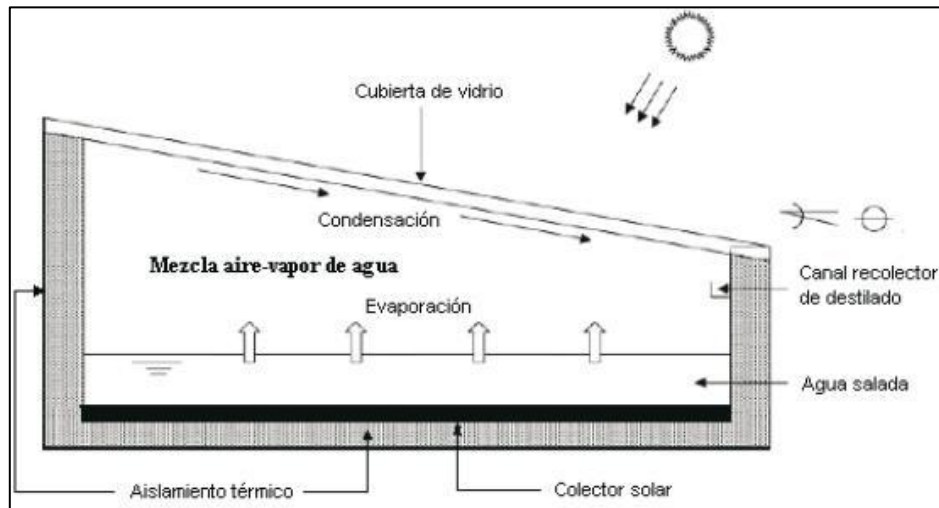
- Bajos costos en inversión, con redes de recolección más cortas y, consecuentemente, menores diámetros de las tuberías, así como menores volúmenes de excavación y movimiento de tierras para su tendido.
- Menor grado de sofisticación tecnológica, por lo tanto, requieren un menor grado de especialización técnica y menos continuidad y permanencia del personal para la operación y mantenimiento de los sistemas, abaratando los costos y reduciendo las tarifas.
- Mayor y más rápido alcance en cobertura, por los menores costos requeridos en la inversión.
- Reutilización de recursos. Las aguas residuales y los excrementos no son considerados como desechos, sino como recursos que pueden ser recuperables, tratados si es necesario y reutilizables localmente.
- Promueven el uso eficiente del agua y se convierte en una medida de adaptación al cambio climático que aporta a las políticas de salud y seguridad social y protección del medio ambiente.
- Permiten establecer una participación más directa de la población beneficiaria, en la planificación, implementación y gestión de los sistemas, impulsando la apropiación y autogestión de ambos servicios. De esta manera, promueve la corresponsabilidad por parte de la población local en un asunto que, por ser un bien común, no se constituye en una prioridad en sí misma.
- Implica el tratamiento de un rango menor de caudal de diseño que el que se trataría en un sistema centralizado.
- Impulsa la innovación de tecnología ambiental y económicamente más eficiente, brindando mayor oportunidad a otros actores de las áreas de investigación y academia, además de potenciar el mercado de proveedores privados.

2.2.2. Tecnologías en Sistemas de Agua Potable

Como algunas de las tecnologías que se pueden implementar para tratamiento de agua potable en poblaciones de pequeño número de habitantes están:

Desalación por destilación solar

Puede resultar una solución para tratar aguas con altos contenidos de cloruros, sulfatos, sodio y potasio presentes en aguas saladas (González, Martín, Figueroa; 2010). El método consiste en exponer el agua sobre una superficie a la acción de la energía solar para evaporarla y luego sobre una superficie de vidrio condensarla hasta poder conducir el agua tratada hacia un depósito Figura 1. En general, los destiladores representan una alta inversión y su rendimiento es bajo comparado con la gran superficie que utiliza pues su producción es de hasta $5l/día \cdot m^2$, además que disminuye en días nublados.



Fuente: Núñez, Gándara, Cervantes. 2009.

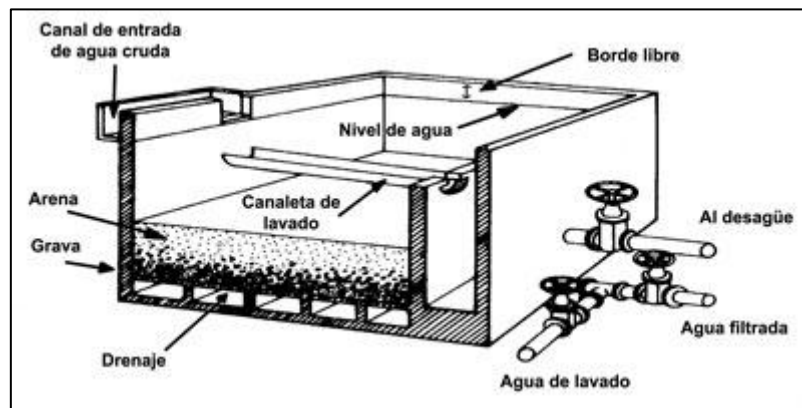
Figura 1. Proceso de destilación Solar.

Filtro grueso

La filtración contribuye a la separación de sólidos finos no retenidos en la sedimentación, también puede mejorar la calidad microbiológica del agua, ya que las bacterias y virus se pueden comportar como sólidos o se adhieren a la superficie de otros sólidos suspendidos en el agua (Van Loodsrecht et al, 1990, citado por Gonzalez, Martín, Figueroa; 2010). La concentración de sólidos suspendidos, el color, etc son altamente removidos durante el proceso. De la calidad del agua dependerá si necesitará incorporar, antes del filtro lento, un tratamiento preliminar. La inversión en montaje y el costo del mantenimiento representan costos significativos.

Filtro lento de arena común

La filtración lenta en arena como etapa principal de tratamiento, juega un papel muy importante en el mejoramiento de la calidad del agua en zonas rurales y urbano marginadas, por su eficacia, facilidad de diseño y sencillez en su operación y mantenimiento. (González, Martín, Figueroa; 2010). Básicamente, como se muestra en la Figura 2, consta de un tanque que contiene un lecho filtrante de arena de distinta granulometría, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control, por donde asciende el agua que será desinfectada. Los filtros lentos de arena consiguen una drástica reducción en parámetros biológicos y físicos como la turbiedad, entre otros.



Fuente: Guía de Orientación en Saneamiento Básico, CEPIS-OPS/OMS. 2009..

Figura 2. Filtro Lento para tratamiento de agua potable.

Tanque de sedimentación.

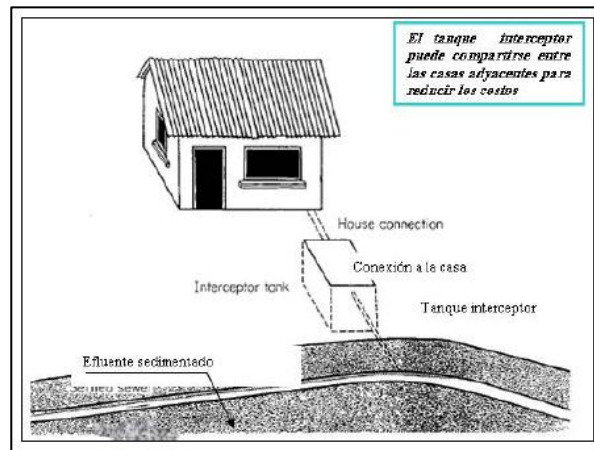
Se utilizan por lo general como un pretratamiento, pues en las unidades de sedimentación se consigue una alta remoción de partículas suspendidas usando como base la velocidad de sedimentación de una partícula, la cual en el tiempo de retención atravesará toda la profundidad del tanque. Además, la sedimentación resulta más efectiva aún, añadiendo coagulantes que aceleren la velocidad de sedimentación de las partículas aglomeradas, disminuyendo las dimensiones del tanque. Este pretratamiento significa conveniente en términos económicos y de mantenimiento, pues no se requiere un método constructivo complejo y el mantenimiento no requiere unidades o procedimientos técnicos.

2.2.3. Tecnologías en Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

2.2.3.1. Tratamiento primario

Sedimentadores primarios:

Son básicamente tanques de sedimentación, que reducen por gravedad, las partículas sedimentables (sólidos sedimentables, coloidales o flotantes), removiendo DBO en las aguas residuales. (Cabalheiro, Dockweiler, Rojas; 2014). Estas unidades, como se muestra en la Figura 3, pueden utilizarse como primer paso para el tratamiento, en función de la calidad del agua en el afluente.

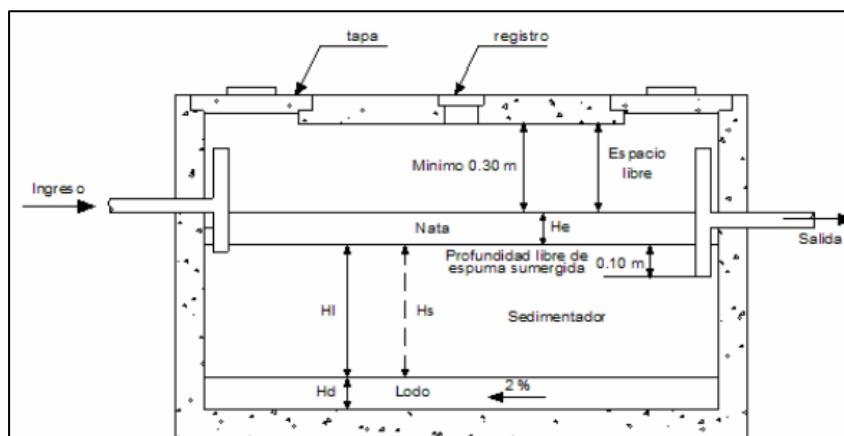


Fuente: OPS/CEPIS/05.169, 2015.

Figura 3. Tanque sedimentador primario.

Cámaras sépticas:

Son tanques enterrados que funcionan como reactores de digestión anaerobia, por la materia orgánica que retienen en el fondo, se recomiendan para zonas difícilmente accesibles a redes públicas de alcantarillados. Su diseño como se muestra en la Figura 4 debe ser hermético y estructuralmente bien construidos para evitar infiltraciones y malos olores. Los efluentes de los tanques sépticos deben ser tratados antes de ser arrojados a los cuerpos receptores para mejorar la calidad de las aguas



vertidas.

Fuente: Especificaciones Técnicas para el diseño de Tanque Séptico. UNATSABAR-CEPIS/OPS. 2005.

Figura 4. Medidas constructivas de Tanques sépticos.

2.2.3.2. Tratamiento secundario

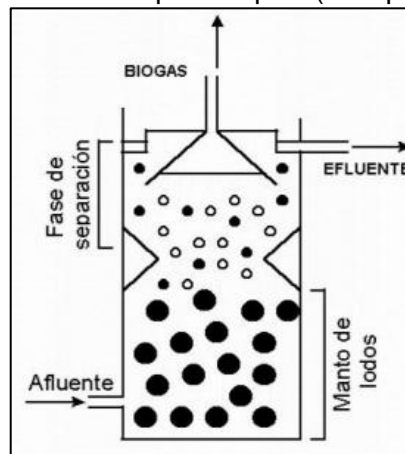
Lagunas de estabilización:

Son estanques naturales o artificiales, generalmente construidos de tierra, donde se almacena el agua residual para su tratamiento mediante la interacción de la biomasa. Dependiendo de la finalidad del tratamiento y del tipo de tratamiento, pueden ser: (a) anaerobias, para la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica concentrada; (b) facultativas, para la remoción de materia orgánica y organismos patógenos y

finalmente (c) aerobias, para la remoción de microorganismos patógenos y de materia orgánica soluble (Cabalheiro, Dockweiler, Rojas; 2014). El mayor inconveniente que presentan las lagunas de estabilización, es la gran demanda de terreno que requiere para su funcionamiento eficiente, lo que se dificulta en zonas rurales o en poblaciones de difícil acceso.

Reactor UASB

La operación se basa en la actividad de diferentes grupos de bacterias que degradan la materia orgánica y se desarrollan en forma interactiva, formando un lodo biológicamente activo en el reactor (Villacrés, 2011). Los gránulos cuya densidad aumenta les permite sedimentar en el digestor. La biomasa permanece en el reactor sin necesidad de soporte adicional, es decir, ocurren procesos de depuración anaeróbica. En el proceso como se muestra en la Figura 5 se obtiene, por una parte, gas metano que representa un hidrocarburo que puede ser aprovechado para energía eléctrica. Por otro lado, la masa biodegradada puede utilizarse como abono para la fertilización de suelos, así como en técnicas agrícolas. El agua que resulta del tratamiento podría ser vertida en el cuerpo receptor (siempre y cuando cumpla con las



normas de calidad.

Fuente: ICIDCA /2006

Figura 5. Reactor UASB.

2.2.3.3. Tratamiento terciario

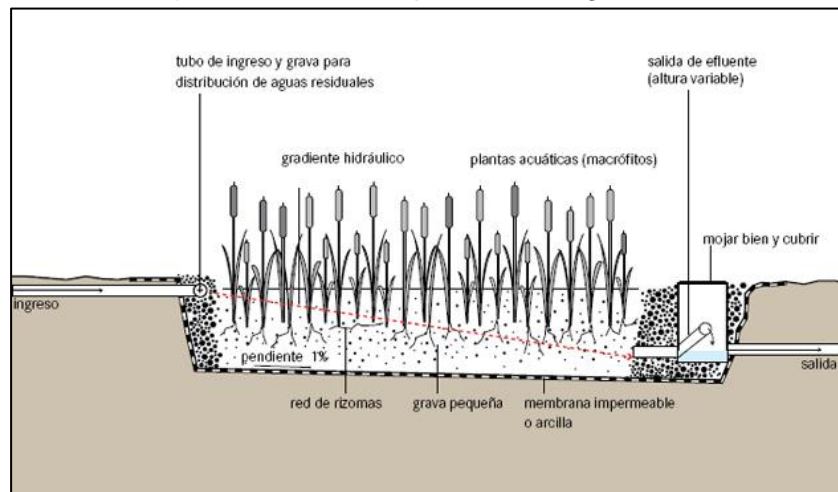
Cloración.

Consisten en acondicionar el agua para las condiciones ideales para que se desarrolle la vida acuática y/o pueda ser aprovechada por el hombre para sus cultivos, ganadería, recreación, aseo, alimentación y demás usos del hogar, generalmente a través de procesos físico-químicos de desinfección (Cabalheiro, Dockweiler, Rojas; 2014). Es de bajo costo y largo plazo de eficacia, pero tiene el riesgo de que la desinfección del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados dañinos a la salud y al medio ambiente.

Humedales Artificiales

Los humedales artificiales son sistemas de foto depuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un

lecho de grava impermeabilizado (Figura 6). La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresivamente y lentamente (Torres, Magno, Pineda, Cruz; 2015). Estos sistemas purifican el agua mediante remoción del



Fuente: Compendio de Sistemas y tecnologías de Saneamiento. Alianza por el Agua.

Figura 6. Estructura de los Humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial.

material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo por el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día.

2.3 Factibilidad técnica.

La factibilidad técnica está ligada a las tecnologías disponibles en el medio. Estas pueden combinarse de acuerdo al nivel de tratamiento requerido, de acuerdo a la calidad del agua ingresada y de la deseada después del tratamiento según su uso potencial (Cabalheiro, Dockweiler, Rojas; 2014).

La factibilidad técnica, según el Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con reuso de Aguas Tratadas del Proyecto NODO (20014) considera los siguientes factores:

- Selección del sitio de emplazamiento y diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- La disponibilidad del terreno de emplazamiento de la PTAP y PTAR, de acuerdo a las dimensiones de diseño.
- La cercanía a las viviendas y la dirección predominante de los vientos (para evitar los malos olores en el caso de la PTAR).
- La topografía y desnivel del terreno, de manera que se facilite el transporte de las aguas, con el menor uso de energía posible.
- Altura sobre el nivel del mar, temperatura ambiente, iluminación y radiación solar.
- Nivel freático, para definir las medidas de protección necesarias.
- Procedencia del agua (doméstica, industrial, etc.) y características (DBO, nutrientes, temperatura, etc.) del agua residual para la selección del tipo de tratamiento.

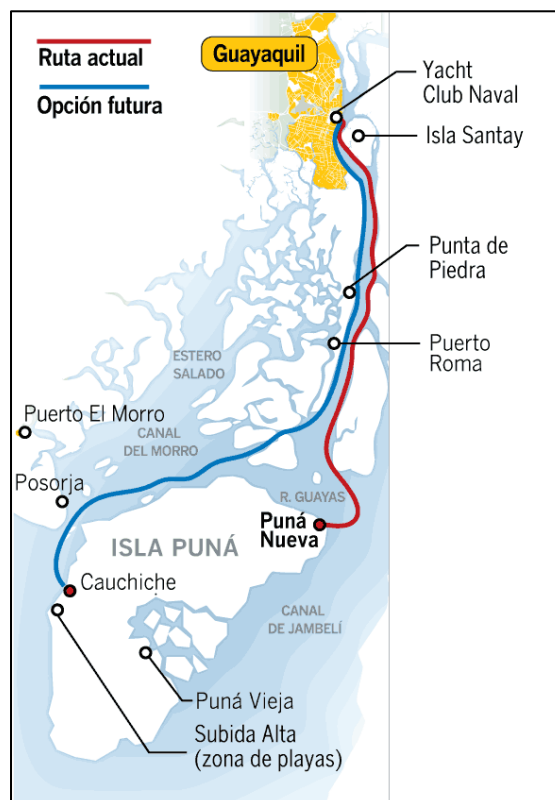
- Calidad del agua de la fuente para determinar la selección del tipo de tratamiento.

Capítulo 3. Metodologías.

3.1. Características Sociales y demográficas.

3.1.1. Localización

Puerto Roma, recinto perteneciente a la parroquia Puná del cantón Guayaquil en la provincia del Guayas, está rodeado de múltiples islotes, ubicados en el golfo de Guayaquil. Limita al norte con la localidad (caserío) Masa II, al Sur con la Isla Puná, al Este con la Isla Mondragón y al Oeste con camaroneras privadas. Su extensión es de aproximadamente 500 metros y su altura promedio es de 4 msnm. La estructura administrativa de Puerto Roma está compuesta por una junta parroquial rural presidida desde su cabecera parroquial ubicada a 45 minutos (en embarcación fluvial) en la isla Puná. La cual se constituye como Gobierno Autónomo Descentralizado por ser una parroquia rural, la cual cuenta con autonomía política, administrativa y financiera (Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados,

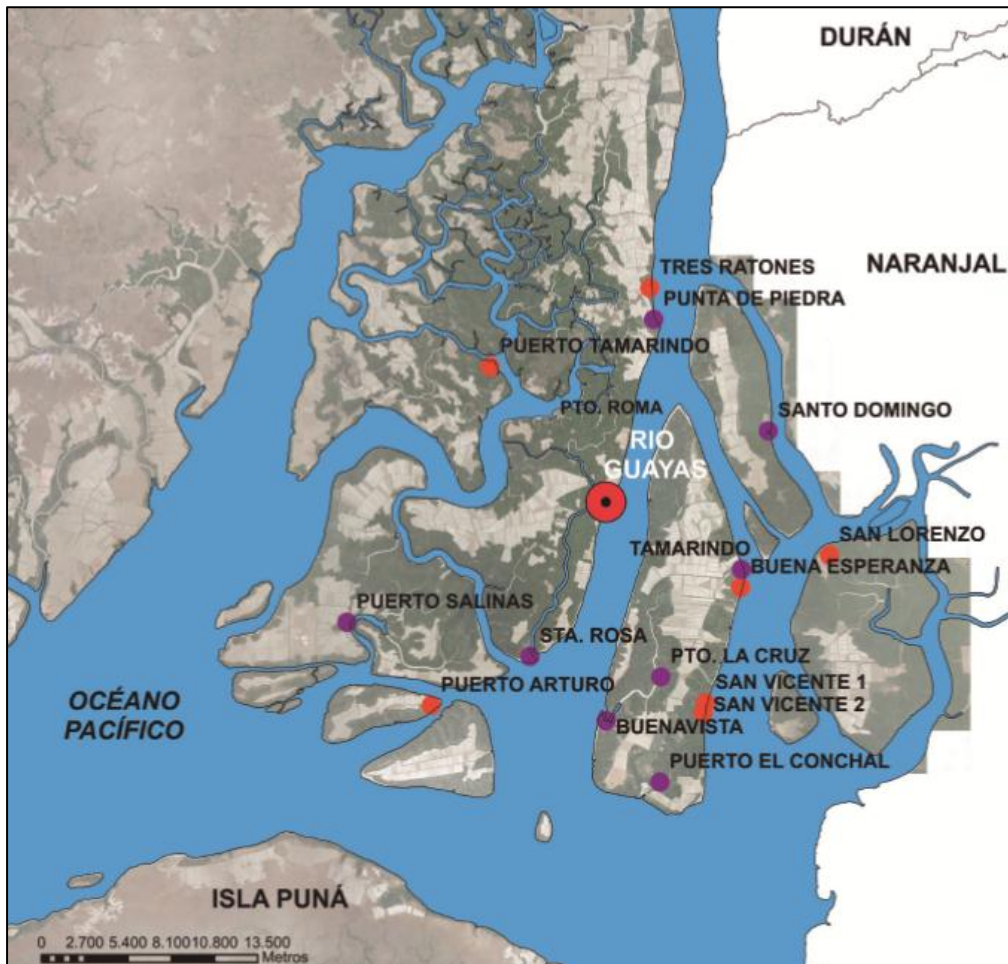


Fuente: La Revista, Diario El Universo. 2012.

Figura 7. Ubicación de Puerto Roma.

2011).

La comunidad de Puerto Roma fue creada en 1837 es uno de los recintos más grandes y representativos de los 19 asentamientos que se encuentran en la parroquia rural Puná.



Fuente: Cartografía INEC 2010.

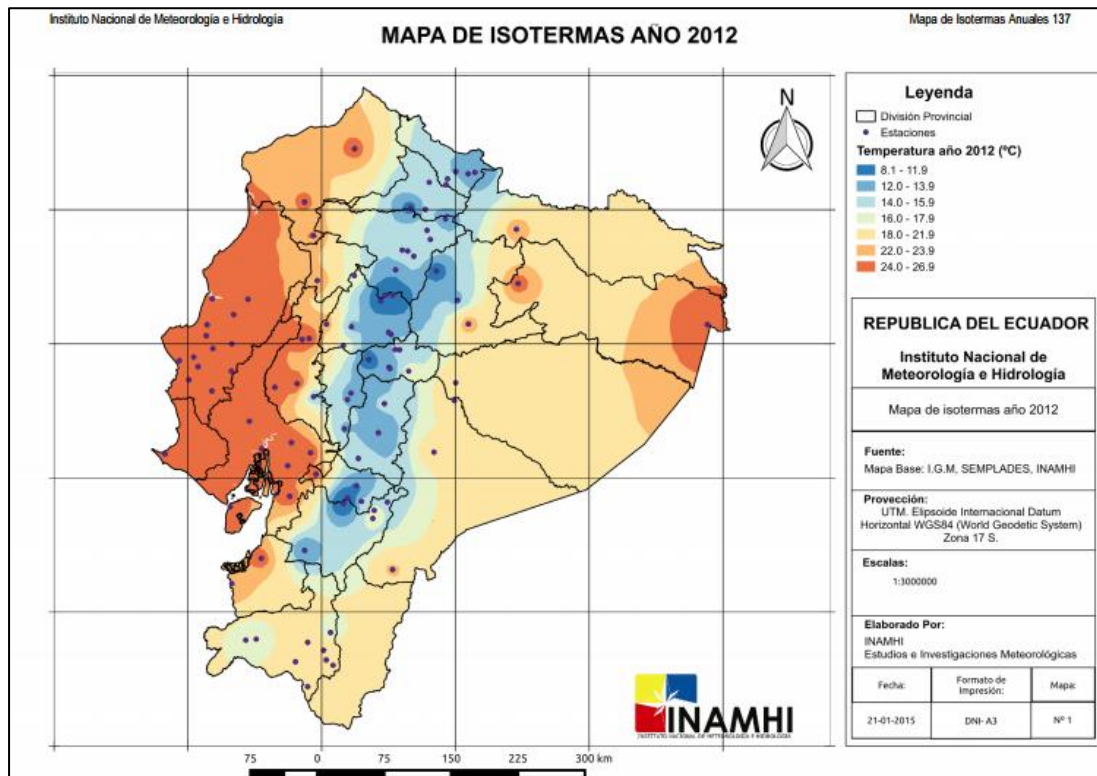
Figura 8. Mapa de Asentamientos Humanos en el Golfo de Guayaquil.

3.1.2. Clima

El clima de la región se modifica por tres factores:

1. La circulación atmosférica continental identificada por lo vientos alisios del Sur Este.
2. Las masas de aire húmedo del Océano Pacífico que sumadas a los efectos de las corrientes marinas (fría de Humboldt y cálida del Niño) son los mayores reguladores de los efectos estacionales del clima.

3. Las características propias de las estribaciones andinas que con su altura, relieve y orientación encauzan las masas de humedad. Debido a estos factores, la región litoral o costa, se caracteriza por tener una marcada estacionalidad que provoca un desbalance de precipitaciones. De enero a mayo es la estación lluviosa o "invierno", produciéndose inundaciones durante largos períodos, y de junio a diciembre es la estación seca o "verano" caracterizada por la escasez de



lluvias entre septiembre y octubre.

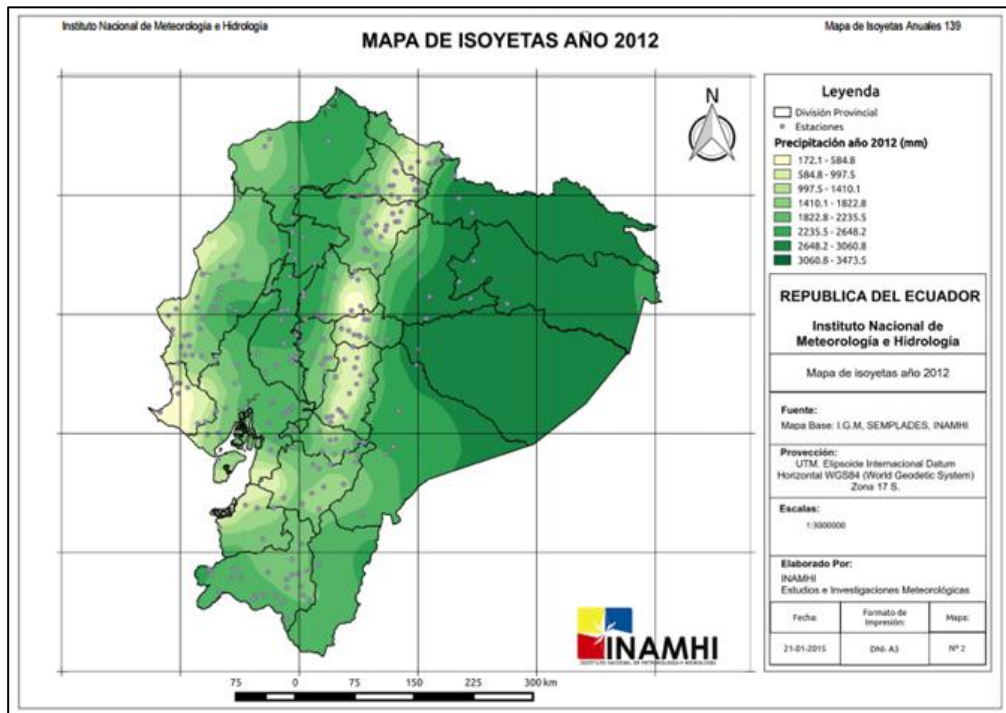
3.1.2.1. Temperatura

Debido a su localización geográfica pertenece al Régimen Costa, donde los meses secos corresponden a la temporada de verano. A partir del mapa de isothermas en la *Figura 9* proporcionado en el anuario meteorológico 2012 del INAMHI, la temperatura promedio durante el verano sería de 23°C. En cuanto a la humedad relativa, según datos del INAMHI, oscila entre 70% y 80%.

3.1.2.2. Precipitaciones.

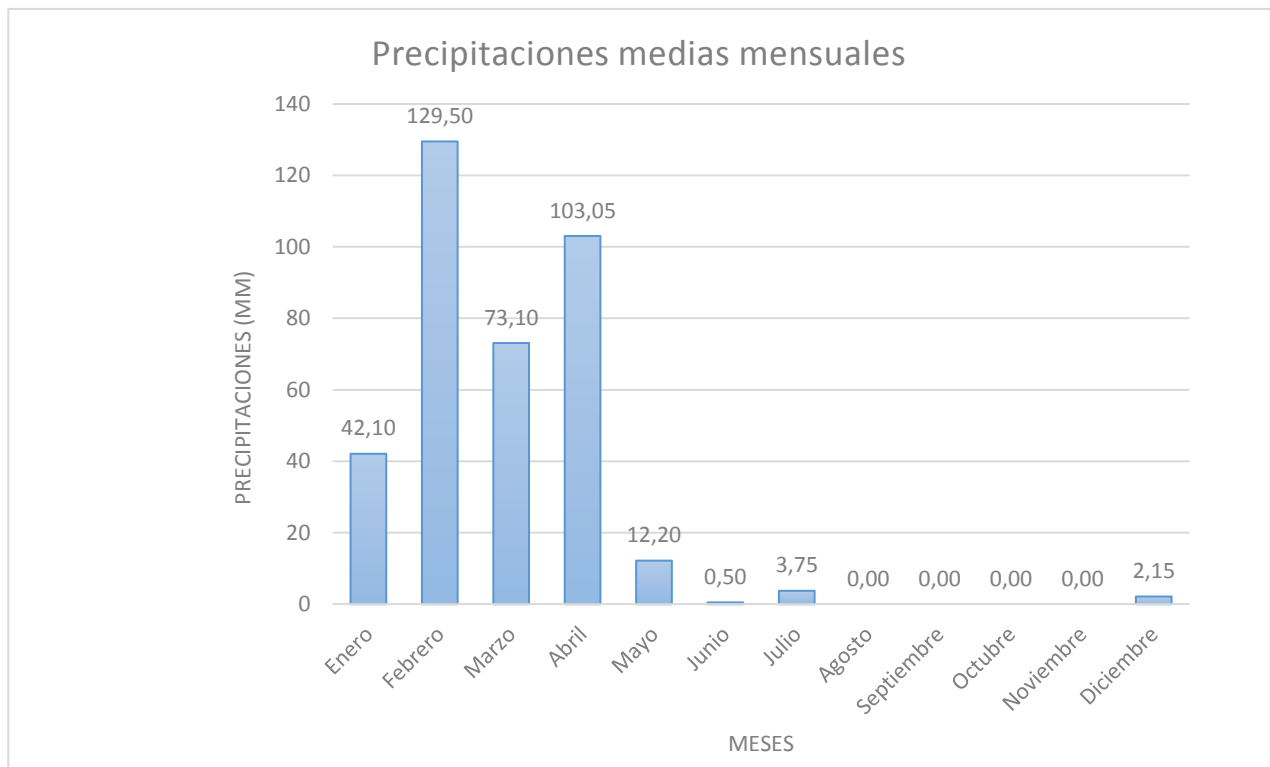
Según el anuario meteorológico del 2012 proporcionado por el INAMHI, según la ubicación de Puerto Roma, para la estación M0228 la precipitación acumulada durante el año es de aproximadamente 1800 a 2300mm (*Figura 9*). Debido a que se encuentra en el Régimen Hidrológico Costa, los meses de mayor índice de pluviosidad son los meses de enero a mayo.





Fuente: Anuario Metereológico 2012, INAMHI.

Figura 11. Mapa de Isoyetas año 2012.



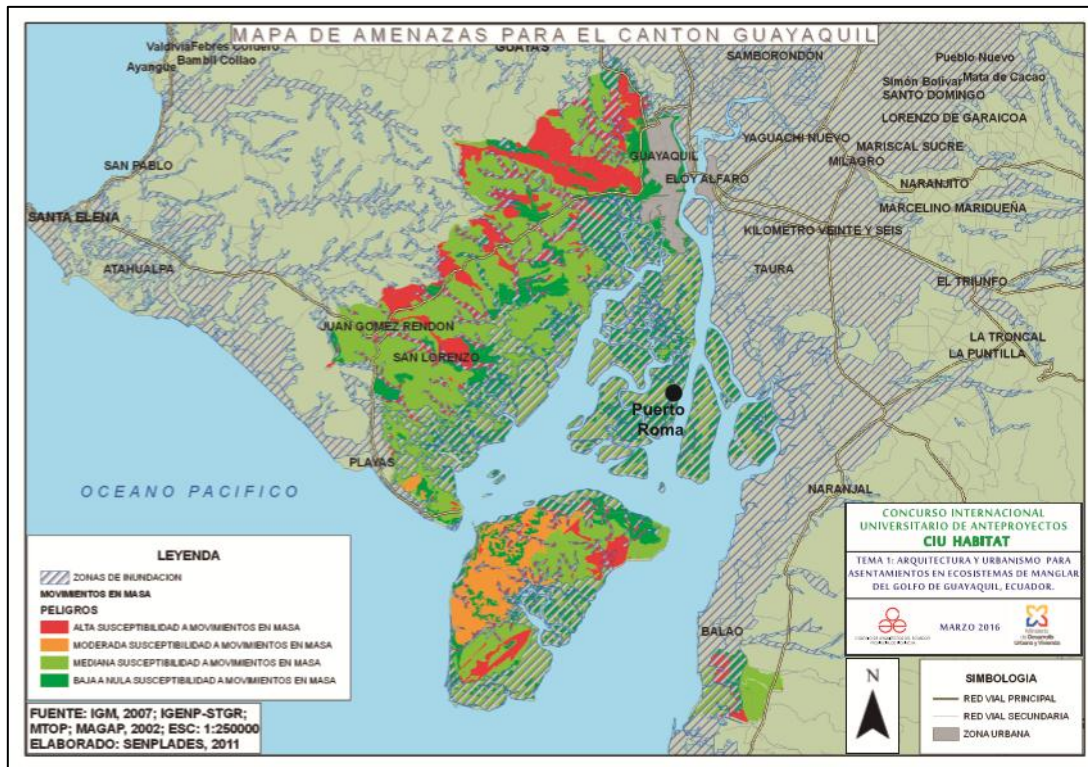
Fuente: Autor.

Figura 10. Precipitaciones medias mensuales. Estación M0228

3.1.3. Riesgos

3.1.3.1. Inundaciones.

Se conoce como aguaje, a las mareas que ocurren cada 14 días, durante las fases de luna nueva y luna llena y que se caracterizan porque las pleamares son de mayor amplitud, y las bajamares son menores que el promedio, ocasionando incremento en

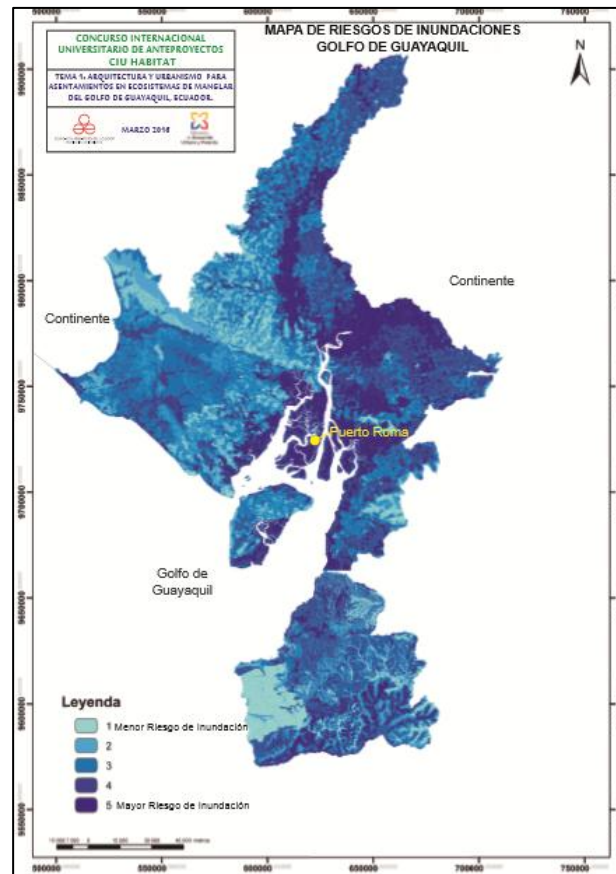


el nivel del mar y mayores corrientes. (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2015).

Fuente: Senplades, 2011.

Figura 12. Mapa de Amenazas para el Cantón Guayaquil.

La ubicación geográfica de Puerto Roma, según la Figura 13 la encuentra en una zona alta de riesgo de inundaciones según la Figura 12.



Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgos 2015

Figura 13. Mapa de Riesgos de Inundaciones del Golfo de Guayaquil

3.1.4. Accesibilidad y Transporte

El acceso hasta Puerto Roma está limitado al transporte fluvial, específicamente a delgadas canoas a motor, que parten desde el Mercado Caraguay en la ciudad de Guayaquil, las cuales requieren de aproximadamente 1h30min (según las condiciones de la corriente) hasta llegar a Puerto Roma.

Los viajes se realizan básicamente para transporte de personas y de productos básicos que los llevan desde la ciudad de Guayaquil. El costo por persona es de \$3 a 3,5 dólares (sólo de ida) debido al alto consumo de combustible que se utiliza para llegar al lugar (20 millas náuticas).

Puerto Roma cuenta con aproximadamente 15 embarcaciones menores privadas y 1 fibra (lancha) propiedad de la Asociación de Cangrejeros que actualmente no se encuentra operativa: el 60% son canoas grandes y el 40% son pangas pequeñas. La disponibilidad de transporte (frecuencia) se da en función de la actividad productiva principal de la zona (sacar cangrejos a Guayaquil) y por el abastecimiento de artículos de consumo (López, 2014).

Los habitantes cuentan con un puerto construido en palafitos (Figura 14) donde llegan las embarcaciones y por un puerto de hormigón (Figura 15) construido por la Municipalidad de Guayaquil, pero que por efectos de la subpresión del agua y efectos



corrosivos del contenido salino en el acero se encuentra en malas condiciones.



Fuente: Autoras, visita de campo a Puerto Roma.

Figura 15. Puerto de Hormigón construido por la Municipalidad de Guayaquil.
Fuente: Autoras, visita de campo a Puerto Roma.

Figura 14. Puerto construido en palafitos.

3.1.5. Actividad Socioeconómica

Las características socio económicas de los asentamientos que se encuentran en los bordes costeros y cercanos a los sistemas de manglares, están vinculados, como se muestra en la Tabla 3, a actividades relacionadas con la pesca artesanal, explotación empresarial del camarón de cautiverio, corte de leña, y extracción de moluscos y crustáceos.

Las condiciones salinas del subsuelo no son propicias para el desarrollo de actividades agrícolas. El manglar ancestralmente ha sido la fuente de alimentación y trabajo para las comunidades asentadas en este territorio. Según el Censo de Población y Vivienda del 2010, el 72% de la población de esta localidad se dedica a actividades relacionadas con la pesca y captura de recursos del manglar (camarón, cangrejo) o al trabajo en las camaroneras de la zona.

Las mujeres en su mayoría se dedican a actividades domésticas, y otras a la venta de frutas o servicios de comida. La mayor población de la Comuna (el 54.5%), es menor a 20 años; tiene un alto índice de pobreza y marginalidad, así como, una enorme dependencia económica y de subsistencia sobre los recursos naturales de la zona (Figura 16).

| Categoría de ocupación | Casos | % | Acumulado % |
|--|------------|------------|-------------|
| Empleado/a u obrero/a del Estado, Gobierno, Municipio, Consejo Provincial, Juntas Parroquiales | 3 | 1 | 1 |
| Empleado/a u obrero/a privado | 15 | 5 | 6 |
| Jornalero/a o peón | 15 | 5 | 10 |
| Patrono/a | 1 | 0 | 11 |
| Socio/a | 2 | 1 | 11 |
| Cuenta propia | 258 | 81 | 92 |
| Trabajador/a no remunerado | 1 | 0 | 92 |
| Empleado/a doméstico/a | 1 | 0 | 93 |
| Se ignora | 24 | 8 | 100 |
| Total | 320 | 100 | 100 |

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, INEC.

Tabla 3. Descripción de ocupaciones en Puerto Roma.



Fuente: Arq. Sebastián Astudillo, docente de la Facultad de Arquitectura Universidad de Cuenca.

Figura 16. Actividad de recolección de crustáceos en Puerto Roma.

En términos políticos-administrativos, Puerto Roma se constituye como un recinto cuya cabecera parroquial es la Isla Puná. Aunque no cuenta con mayor aportación

económica por parte de su cabecera parroquial, Puerto Roma administrativamente depende del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca MAGAP.

En el 2011 se creó una concesión, ninguna camaronera puede talar ningún árbol, la comunidad es la propietaria. El Proyecto Socio Manglar auspiciada por parte el Ministerio del Ambiente, comprende brindar un incentivo económico cada 6 meses a través del ministerio del Ambiente.

3.1.6. Servicios Públicos y equipamiento de la localidad

La infraestructura básica es muy limitada, pues carece de servicios de alcantarillado y de agua potable.

Carecen de un adecuado equipamiento básico en la zona, en términos generales se cuenta con una unidad de Policía Nacional (UPC), además con un dispensario médico (Figura 17) que carece de un médico permanente, por lo que el centro de salud permanece vacío, por lo tanto, la gente acude a Guayaquil a solicitar atención médica en casos de emergencia.



Fuente: Arq. Sebastián Astudillo, Facultad Arquitectura Universidad de Cuenca.

Figura 17. Unidad de Policía comunitaria Puerto Roma.

En relación con la educación, el Centro de Educación Básica N° 11 “Armada del Ecuador” (Figura 18) acoge aproximadamente a unos 300 estudiantes, los maestros trabajan en 2 jornadas en la mañana de 9:00am a 11:00am y de 1:30pm hasta las 6:00pm por la falta de transporte. El trayecto para la escuela es un camino improvisado de sacos de arena y un pequeño puente de madera, que representa un potencial peligro para los niños.



Fuente: Arq. Sebastián Astudillo, Facultad Arquitectura Universidad de Cuenca.

Figura 18. Escuela de la Armada Nacional, Puerto Roma.

Esta comunidad no cuenta con pavimentación ya que sus calles están compuestas por un tipo de suelo conformado con sedimentos fluvio marinos (Figura 19), que brinda una característica de suelos mal drenados, provocando la presencia casi permanente de áreas



fangosas.

Fuente: Arq. Sebastián Astudillo, Facultad Arquitectura Universidad de Cuenca.

Figura 19. Calles fangosas de Puerto Roma.

Con respecto a zonas destinadas para actividades recreativas, se improvisan canchas cuando hay no



Fuente: Autoras, visita de campo a Puerto Roma.

Figura 20. Área recreativa en suelos secos.

presencia de agujajes y las calles se encuentran secas (Figura 20).

Desde el 2012, los moradores de Puerto Roma cuentan con paneles solares donados por el Estado Ecuatoriano (Figura 21) que, aunque sean necesarias para emergencias, en su mayoría se encuentran con baterías desgastadas, o en malas condiciones, se cuenta con alumbrado público y la energía eléctrica desde las 6:00 pm hasta las 11:00 pm.



Fuente: Autoras, visita de campo a Puerto Roma.

Figura 21. Paneles Solares en las viviendas de Puerto Roma.

No existen áreas de recreación estructuradas ni servicio telefónico, únicamente cuentan con servicio celular intermitente.

3.2. Evaluación de Servicios e Infraestructura de Agua potable y Saneamiento.

Es ineludible caracterizar a la población, sus costumbres, sus actividades diarias, su percepción sobre los servicios de agua potable y saneamiento, etc. Para poder proyectar las soluciones que más se ajusten a su estilo de vida y a sus necesidades y que el sistema que se proyecte tenga éxito en el funcionamiento y acogida por la población, se planteó la necesidad de realizar encuestas a los habitantes de Puerto Roma.

3.2.1. Encuesta socioeconómica, sanitaria y de suministro de agua potable.

3.2.1.1. Generalidades

La encuesta por muestreo está diseñada para recopilar información sobre el consumo de agua potable y su relación con el saneamiento en la población de Puerto Roma. En este contexto se desea llevar a cabo una investigación en campo, sobre un número de habitantes que permita obtener información de gran nivel de confianza y obtener estimaciones fiables con intervalos de error muy pequeños.

Para el diseño de la encuesta se toma en cuenta tres tipos de medidas.



- Decisiones previas al muestreo: Decisiones que están relacionadas con el objeto de estudio, población, tamaños de la muestra, recolección de información y el plan de análisis.
- Decisiones propias del muestreo: Decisiones técnicas como el establecimiento del tamaño de la muestra, aplicando fórmulas establecidas, además de obtener su nivel de confianza y probabilidad de error.
- Decisiones posteriores al muestreo: Codificación, digitación y depuración de la base de datos. Básicamente cerrando preguntas abiertas y evaluando la calidad de los datos para la generación de la base de datos.

Calculo de la Muestra

El objetivo del muestreo es determinar cuál es el número mínimo de personas que se necesitan para conformar una muestra que asegure un error estándar menor al 4% (fijado por el encuestador), dado que la población es de aproximadamente 1200 habitantes.

El tamaño de la muestra con un error máximo permisible prefijado y conocida la varianza poblacional (σ^2), se puede utilizar la Ecuación (1) de Ibid.

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}} \quad (1)$$

Siendo

$$n' = \frac{s^2}{\sigma^2}$$

Donde:

N = Población total

σ^2 = Varianza de la población respecto a determinadas variables.

s^2 = Varianza de la muestra, la cual podrá determinarse en términos de probabilidad como $s^2 = p(1 - p)$.

se = Error estándar que está dado por la diferencia entre $(\mu - \bar{x})$ la media poblacional y la media muestral.

se^2 = Cuadrado del error estándar, que servirá para determinar la varianza de la población, por lo que $\sigma^2 = se^2$.

Con un total de 1200 personas (N), 4% de error (se) y 90% de confiabilidad (p), se determinó que para realizar la investigación se necesita una muestra de por lo menos 54 personas, pero para una mayor confiabilidad y utilizar un valor más cercano se decidió encuestar a 60 personas.

Descripción de la información necesaria



Los factores que influyen en el cálculo de la dotación para la población de puerto Roma son: Clima, estilo de vida de la población, ingresos económicos de la población, sistemas de provisión y cobranza, calidad del agua suministrada, costo del agua (tarifa), presión en la red de distribución (en el caso que exista), pérdidas en el sistema y la existencia de alcantarillado. Además, para el diseño del alcantarillado se debe tener en cuenta los siguientes usos del agua: residencial, comercial e institucional, además de conocer la disposición actual de las aguas residuales.

La encuesta está dirigida al público mayor de edad (18 años), lo cual permite tomar decisiones sobre qué preguntas son necesarias y cuáles no, y sobre el estilo de redacción de las preguntas para que facilite la interacción con la gente.

Redacción y tipo de preguntas

Se consideran preguntas abiertas y otras de opción múltiple, en su mayoría del segundo tipo para facilitar su posterior análisis. Las preguntas están distribuidas dentro de 4 grupos de interés, que son: socio-económico, agua potable, sanitario y disposición de desechos sólidos. La encuesta consta de 45 preguntas siendo estas objetivas, sencillas, comprensibles y concretas, está diseñada para ser completada en 15 min.

Redacción del texto introductorio e instrucciones

Con el fin de motivar a los encuestados, la encuesta se inicia con un breve texto que explica el objetivo y propósito del estudio, haciendo alusión a la relevancia del tema de investigación y finaliza agradeciendo su colaboración, disponibilidad y tiempo.

Diseño del aspecto formal de la encuesta

Para ello se referencia en diseños de encuestas realizadas por diferentes Ministerios basadas en normas del INEN y los criterios habituales de una correcta presentación.

3.2.2. Evaluación de infraestructura existente

3.2.2.1. Red de Abastecimiento de Agua Potable

Debido a que la comunidad de Puerto Roma no cuenta con un sistema de Abastecimiento de Agua Potable, no es posible hacer una evaluación física de la misma.

La población de Puerto Roma se abastece de agua potable por tanquero que no los visita constantemente, o deben comprarla en sus viajes a Guayaquil para solventar sus necesidades. La frecuencia de visita de las lanchas que venden el agua es cada 15 o 20 días según el presidente de la Asociación de Cangrejeros de la zona.

En la Tabla 4 se observa la procedencia de agua para consumo en Puerto Roma.



| Procedencia agua para tomar | Casos | % |
|----------------------------------|------------|------------|
| La beben tal como llega al hogar | 114 | 51 |
| La hierven | 38 | 17 |
| Le ponen cloro | 68 | 30 |
| Compran agua purificada | 3 | 1 |
| Total | 223 | 100 |

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, INEC.

Tabla 4. Procedencia de Agua para tomar.

3.2.2.2. Infraestructura de Saneamiento ambiental

Asimismo, al no contar con infraestructura de Saneamiento como alcantarillado o plantas de tratamiento para aguas residuales, no es posible una evaluación de las mismas.

El equipamiento sanitario dentro del domicilio, según datos del Censo de Población y Vivienda del 2010, se tiene un porcentaje del 0% de personas que cuenten con ducha dentro de sus viviendas, en la Tabla 5 se observan las cifras en cuanto a servicios higiénicos.

| Servicio higiénico o escusado del hogar | Casos | % |
|---|------------|------------|
| De uso exclusivo | 20 | 9 |
| Compartido con varios hogares | 49 | 22 |
| No tiene | 154 | 69 |
| Total | 223 | 100 |

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, INEC.

Tabla 5. Servicio sanitario dentro del hogar.

3.2.2.3. Tratamiento y disposición final de desechos sólidos

La población de Puerto Roma no cuenta con un sistema de recolección de basura por lo que optan por quemarla. Anteriormente el Ministerio del Ambiente proporcionaba cada año una gabarra para llevar hacia Guayaquil la basura recolectada de la comunidad, hoy ya no existe ese apoyo por parte del Ministerio del Ambiente. Según la Tabla 6, muestra las alternativas de disponer de los desechos sólidos en la comunidad de Puerto Roma:

| Eliminación de la basura | Casos | % |
|---|------------|------------|
| La arrojan en terreno baldío o quebrada | 5 | 2 |
| La queman | 189 | 89 |
| La entierran | 1 | 0 |
| La arrojan al río, acequia o canal | 17 | 8 |
| De otra forma | 1 | 0 |
| Total | 213 | 100 |

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, INEC.

Tabla 6. Alternativas de eliminación de la basura.



3.2.3. Análisis de Alternativas

Un sistema de saneamiento está constituido por una serie de sistemas integrados, éstos a su vez, se componen de estructuras de características y metodologías de diseño diferentes. El presente documento proyecta dar soluciones a los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento, cada uno con sus alternativas de diseño.

Las alternativas que se plantean para dar solución a los problemas de Agua Potable son:

- Un sistema de abastecimiento de agua que aproveche la fuente del Río Guayas para obtener suficiente cantidad de agua que, pasando por un tratamiento primario, sea capaz de proveer agua para actividades secundarias que cumplan los parámetros de calidad del TUSLMA para agua recreativa de contacto primario.
- Crear un punto comunitario de abastecimiento de agua potable proporcionada por el tanquero fluvial mediante bombeo.
- Un sistema de abastecimiento de agua que aproveche la fuente del río Guayas que, mediante un tratamiento, sea capaz de entregar agua potable que cumpla las normas de calidad de agua potable para consumo humano del INEN para abastecer a la población.

En cuanto a medidas de saneamiento, se plantea el análisis de dos alternativas para el Sistema de Alcantarillado: sanitario y combinado, que conduzca las aguas servidas a fosas sépticas como pre-tratamiento, hasta un reactor anaerobio y finalmente un humedal artificial, para cumplir con la normativa y descargar un efluente de calidad apropiada según los límites de descarga de la normativa correspondiente al Anexo1 del libro VI del TULSMA para Criterios de calidad admisible para la preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Finalmente, el sistema que se escoja, tendrá que cumplir los parámetros socio económicos y técnicos que se planteen.

3.2.3.1. Análisis socioeconómico

Con la ejecución de la encuesta diseñada en el punto 3.2.1 se plantea responder los siguientes objetivos:

- Determinar los posibles beneficios sociales y económicos que generará en la población.
- Determinar los posibles beneficios medio ambientales que influyan en la salud de la población.

El análisis debe obtener respuestas sobre las características económicas y sociales de la zona que será influenciada por el proyecto, como requisito para prever los conflictos sociales que al respecto generará su ejecución y poder así recomendar acciones que posibiliten el diseño, la construcción y operación del sistema con el mínimo impacto.



La metodología que seguirá el análisis corresponde a la Guía para la elaboración de Estudios Socioeconómicos de Proyectos de interés Público de Colombia (Gómez, 1998), básicamente utilizará la información procesada de las encuestas, para comparar los beneficios de las alternativas que se han planteado y decidir por la más viable. Vale aclarar que el estudio se enfoca como una serie de pasos que deben realizarse en el proceso de la toma de decisiones. En este sentido, se reconocen básicamente 4 etapas: (1): Reconocimiento, (2): Pre factibilidad (anteproyecto), (3): Factibilidad (o anteproyecto definitivo), (4): Diseño.

En la etapa de reconocimiento, se trata de establecer, basándose en la información existente, si hay o no alguna razón bien fundada para rechazar la idea del proyecto. Si no la hay se adoptará la decisión de proseguir con el análisis y se especificarán los estudios de la etapa siguiente, para ello se tratará de definir y delimitar la idea del proyecto, identificando los posibles alternativas técnicas y económicas de solución.

En la etapa siguiente, es decir, la de pre factibilidad, se analiza las diferentes alternativas de desarrollo del proyecto planteadas. Se verifica cuál de las dos será viable y rentable, lo cual exige una información más detallada sobre aspectos sociales y económicos.

Por último, en la etapa de diseño se preparan los cálculos y planos de detalle necesarios para la ejecución de la alternativa seleccionada, se especifican las características cuantitativas de ella y se adaptan a las condiciones reales de campo de las obras, equipos e infraestructura necesarios para su realización.

Estarían por delante las etapas de construcción y operación del proyecto (alternativa seleccionada), pero estas no son propiamente etapas de estudio, sino de ejecución y puesta en marcha del mismo.

3.2.3.2. Análisis técnico

Los diseños para la alternativa que se haya seleccionado luego del análisis socioeconómico, tomarán como guía las recomendaciones técnicas del Código de práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, disposición de excretas y Residuos líquidos en el área Rural (CPE INEN 5, 1997), en algunos parámetros será por cumplimiento obligatorio.

Sistemas de Abastecimiento

El diseño de sistemas de abastecimiento contempla los siguientes componentes: obras de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución.

Para obras de captación, se analizan los siguientes componentes:

- Estudio de la fuente, en el caso del proyecto, el Río Guayas, pertenece a una fuente no regulada, ésta debe tener, por lo tanto, un caudal superior al caudal de diseño en cualquier época del año, de manera que se pueda garantizar un suministro continuo. Se debe realizar entonces, estudios hidrológicos que permitan establecer las curvas de duración de caudales



para corrientes superficiales que permitan garantizar la continuidad en el suministro de agua. En el caso de la captación por bombeo que se proyecta, el caudal correspondiente al 95% del tiempo que este es igualado o excedido (Q95) debe ser superior a dos veces el caudal máximo horario.

- Identificar la topografía del lugar donde se pretende ubicar el emplazamiento del equipo de bombeo, para evitar la inundación del mismo. Además, el emplazamiento debe ser aguas arriba de la población y permitir el fácil acceso a la fuente para garantizar la profundidad de sumergencia de la tubería de aducción. También es necesario identificar los posibles obstáculos que tendrá la tubería de aducción para colocar diferentes elementos necesarios que posibiliten su paso y equilibrio, además de los anclajes necesarios para su seguridad ante las fuerzas que actúan constantemente sobre las tuberías.
- Información de los equipos de bombeo y sistematización de los mismos.
- Disponibilidad de energía para el funcionamiento del sistema de bombeo.

Las especificaciones para la red de distribución deben contemplar:

- La red se debe diseñar para el caudal máximo horario.
- Identificar las zonas a servir, en el caso de Puerto Roma, el diseño urbanístico está proyectado a una población sin capacidad de expansión, debido al limitado espacio y además por medidas medioambientales por ser una reserva de mangle protegida.
- El diseño debe estar proyectado para seguir la pendiente del terreno, para trabajar a gravedad.
- Considerar el tipo de terreno y peligros potenciales.

Sistemas de Alcantarillado

El diseño del sistema de alcantarillado debe considerar las siguientes especificaciones técnicas:

- El diseño de la red de recolección es tramo por tramo, considerando el caudal de diseño acumulado para cada uno de ellos.
- El cálculo del caudal de diseño toma en cuenta el caudal de aguas residuales, un aporte de aguas ilícitas y un caudal de aguas de infiltración hacia los colectores.
- La topografía se obtiene a partir de imágenes Raster con ayuda de los programas Google Earth, Global Mapper y Civil 3D (Autodesk, USA).
- Se opta por una red en abanico donde el colector principal se ubica de preferencia en las cotas más bajas.



- Se escoge un Sistema Condominial por su menor costo de construcción y operación, además que involucra mayor participación de los usuarios. Este sistema incluye redes de aguas residuales sedimentadas.
- En los cruces de los sistemas, la red de alcantarillado se localiza por debajo de la red de agua potable, y a una profundidad que garantice su seguridad a las cargas exteriores y que permita descargar libremente las conexiones domiciliarias.
- Existe un pozo de revisión en todo cambio de dirección o pendiente del colector y en los puntos de Intersección de colectores.
- El diámetro mínimo de las tuberías de la red de alcantarillado es de 200mm.
- La distancia máxima entre dos pozos de revisión depende del diámetro de la tubería que los conecta. Para diámetros menores a 350mm, la máxima distancia entre pozos debe ser 100m
- El escurrimiento hidráulico en los colectores de la red no permite la sedimentación de materia orgánica en el Interior de dichos colectores ni tampoco su erosión. Por consiguiente, la velocidad mínima de diseño será de 0,45 m/s y la velocidad máxima para el caudal máximo en la etapa final se recomienda entre 4.5 a 5m/s para evitar erosión.
- El calado máximo de agua en las tuberías no sobrepasa el 75-80% del diámetro (Senagua,2014).
- En todo pozo de revisión, el colector de salida tiene un diámetro igual o superior al de los colectores de entrada.
- Las conexiones domiciliarias utilizan tubería de 50 mm de diámetro y con una pendiente mínima del 1%.
- No se aumenta el diámetro del conducto para reducir la pendiente del colector.
- La pendiente mínima se calcula en función del flujo máximo de la primera etapa, utilizando el criterio de fuerzas tractivas $F > 0.12 \text{kg/m}^2$.
- En tramos de cabecera, se considera el caudal simultáneo mínimo de 1.5l/s.
- Para lograr condiciones óptimas se utilizan colectores parcialmente llenos, con calados máximo y mínimo del 80 y 20% del diámetro respectivamente.

Planta de Tratamiento de aguas residuales.

Para el tratamiento de aguas residuales, es preciso justificar los parámetros y criterios de diseño, según el tipo y sistema de tratamiento adoptado. También se debe tener las siguientes consideraciones a la hora de escoger el sistema:

- Demanda de terreno.
- Costos de construcción y operación.
- Producción de lodos.
- Consumo energético, requerimiento de equipos sofisticados.
- Remoción satisfactoria de parámetros que cumplan con los límites de descarga del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del



Ambiente (Anexo 1: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios).

- Posibilidad de emanación de olores que causen el rechazo de la población.

3.2.3.3. Diseño ingenieril a detalle

Siguiendo las especificaciones técnicas planteadas en el punto anterior, los cálculos, esquemas y planos constructivos, que corresponden al diseño de cada componente del sistema de saneamiento, en función de la alternativa que se ha planteado se describirán en el capítulo 4.

Capítulo 4. Diseño

4.1. Encuesta socioeconómica

El diseño final de la encuesta (*Anexo 1*) consta de 45 preguntas, de las cuales: 12 pertenecen al campo socio económico, 25 al de Agua Potable, 3 sobre Saneamiento y 5 acerca de disposición de Desechos Sólidos. El tiempo estimado para completar la encuesta es de 15 minutos.

La encuesta se realizó el día miércoles 19 de octubre del 2016 desde las 9am hasta la 1pm, en la que intervinieron 4 personas realizando un total de 15 encuestas cada una. A partir de las 60 encuestas realizadas se obtienen resultados tabulados que se muestran en el *Anexo 2*.



4.2. Análisis socioeconómico

El análisis económico tiene como objetivo determinar cuál de las alternativas planteadas anteriormente es más viable para solucionar problemas de consumo de agua, además de justificar la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario y de tratamiento de aguas residuales.

La metodología que utiliza el análisis socioeconómico es producto de la experiencia de proyectos de interés público, lo que implica que se encuentren limitaciones técnicas en el transcurso. El análisis, por lo tanto, considera como partes constitutivas, 4 etapas mencionadas en el apartado 3.2.3.1: i) Etapa de reconocimiento del proyecto, ii) de pre factibilidad, iii) factibilidad y iv) de diseño.

4.2.1. Etapa de reconocimiento del proyecto

En las visitas realizadas a la población de Puerto Roma y además como resultado de la Pregunta 13 de la encuesta, se constata el carente y, además, deficiente, sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento. En su totalidad, los habitantes dependen únicamente de un tanquero que se desplaza por vía fluvial hasta sus viviendas para abastecerles durante largos períodos de tiempo (Tabla 7). Los gastos son altos por el suministro del líquido, además de costos difíciles de cuantificar como el tiempo de acarreo de los tanques desde el lugar del suministro hasta las viviendas, gastos de salud por enfermedades gastrointestinales relacionadas a la ingesta de esta agua, etc.

| PREGUNTA 13:¿CON QUÉ FRECUENCIA LOS VISITA EL TANQUERO? | |
|--|-------------------------|
| 21 | Cada 7 días |
| 39 | Cada 15 días |
| 60 | TOTAL Habitantes |

Tabla 7. Frecuencia de visita del Tanquero

Análisis del Sistema de Abastecimiento actual.

El porcentaje de gastos concernientes al consumo de agua son representativos. El mayor porcentaje de población tiene un ingreso de aproximadamente \$300 (Tabla 8), el mayor porcentaje de la población encuestada, gasta un valor que oscila entre 20 y 40 dólares por servicio de agua (tanquero fluvial). A este valor se adiciona un porcentaje por la compra de agua embotellada gastando hasta \$12 mensuales (Tabla 11 y Tabla 12), (sin considerar el valor de transporte hasta Guayaquil), por lo tanto es indiscutible que la población en un 92% no esté de acuerdo con el valor que paga por el servicio.

| PREGUNTA 7: ¿CUÁNTO GASTA MENSUALMENTE SU FAMILIA? | | |
|---|-------------------|----------|
| | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
| Entre \$100-\$200 | 23 | 38,33 |
| Entre \$200-\$300 | 24 | 40,00 |
| Entre \$300-\$400 | 10 | 16,67 |



| | | |
|-------------------|-----------|---------------|
| Entre \$400-\$500 | 3 | 5,00 |
| TOTAL | 60 | 100,00 |

Tabla 8. Gastos mensuales de la población

Además, se considera que los jefes de hogar son los únicos que aportan económicamente a una vivienda que tiene una alta densidad habitacional (aproximadamente 8 habitantes por casa, Tabla 9). Su actividad económica predominante es la pesca y recolección de cangrejos (Tabla 10/Tabla 10).

| PREGUNTA 1: ¿CUÁNTAS PERSONAS VIVEN EN SU HOGAR? | |
|---|-----------|
| 0-4 Personas | 4 |
| 4-8 Personas | 23 |
| 8-12 Personas | 19 |
| 12-16 Personas | 14 |
| TOTAL | 60 |

Tabla 9. Densidad habitacional de Puerto Roma.

| PREGUNTA 2: ¿QUÉ ACTIVIDAD ECONÓMICA PRINCIPAL PASEE EL JEFE/JEFA DEL HOGAR? | |
|---|-----------------------------------|
| 26 | Recolector de Cangrejo |
| 14 | Pescador |
| 17 | Pescador y recolector de cangrejo |
| 3 | Otro |
| 60 | TOTAL ENCUESTAS |

Tabla 10. Actividades económicas en Puerto Roma.

| PREGUNTA 23: ¿CUÁNTO GASTA MENSUALMENTE POR EL SERVICIO DE AGUA? | | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
|---|----------------------------------|-------------------|------------|
| (1) | NO PAGO NADA | 0 | 0,00 |
| (2) | MENOS DE \$ 20 DOLARES MENSUALES | 5 | 8,33 |
| (3) | ENTRE \$20 Y \$40 MENSUALES | 55 | 91,67 |
| (4) | ENTRE \$40 Y \$60 MENSUALES | 0 | 0,00 |
| (5) | MAS DE \$60 MENSUALES | 0 | 0,00 |
| | TOTAL | 60 | 100 |

Tabla 11. Gasto mensual por servicio de agua.

| PREGUNTA 28. GASTOS MENSUALES POR AGUA EMBOTELLADA. | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
|--|-------------------|------------|
| ENTRE \$1-\$3 | 4 | 6,67 |
| ENTRE \$3-\$6 | 35 | 58,33 |
| ENTRE \$6-\$9 | 12 | 20,00 |
| ENTRE \$9-\$12 | 9 | 15,00 |
| TOTAL | 60 | 100 |

Tabla 12. Gasto mensual en agua embotellada.

Análisis del Sistema de Saneamiento.



En cuanto al sistema de alcantarillado, la población encuestada sostiene que la cobertura del sistema es nula para un 45% de ellos (Tabla 13) y un porcentaje considerable del 25% tienen conexiones que descargan directamente al exterior de sus casas o en acequias que se forman en eventos de inundaciones. La falta de saneamiento que sufre la población implica la proliferación de vectores y enfermedades, evidenciados en los resultados de la encuesta, donde un 31% de la población ha sufrido dengue (Tabla 15), enfermedad que se genera por la propagación de moscas atraídas por desechos y por agua empozada.

| PREGUNTA 39. EN SU VIVIENDA, ¿DISPONE DE SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE EXCRETAS? | | FRECUENCIA | % |
|---|--|-------------------|---------------|
| (1) | SÍ, CON INODORO CONECTADO A FOSA SÉPTICA | 4 | 6,67 |
| (2) | SÍ, CON LETRINA SANITARIA | 0 | 0,00 |
| (3) | SÍ, CON CAJÓN SOBRE POZO NEGRO O ACEQUIA | 14 | 23,33 |
| (4) | SÍ, OTRO SISTEMA. | 15 | 25,00 |
| (5) | NO DISPONE DE SISTEMA | 27 | 45,00 |
| TOTAL | | 60 | 100,00 |

Tabla 13. Sistema de eliminación de excretas actual en Puerto Roma.

| PREGUNTA 38. ¿HA SUFRIDO ALGUNA DE ESTAS ENFERMEDADES? | | FRECUENCIA | % |
|---|----------------------------------|-------------------|----------|
| 1) | TIFOIDEA | 4 | 6,67 |
| 2) | CÓLERA | 2 | 3,33 |
| 3) | AMEBIASIS-DOLOR ESTÓMAGO | 33 | 55,00 |
| 4) | INFECCIONES PARASITARIAS | 29 | 48,33 |
| 5) | IRRITACIONES PARASITARIAS | 8 | 13,33 |
| 6) | IRRITACIÓN DE OJOS Y NARIZ | 10 | 16,67 |
| 7) | AFECCIONES A LA PIEL O DENTADURA | 2 | 3,33 |
| 8) | PALUDISMO | 29 | 48,33 |
| 9) | OTRAS | 46 | 76,67 |

Tabla 14. Enfermedades en Puerto Roma

| 9) OTRAS | FRECUENCIA | % |
|-------------|-------------------|----------|
| Dengue | 19 | 31,67 |
| Chicungunya | 15 | 25,00 |
| Ninguna | 12 | 20,00 |

Tabla 15. Enfermedades más recurrentes.

Por otro lado, el sistema de eliminación de desechos sólidos, atenta contra el medio ambiente e incluso resulta peligroso para la población que está en contacto directo con ellos, ya que el 93% de la población encuestada (Tabla 16), quema dichos residuos, en sus propios terrenos o en zonas aledañas.

| PREGUNTA 41. ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS. | | FRECUENCIA | % |
|--|-----------------|-------------------|----------|
| (1) | BOTA AL TERRENO | 4 | 6,67 |
| (2) | BOTAL AL RIO | 0 | 0,00 |



| | | | |
|--------------|-------------------|-----------|---------------|
| (3) | QUEMA EN CASA | 56 | 93,33 |
| (4) | LA ENTIERRA | 0 | 0,00 |
| (5) | CAMIÓN RECOLECTOR | 0 | 0,00 |
| (6) | OTRO | 0 | 0,00 |
| TOTAL | | 60 | 100,00 |

Tabla 16. Eliminación de desechos sólidos actual.

Diagnóstico.

A partir del análisis global que se realizó, se justifica la implementación de un sistema de saneamiento integral que abarque soluciones de abastecimiento de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y disposición de desechos sólidos, que además resulte económico por sus bajos ingresos y amigable con el medio ambiente.

4.2.2. Etapa de pre factibilidad

En esta etapa, a más de profundizar en el conocimiento de las características socioeconómicas de la población de Puerto Roma, se identifican posibles conflictos que generan las alternativas propuestas en el proyecto en sus diferentes componentes, enfatizando en el análisis y evaluación de aquellos que requieran mayores costos de implantación y dificultades en la operación y mantenimiento, en contraposición con sus beneficios inmediatos, es decir, una evaluación cualitativa costo-beneficio proyecto.

4.2.2.1. Análisis de alternativas para Abastecimiento de Agua.

Como se mencionó en el Capítulo 3, en el acápite 3.2.3 de Análisis de alternativas, se consideran 2 alternativas para el abastecimiento de agua:

Alternativa 1: Comprende el diseño de un sistema de bombeo desde el Río Guayas, para aprovechar agua para usos secundarios y el diseño de un tanque elevado para agua de consumo directo abastecido desde el tanquero fluvial.

Alternativa 2: Comprende el diseño de un sistema convencional que aproveche el agua del Río Guayas para consumo directo.

Dichas alternativas se analizan globalmente en sus distintas etapas, considerando los costos a nivel de pre factibilidad.

En la Tabla 17, el hecho que lleva a descartar la alternativa 2, es el alto costo de tratamiento del agua de la fuente (Río Guayas) para obtener agua potable, debido a que al comparar los parámetros obtenidos durante los análisis realizados (Anexo11) con los parámetros recomendados por la norma CO 10.7-601 sobre Abastecimiento de Agua y Eliminación de Excretas del Código ecuatoriano para el diseño de construcción de obras Sanitarias, el agua de la fuente pertenece al tipo E:

“aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas, sujetas a contaminación industrial, y que por tanto exigen métodos especiales de tratamiento para cumplir con las normas de agua potable”.



Además, en el apartado 4.1.8.4 de dicha norma describe que:

“las aguas del tipo E deberán ser almacenadas previamente para uniformizar sus características, y luego ser sometidas a un pretratamiento antes de pasar por los procesos de tratamiento señalados para el agua tipo C (filtración rápida completa, filtración rápida ascendente/descendente, filtración ascendente o filtración directa descendente) ”.

Los enunciados, por lo tanto, no concuerdan con el principio de tecnología sostenible, que busque seleccionar el método de tratamiento más simple y económico, por requerir tratamientos especiales, complejos en operabilidad, mantenimiento y además costosos, así que se descarta la alternativa 2, y se prosigue a la etapa de factibilidad de la alternativa 1.



| SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA. | | | | |
|---|-------------------|---|---|--|
| ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS | | OBRAS DE CAPTACIÓN | TRATAMIENTO DEL AGUA | RED DE DISTRIBUCIÓN |
| ALTERNATIVA 1 | <u>CONFLICTOS</u> | Requiere un tanque elevado para agua de consumo directo y además un sistema de bombeo para agua de consumo secundario, que encarece el proyecto. | Disminuir los parámetros de conductividad y dureza que ocasionan conflictos con las tuberías e inodoros. | El punto de acceso comunitario que se plantea, puede traer conflictos entre la población porque los consumos no están controlados. |
| | <u>BENEFICIOS</u> | Garantiza un abastecimiento y cobertura total de agua para las actividades diarias de la población. | Obtener agua apta para actividades secundarias que cumplan con el TULSMA. El sistema de tratamiento sería básico, lo que implica facilidad de mantenimiento y operación. | Genera ingresos a la población para el mantenimiento del mismo sistema. Además el diámetro de la tubería de distribución disminuye y abarata costos. |
| ALTERNATIVA 2 | <u>CONFLICTOS</u> | Requiere un sistema con mayor número de horas de bombeo, lo que implica adquirir una planta de energía adicional para cubrir las horas de bombeo. | Cumplir con todos los parámetros que exige el TULSMA en agua potable para consumo de personas, por lo tanto los costos para el tratamiento de desalinización se elevarían considerablemente, además utiliza tecnología compleja y de difícil mantenimiento y operación. | Altos costos en tuberías por tener mayor diámetro. |
| | <u>BENEFICIOS</u> | Garantiza el abastecimiento total y menores gastos de obras de captación. | Obtener agua apta para consumo directo acorde a las normas. | El agua llega en su totalidad a un punto de la vivienda, lo que facilita su acceso. |

Tabla 17. Análisis de pre factibilidad para las alternativas de Sistema de Abastecimiento.



4.2.2.2. Análisis de alternativa para el Sistema de Alcantarillado

El diseño del sistema de Alcantarillado analiza dos alternativas:

Alternativa 1: Implementación de Alcantarillado Sanitario y sedimentadores primarios en cada colector secundario.

Alternativa 2: Implementación de Alcantarillado Combinado.

Basando el análisis en criterios netamente económicos (Tabla 18), la alternativa por la que se opta es la 1, debido a que requiere tubería de conducción de menor diámetro para transportar las aguas residuales únicamente domésticas, lo cual abarata costos, en comparación a la alternativa 2 que requiere mayor capacidad en la red de recolección debido al transporte adicional de aguas pluviales.

| SISTEMA DE ALCANTARILLADO | | |
|-----------------------------|------------------|---|
| ALCANTARILLADO SANITARIO | <u>CONFLICTO</u> | Conduce únicamente aguas domésticas con altos contenidos orgánicos. |
| | <u>BENEFICIO</u> | Evita la exposición de la población a sus desechos domésticos. El diámetro de tubería que requiere el sistema es mínimo, abaratando costos, debido a que los sedimentadores primarios eliminan gran cantidad de material suspendido, llegando a la planta con cargas orgánicas menores. |
| ALCANTARILLADO COMBINADO | <u>CONFLICTO</u> | Implica mayores diámetros en tubería, lo que deriva en mayor costo. Existe el riesgo del ingreso de caudales del Río Guayas cuando existan inundaciones. Además, el agua de alcantarillados combinados es más difícil y más costoso tratar en las plantas depuradoras |
| | <u>BENEFICIO</u> | Evita la exposición de la población a sus desechos domésticos. |

Tabla 18. Análisis pre factibilidad para alternativas del Sistema de Alcantarillado.

4.2.2.3. Análisis de alternativa para el Tratamiento de Aguas Residuales

Únicamente se analiza una alternativa planteada, la implementación de Fosas sépticas ubicadas en las intersecciones de los colectores principales de alcantarillado, para disminuir la carga orgánica de las aguas residuales domésticas y que la planta diseñada con tecnología de reactor anaerobio UASB, trabaje con carga moderada.

Los beneficios y conflictos del reactor UASB se especifican en la Tabla 19:



| <u>BENEFICIOS</u> | <u>CONFLICTOS</u> |
|--|--|
| Sistema compacto, poquísima demanda de terreno. | Posibilidad de la emanación de olores. |
| Bajo costo de construcción y operación. | Sistema poco tolerante para cargas tóxicas. |
| Baja producción de lodos. | Tiempo considerable para el arranque del sistema (4-6 meses en casos extremos) |
| Remoción satisfactoria de DBO (65-75%) | Es necesario un tratamiento secundario. |
| Lodo producido con buenas características para deshidratación. | No existe todavía guías de diseño claras y sistematizadas. |
| No requiere instalación de equipos sofisticados para retención de sólidos. | |
| Tecnología muy eficiente para las condiciones climáticas en la zona | |

Tabla 19. Análisis Pre factibilidad de alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Basando la elección en los beneficios económicos y de operación, se considera que la implementación de un reactor anaerobio puede adaptarse a la población de Puerto Roma que no cuenta con un presupuesto alto para su construcción. La emanación de olores puede controlarse por el tratamiento primario que se plantea en fosas sépticas y controlando el pH.

El tratamiento terciario de desinfección que se plantea antes de descargar en el efluente es el sistema de humedales artificiales, debido a su fácil construcción, su eficiente remoción de patógenos y por desarrollarse con vegetación propia del lugar.

4.2.3. Etapa de factibilidad

Dado a que la población de Puerto Roma, basa su economía básicamente en una sola actividad predominante, que es la recolección de cangrejos y la pesca artesanal, los ingresos económicos son limitados (Tabla 20), tomando en cuenta los gastos mencionados anteriormente en la Tabla 8.

| <u>INGRESOS MENSUALES</u> | <u>FRECUENCIA</u> | <u>%</u> |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------|
| Entre \$100-\$200 | 13 | 21,67 |
| Entre \$200-\$300 | 8 | 13,33 |
| Entre \$300-\$400 | 18 | 30,00 |
| Entre \$400-\$500 | 18 | 30,00 |
| Entre \$500-\$600 | 3 | 5,00 |
| TOTAL | 60 | 100,00 |

Tabla 20. Ingresos promedio mensuales de las familias en Puerto Roma.

En la Tabla 21 se muestra que el mayor porcentaje de familias (73%) no están conformes con el sistema de agua potable con el que cuentan, además de que no se cuentan con sistema de saneamiento alguno. Por lo tanto, la incidencia del proyecto



sobre la población es positiva, debido a que puede satisfacer las necesidades que no han sido atendidas hasta la actualidad.

| PREGUNTA 6: ¿CONSIDERA UD. QUE EL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ACTUAL ES DE BUENA CALIDAD? | | |
|--|-------------------|---------------|
| | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
| SI | 16 | 26,67 |
| NO | 44 | 73,33 |
| TOTAL | 60 | 100,00 |

Tabla 21. Nivel de aceptación de sistemas de agua y saneamiento actuales en Puerto Roma.

Además, en la Tabla 22 que corresponde a la pregunta sobre el valor que estarían dispuestos a pagar en el caso de la implementación de un nuevo sistema, el 78% contestó que mientras el valor se asemeje al que llevan pagando hasta la actualidad (entre 20 y 40 dólares mensuales), estarían de acuerdo en pagar por dicho servicio. Dicha aceptación sobre el presupuesto, es positivo, para poder fijar una tarifa sostenible. Se plantea que los ingresos deberán ser manejados por la estructura política de la parroquia, destinados a la operación y mantenimiento de los sistemas. Además, los operadores manejarán manuales de funcionamiento de los sistemas y el mantenimiento.

| SI SE REALIZAN OBRAS PARA MEJORAR Y/O AMPLIAR EL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO, ¿CUÁNTO PAGARÍA POR EL SERVICIO? (ESPECIFICAR VALOR MENSUAL) | | |
|---|-------------------|---------------|
| | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
| Entre \$15-\$20 | 13 | 21,67 |
| Entre \$20-\$25 | 47 | 78,33 |
| TOTAL | 60 | 100,00 |

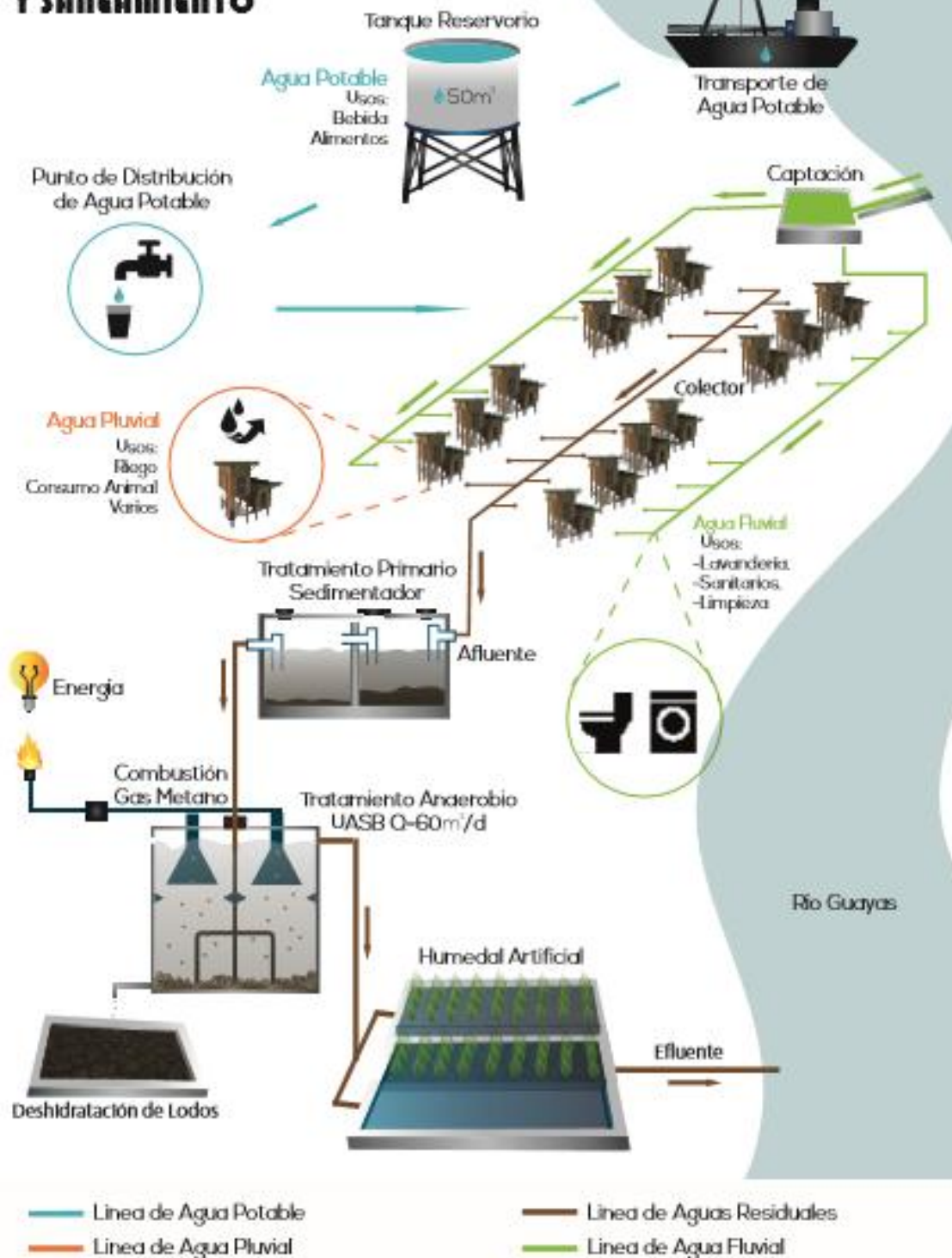
Tabla 22. Aceptación de costo de servicios de Saneamiento.

La implementación del sistema de saneamiento es necesaria para evitar los focos infecciosos que puedan propagarse. Estos conflictos pueden visualizarse como ahorros económicos en concepto de salud pública, tomando en cuenta que los habitantes cuando sufren alguna enfermedad, deben acudir a la ciudad de Guayaquil y esto genera gastos imprevistos, que, de una u otra manera, pueden evitarse si la población cuenta con infraestructura que evite su contacto con los desechos.

Es fundamental obtener la participación de la población, instituciones y gremios que funcionen en la zona de influencia del proyecto, para coordinar financiamiento de construcción, programas y esfuerzos. Para dicha participación, es necesario la elaboración de planes y programas donde quede justificada su realización, así como determinados sus objetivos generales y específicos, alcance espacial y temporal, costos implicados, entidades que podrán participar en desarrollo, entidad responsable de sus ejecución y líneas de financiación.

La Figura 22 resume en forma de esquema las alternativas que se han escogido para el Sistema Sanitario Integral.

RED DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO



Fuente: Autoras.

Figura 22. Descripción del Sistema de Saneamiento Integral

4.2.4. Etapa de diseño

En esta etapa se diseñan los proyectos concretos que materializan los planes y alternativas seleccionadas. En ésta, deben quedar cubiertas las necesidades para las cuales fueron planteadas, a través del diseño ingenieril a detalle, además de obtener un presupuesto detallado con el que se pueda justificar el apoyo gubernamental. Los cálculos y detalles se muestran a partir del apartado 4.3.

4.3. Bases de Diseño

De acuerdo con la NORMA CO 10.7 – 602 “Sistemas de abastecimiento de Agua Potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural” del Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, se han establecido la mayoría de las bases de diseño como a continuación se detalla.

4.3.1. Área de Cobertura

El área de trabajo es aproximadamente 75 hectáreas donde la solución urbanística que planteó el equipo de Arquitectos (Figura 23), durante el desarrollo del proyecto del concurso (como se explicó en el acápite 1.1) consta de 120 viviendas, 1 centro educativo, 1 subcentro de salud, 1 departamento de policía comunitaria, 1 casa comunal, restaurantes, entre otros equipamientos básicos para la población.



Fuente: Equipo de la facultada de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

Figura 23. Propuesta de disposición urbanística de Puerto Roma.

4.3.2. Período de Diseño

Es el periodo definido como el lapso durante el cual una obra o estructura puede funcionar sin ampliaciones o mejoramientos significativos en el sistema, y en el caso de sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, que estos sean capaces de suministrar un buen servicio a la comunidad durante un tiempo suficientemente largo en condiciones adecuadas de servicio con eficiencia, confiabilidad y economía. Para ello se estimó el periodo de diseño para la comunidad de Puerto Roma en 20 años para las distintas unidades que conforman cada sistema planteado.



4.3.3. Población de Diseño

La Población futura de una localidad se estima analizando las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes, en el pasado y en el presente, para hacer predicciones de su futuro desarrollo; sin embargo, debido a la fragilidad del ecosistema de manglar en el que viven, además de la escasez de terreno de expansión, la disposición urbanística que se proyectó tiene un alcance máximo para 1200 personas. Este límite fue establecido de acuerdo a un exhaustivo análisis realizado por un grupo de Arquitectos especialistas en Urbanismo considerando las particularidades del poblado. Este análisis fue parte de las bases del concurso CIU hábitat. Por lo tanto, una vez establecido la población máxima, no fue necesario realizar proyecciones poblacionales para la comunidad.

4.3.4. Niveles de Servicio

Con referencia al grado de facilidad y comodidad con el que usuarios acceden al servicio que les brinda el sistema de abastecimiento de agua potable, en el Anexo 3 se muestra los diferentes niveles de servicio según la norma de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento del INEN aplicables para el diseño:

4.3.5. Dotación

La cantidad de agua promedio que consume cada habitante según el nivel de servicio del Anexo 3, en un periodo de tiempo, proporciona las dotaciones correspondientes de acuerdo al clima de cada región.

La solución escogida para el sistema de abastecimiento de agua está conformada por dos diferentes fuentes de agua: i) conservando el abastecimiento por tanquero fluvial hacia un punto comunitario de fácil acceso y ii) captación del Río Guayas, para los cuales los niveles de servicio correspondientes son la y Ib respectivamente.

Por lo tanto, se cuenta con dos soluciones de agua según su uso, para las que se tiene diferentes dotaciones resumidas en la Tabla 23.

| SISTEMA DE ABASTECIMIENTO | USOS DE AGUA | NIVEL DE SERVICIO | DOTACIÓN (l/hab*día) |
|---------------------------|---|-------------------|----------------------|
| Tanquero fluvial | Uso exclusivo de bebida, preparación de alimentos. | Ia | 30 |
| Captación del Río Guayas | Sanitarios, lavado e higiene en general, usos varios. | Ib | 65 |

Tabla 23. Dotaciones de diseño para el sistema de abastecimiento de agua escogido.

En consecuencia, se considerará una dotación total de 95 l/hab*día, que se utilizará para posteriores cálculos.

No se considerará el factor de fugas debido a que se utilizarán pequeños diámetros en tuberías y el valor sería despreciable.



4.4. Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

El Sistema de Abastecimiento de Agua Potable comprende 2 subsistemas independientes: i) Sistema de abastecimiento por tanquero mediante un punto comunitario ii) Sistema de abastecimiento por captación con tratamiento.

4.4.1. Sistema de Abastecimiento por tanquero.

El sistema consiste en abastecerse de agua potable proveniente de tanqueros fluviales que llegan al puerto y, mediante un sistema de bombeo, el agua llegue hasta un tanque elevado, para distribuirla a gravedad hasta un punto comunitario donde la gente podrá acceder al agua para su consumo directo sin la necesidad de viajar a Guayaquil para obtener agua embotellada (Tabla 24).

| <u>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE – USO DIRECTO.</u> | |
|--|---|
| Fuente: | Tanquero Fluvial |
| Frecuencia de Visita: | Cada 2 días (gestión con el Municipio-propietario) |
| Tiempo estimado de Visita: | 6 horas |
| Captación: | Sistema de Bombeo |
| Unidades requeridas: | Tanque de almacenamiento elevado. |
| Unidades adicionales: | Caseta de máquinas, cerramiento, implementos para el punto comunitario de abastecimiento, planta de energía eléctrica, etc. |

Tabla 24. Descripción 1er Sistema de abastecimiento de agua.

4.4.1.1. Variaciones de consumo

Caudal Medio

$$Q_m = \frac{Pob * D}{86400}, [l/s] \quad (2)$$

Donde:

Q_m : Caudal medio (l/s)

Pob : Población futura (hab)

D : Dotación de consumo directo (l/hab*día)

$$Q_m = \frac{1200hab * 30l/hab * día}{86400}$$

$$Q_m = 0.46l/s$$



Caudal Máximo Diario

$$QMD = KMD * Qm, \quad [l/s] \quad (3)$$

Donde:

QMD : Caudal Máximo diario (l/s)

KMD : Factor de mayoración máximo diario

Qm : Caudal medio (l/s)

El factor de mayoración KMD , correspondiente al código 4.5.1 de la norma, es igual a 1,25 para todos los niveles de servicio.

$$QMD = 1.25 * 0.46l/s$$

$$QMD = 0.58 \text{ l/s}$$

Caudal Máximo Horario

$$QMH = KMH * Qm, \quad [l/s] \quad (4)$$

Donde:

QMH : Caudal Máximo Horario (l/s)

KMH : Factor de mayoración máximo horario

Qm : Caudal medio (l/s)

El factor de mayoración KMH , correspondiente al artículo 4.5.3 de la norma, es igual a 3 para todos los niveles de servicio, pero teniendo en cuenta que el caudal será únicamente para cubrir el consumo directo, es decir, agua para bebida, preparación de alimentos y lavado de alimentos, la variación es menor, por lo tanto, el coeficiente que se adopta es de 1.3 (sugerencia de autoría):

$$QMH = 1.3 * 0.46l/s$$

$$QMH = 0.6 \text{ l/s}$$

Caudal de Bombeo

$$Q_B = Q_{MD} * \frac{24 \text{ horas}}{\text{Nro. horas de bombeo al día}}, \quad \left[\frac{l}{s} \right] \quad (5)$$

Donde:

Q_B : Caudal de bombeo (l/s)

Q_{MD} : Caudal máximo diario calculado al final de período de diseño. (l/s)



Nro. Horas de bombeo al día: Deberá ser justificado plenamente.

Tomando en cuenta que los tanqueros arriban al puerto en horas de la mañana, el bombeo se diseña para un período de 6 horas, que es el tiempo promedio que actualmente se detiene en Puerto Roma, según la encuesta realizada a los habitantes. Además, al no contar con el suministro de energía eléctrica continua, es necesario la adquisición de una planta de energía para el funcionamiento del sistema de bombeo. Por lo tanto, el caudal de bombeo es:

$$Q_B = 2.32 \text{ l/s}$$

4.4.1.2. Diseño de la estación de bombeo.

Las ecuaciones y la metodología utilizada para el diseño, corresponde a la Guía para el diseño de estaciones de bombeo de Agua potable de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS/05.161).

Altura manométrica total

La altura manométrica total H_t , se calcula a partir de la Ecuación (6) que comprende las alturas estáticas de succión e impulsión.

$$H_t = H_s + H_i \quad (6)$$

Donde:

H_i = Altura de impulsión (m).

H_s = Altura de succión (m).

Altura de impulsión

Expresada en la Ecuación(7), está dada por la diferencia de elevación entre el nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada y el eje de las bombas, más la pérdida de carga del lado de la tubería de impulsión.

$$H_i = h_i + \Delta h_i \quad (7)$$

Donde:

h_i = Altura de impulsión desde el nivel superior en relación al eje de la bomba (m).

Δh_i = Pérdida de carga en la tubería de impulsión (m).

- Altura de impulsión: Según el Anexo 6, se identifica la altura geométrica desde el nivel superior del tanque elevado hasta el eje de bombeo.

$$h_i = 4.20 \text{ m}$$



- Para la determinación de las pérdidas de carga por fricción en las tuberías, se utiliza la Ecuación (8) de Hazen Williams:

$$hf = \frac{1.21957 \cdot 10^{10} \cdot L \cdot Q^{1.852}}{C^{1.852} \cdot D^{4.87}}, \quad (8)$$

Donde:

hf = pérdidas por fricción (m)

C =coeficiente de Chézy (Tabla Tabla1, Anexo 4)

L = longitud (m)

D = diámetro interno (mm)

Q = caudal (l/s)

- La determinación de las pérdidas puntuales por accesorios se calcula por la ecuación 8, que parte del principio de conservación de la energía de Bernoulli para fluidos:

$$hl = k \frac{V^2}{2g}, \quad (9)$$

Donde:

hl = pérdidas locales (m)

K = coeficiente del accesorio (Tabla 2, Anexo 4).

V = velocidad (m/s)

- Dimensionamiento teórico de la tubería: Mediante la expresión de Bresse (Ecuación (10)) se determina el diámetro teórico de la tubería de impulsión (Tabla 25):

$$D = 1.3 \lambda^{\frac{1}{4}} Q_b^{\frac{1}{2}}, \quad (10)$$

Donde:

$\lambda = N/24$.

N =Número de horas de bombeo por día.

Q_b = caudal de bombeo en m³/s.

| Número Horas bombeo | CARACTERÍSTICAS DE BOMBEO | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|----------------|
| | Qb (l/s) | λ | D (mm) teórico |
| 6 | 2,32 | 0,25 | 44,28 |

Tabla 25. Características de la estación de Bombeo 1

El período de bombeo que se estableció al principio, requiere un diámetro interior de aproximadamente 45mm. De la Tabla 3 del Anexo 4 sobre tuberías comerciales de PVC, se analizan los posibles diámetros a utilizarse.

- Pérdidas de carga en la tubería de impulsión

Por fricción:



Mediante diámetros comerciales se calculan las pérdidas en la línea de impulsión (Tabla 26).

| D (mm) | t | Presión | L | C | Q | V | hf (pérdidas) (m) |
|-----------|------------|-------------|------------|------------|-------|-------------|-------------------|
| | (mm) | (MPa) | (m) | (PVC) | (l/s) | (m/s) | |
| 50 | 2,4 | 1,25 | 6,7 | 140 | 2,32 | 1,30 | 0,28 |
| 63 | 3 | 1,25 | 6,7 | 140 | 2,32 | 0,82 | 0,09 |
| 90 | 4,3 | 1,25 | 6,7 | 140 | 2,32 | 0,40 | 0,02 |

Tabla 26. Pérdidas por fricción, línea de impulsión 1.

Por accesorios:

Se detallan en la Tabla 27, la cantidad y tipos de accesorios necesarios en la impulsión:

| Accesorio | Cantidad | K | hf (D=50mm) | hf (D=63mm) | hl (D=90mm) |
|--------------------------------------|----------|------|-------------|--------------|-------------|
| Unión universal | 1 | 0,15 | 0,01 | 0,005 | 0,00 |
| Válvula check | 2 | 5 | 0,43 | 0,172 | 0,08 |
| Válvula de compuerta | 3 | 0,2 | 0,02 | 0,007 | 0,00 |
| Codos 90 | 4 | 0,9 | 0,08 | 0,031 | 0,03 |
| Boquilla | 1 | 2,75 | 0,24 | 0,094 | 0,02 |
| Reducción | 2 | 0,15 | 0,01 | 0,005 | 0,00 |
| TOTAL PÉRDIDAS POR ACCESORIOS | | | 0,79 | 0,310 | 0,14 |

Tabla 27. Pérdidas por accesorios, línea de impulsión 1.

Para diámetro de la impulsión que resulta más conveniente para evitar mayores pérdidas, es de **D=90 mm**, teniendo así las pérdidas totales por impulsión:

$$\Delta hi = hf + hl = 0.02 + 0.14 = 0.16m$$

La altura de impulsión por lo tanto es:

$$Hi = hi + \Delta hi = 4.20m + 0.16m = 4.36m$$

Altura de succión

Expresada en la ecuación (11), viene dada por la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua desde la captación, que, en el caso particular, se refiere al nivel del tanquero.

$$Hs = hs + \Delta hs \quad (11)$$

Donde:

$hs =$ Altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior del agua (m).

$\Delta hs =$ Pérdida de carga en la succión. (m)

Para esta determinación, es necesario conocer:



- Diámetro de tubería de succión: Se toma para el cálculo el diámetro comercial inmediato superior de la tubería de impulsión, siendo éste de D=110mm.
- Pérdidas de carga en la tubería de succión:

Por fricción:

Considerando una longitud total requerida en la succión de 6.00 m. Las pérdidas totales se observan en la Tabla 28.

| D (mm) | t | Presión | L | C | Q | V | hf (pérdidas) |
|--------|------|---------|-----|-------|-------|-------|---------------|
| | (mm) | (MPa) | (m) | (PVC) | (L/s) | (m/s) | (m) |
| 110 | 5,2 | 1,25 | 8 | 140 | 2,32 | 0,27 | 0,007 |

Tabla 28. Pérdidas por fricción, línea de succión 1.

Por accesorios:

En el esquema de la bomba (Anexo 6) se pueden observar los distintos accesorios para el sistema de succión para un diámetro D = 110mm. Las pérdidas referidas a accesorios se presentan en la Tabla 29.

| Accesorio | Cantidad | K | hl D=110mm |
|--------------------------------------|----------|------|-------------|
| Boquilla | 2 | 1,75 | 0,02 |
| Codo | 5 | 0,9 | 0,02 |
| Válvula de retención | 0 | 5 | 0,00 |
| Válvula de compuerta | 1 | 0,2 | 0,00 |
| Unión Universal | 2 | 0,15 | 0,00 |
| Válvula check | 0 | 5 | 0,00 |
| TOTAL PÉRDIDAS POR ACCESORIOS | | | 0.20 |

Tabla 29. Pérdidas por accesorios, línea de succión 1.

La pérdida total por tubería de succión es:

$$\Delta h_s = h_f + h_l = 0.007 + 0.20 = 0.207 \text{ m}$$

Así, la altura de succión es:

$$H_s = h_s + \Delta h_s = 1\text{m} + 0.21\text{m} = 1.21\text{m}$$

Por lo tanto, se tiene una altura manométrica total de:

$$H_t = H_s + H_i$$

$$H_t = 1.21\text{m} + 4.36\text{m} = 5.57\text{m} \sim \mathbf{6.0m}$$



Potencia del equipo de bombeo

El cálculo de la potencia de la bomba y del motor viene dado por la ecuación (12):

$$Hp = \frac{Qb * H}{76 * \varepsilon} \quad (12)$$

Donde:

Hp = Potencia de la bomba. (HP)

Qb =Caudal de bombeo. (l/s)

H =Altura manométrica total (m).

ε = Porcentaje de rendimiento

El rendimiento real depende del proveedor o fabricante, en cuyos catálogos se comprueba el valor en las curvas características de cada bomba y motor para conocer sus capacidades y rendimientos reales. Para efecto de cálculo se escoge un valor de rendimiento del 60% para el cual la potencia resulta:

| Rendimiento | H | Q | Hp |
|-------------|------|-------|------------|
| (%) | (m) | (l/s) | (potencia) |
| 0,60 | 6,00 | 2,32 | 0,31 |

Tabla 30. Cálculo potencia Sistema de bombeo 1.

Se escoge trabajar con dos bombas que funcionarán alternamente con una potencia de 0.5-1.0 HP que es la especificación comercial.

Se analiza las posibles alternativas en catálogos comerciales de bombas centrífugas.

Punto de Operación de la Bomba

Con el análisis precedente, se utilizó el catálogo comercial de bombas centrífugas Goulds (USA), que distribuyen sus productos en el país. La Tabla 31 resume las características reales de la bomba escogida que resulta más apropiada técnica y económicamente.

| | | |
|-------------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Especificaciones de la bomba | Marca | GOULDS (USA) |
| | Modelo | Bomba Centrífuga 1 1/2CC8MS |
| | Eficiencia de la Bomba | 62% |
| Especificaciones del motor | Potencia H.P | 1HP |
| | Voltaje nominal | 127/220 V |
| | Velocidad angular | 1750 rpm |
| | NSPH requerido | 3.0 pies o 0.91m |

Tabla 31. Características comerciales bombeo 1.

En el Anexo 5 constan las curvas características de la bomba centrífuga que se ha escogido.

Debe considerarse que la carga de succión está limitada por la carga neta de succión positiva (NPSH) para evitar problemas de cavitación que causen daños físicos, ruidos



molestos, pérdida de rendimiento, incluso reducción de caudal. Debe, además, existir un sumergimiento mínimo de la tubería de succión en el agua que se consideró el máximo sumergimiento hasta el tanquero.

La carga neta de succión positiva es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión del vapor del líquido que se bombea. Esta diferencia es la necesaria para evitar la cavitación. En el diseño de bombas destacan dos valores de NPSH, el disponible y el requerido.

a) *Carga neta de succión positiva disponible (NPSH_d)*

El **NPSH_d** es función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la ecuación (13):

$$NPSH_d = H_{atm} - (H_{vap} + h_s + \Delta h_s) \quad (13)$$

Donde:

H_{atm} = Presión atmosférica (m).

H_{vap} = Presión de vapor (m).

h_s = Altura estática de succión (m).

Δh_s = Pérdida de carga por fricción de accesorios y tubería (m).

Los valores de Presión Atmosférica y Presión de vapor, se han obtenido a partir de la Tabla 4 en el Anexo 4, los cuales dependen respectivamente de la altura sobre el nivel del mar de la comunidad de Puerto Roma y de la temperatura de la misma.

Por lo tanto:

- *Presión atmosférica:* Puerto Roma se ubica a 14 metros sobre el nivel del mar, por lo tanto, le corresponde una presión de 10.31m de agua.
- *Presión de vapor:* La temperatura promedio de Puerto Roma es 23°, por lo tanto, la presión de vapor es 0.289m de agua.
- *Altura estática de succión:* Corresponde al nivel desde el eje horizontal de la bomba, hasta el punto bajo de captación del tanquero, 1m.

$$NPSH_d = 10.31m - (0.289m + 1m + 0.21m)$$

$$NPSH_d = 8.81m$$

b) *Carga neta de succión positiva requerida (NPSH_r)*

Las limitaciones de succión de la bomba están dadas por el fabricante a partir de la curva del **NPSH_r**. Esta curva permite calcular las alturas máximas de succión de la bomba para cada valor de caudal, evitando la cavitación.

$$NPSH_{requerida} = 0.91m$$

Con los valores de NPSH se concluye que:



$$NPSH_d(8.81m) > NPSH_r(0.91m)$$

Por lo tanto, el cumplimiento de esta condición asegura que no se introducirán fenómenos de cavitación al sistema de bombeo.

Esquema del Sistema de Bombeo

El esquema a detalle que representa el sistema de bombeo requerido se muestra en la Figura 1 del Anexo 6.

4.4.1.3. Diseño del Tanque de Almacenamiento

El reservorio elevado es un estanque de almacenamiento de agua que se alimenta directamente desde la fuente (tanquero) mediante bombeo, se encuentra por encima del nivel de terreno y está sostenido por columnas de acero estructural, sobre bases superficiales de hormigón, para las cuales el estudio geotécnico que se realice con anterioridad en la zona de implantación, dará las condiciones de estabilidad de la estructura.

Los objetivos que debe cumplir el tanque de almacenamiento es compensar las variaciones de consumo que se producen durante el día y disminuir el costo económico que actualmente representa la adquisición de agua potable en la comunidad.

Capacidad del reservorio

El diseño del reservorio se basa en el método de la curva de consumo. El reservorio está diseñado únicamente para agua de consumo directo, por lo tanto, no prevé el volumen por incendio o para cubrir interrupciones. Se analiza, por lo tanto, las siguientes condiciones:

a) Variaciones de consumo horarias.

Se precisa disponer de datos suficientes sobre las variaciones de consumo horarias y diarias de la población del proyecto o de una comunidad que presente características semejantes en términos de desenvolvimiento socio-económico, hábitos de población, clima y aspectos técnicos del sistema.

La Figura 24 representa las variaciones horarias de consumo en la población de Puerto Roma a partir de la Tabla (1) en el Anexo (7), que se elaboró a partir de la caracterización de la población que se logró por las encuestas realizadas en el sitio.

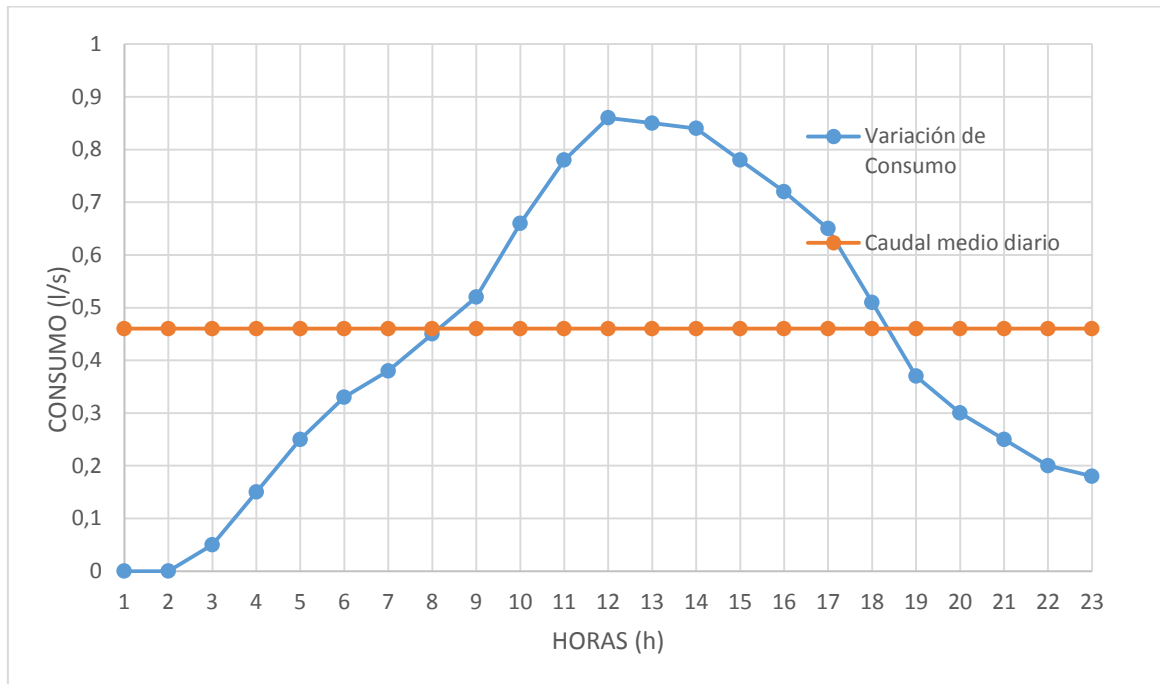


Figura 24. Curva de Variación Horaria, tanque de almacenamiento 1.

b) Régimen de Alimentación

Debido a que la fuente de alimentación del reservorio es mediante bombeo desde el tanquero, el flujo es discontinuo, limitado por un horario de bombeo que se realiza únicamente durante 1 turno (Tabla 32. Régimen de alimentación, sistema de bombeo 1.), debido a que la visita de los tanqueros es únicamente por la mañana.

| Número de horas de bombeo | Horario de bombeo | Caudal de Bombeo |
|---------------------------|-------------------|------------------|
| 6h. | 8am – 2pm | 2.32 l/s |

Tabla 32. Régimen de alimentación, sistema de bombeo 1.

c) Curvas de consumo

Para la determinación de la capacidad teórica del reservorio, se grafica las curvas del caudal horario de consumo acumulado y del caudal de abastecimiento para el día más desfavorable o de mayor consumo. Se determina en este gráfico las diferencias en cada intervalo entre los volúmenes aportados y consumidos. La máxima diferencia será la capacidad teórica del reservorio (Figura 25). En este diagrama, la capacidad del reservorio se determina mediante la suma de los segmentos verticales C1 y C2 (Tabla 33).

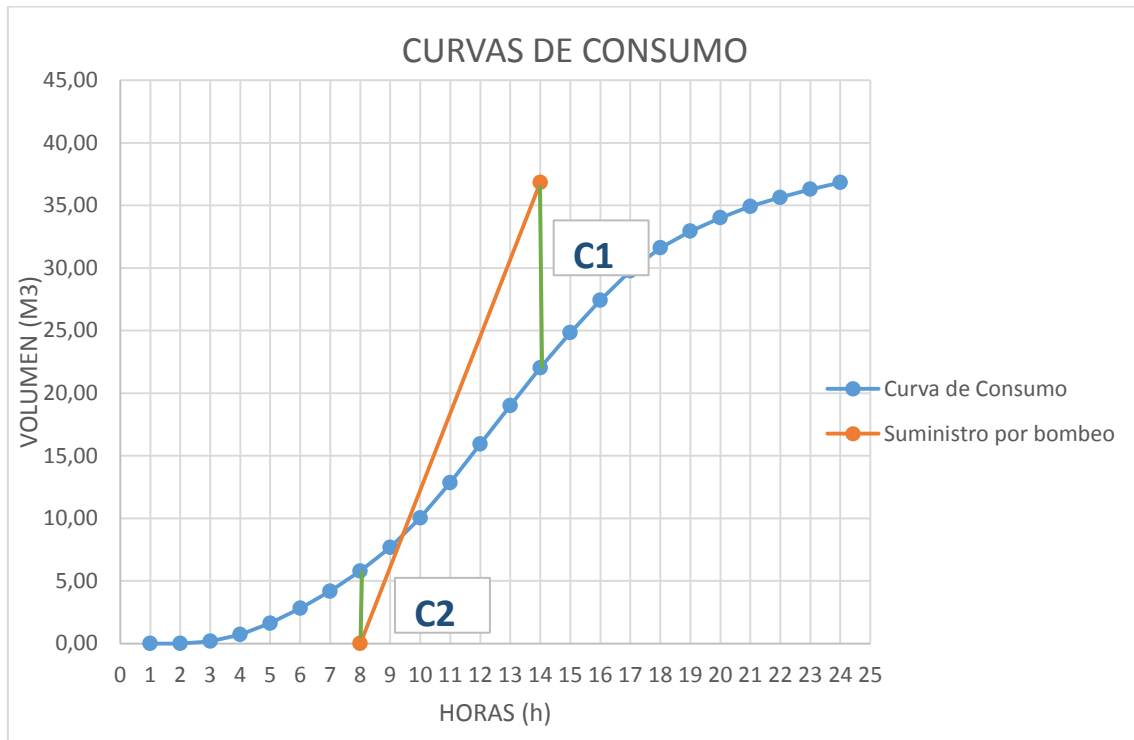


Figura 25. Curvas de Consumo, tanque de reserva 1.

| Segmentos | Valor | Unidad |
|------------------------------|--------------|----------------------|
| C1 | 31,10 | m ³ |
| C2 | 4,18 | m ³ |
| Volumen de regulación | 35,28 | m³ |

Tabla 33. Cálculo volumen de regulación, tanque de reserva 1.

Diseño geométrico e hidráulico

a) Dimensiones

Se determinan las medidas del tanque con base en el volumen de regulación (Tabla 34). Además, su diseño es cilíndrico debido a que tienen la ventaja estructural que las paredes están sometidas a esfuerzos de tensión simple, por lo cual requieren menores espesores, pero tienen la desventaja de costos elevados de encofrado.

| DISEÑO GEOMÉTRICO | |
|--------------------------------|------------|
| Forma | Cilíndrica |
| Altura (m) | 2,00 |
| Diámetro (m) | 5,00 |
| Volumen real (m ³) | 39,27 |

Tabla 34. Diseño geométrico, tanque almacenamiento 1.

- *Tubería de ingreso:* El diámetro de la tubería de llegada al estanque es de 110 mm de PVC.
- *Tubería de distribución:* La tubería de salida hacia la distribución es de 32 mm de PVC con una válvula de compuerta de cierre al final.



- *Rebose*: La tubería de rebose se conectará a la limpieza y su diámetro para un borde libre de 20cm está dado por la Ecuación (14) para orificio sumergido con carga constante.

$$A = \frac{Qb}{C\sqrt{2gH}} \quad (14)$$
$$A = 0.195dm^2$$

Donde:

Q: caudal de llegada o ingreso, por lo tanto, será igual al caudal de bombeo de 2.32 l/s.

A: Área de la tubería de rebose.

g: Gravedad (9.8 m/s²)

H: Carga hidrostática sobre el rebose (0.20 m)

C: Coeficiente de descarga (0.58 a 0.64, según la guía de diseño de tanques de almacenamiento del CEPIS), por lo tanto, se escoge un valor de 0.6 por seguridad.

Por lo tanto, se opta por una tubería de 50 mm de diámetro de PVC.

- *Limpieza*: La tubería de limpieza tendrá un diámetro de 50mm de PVC y dispondrá de válvula de compuerta de cierre de igual diámetro.

b) Pasarela de Circulación:

La pasarela de circulación tiene un ancho de 0.60 m y la baranda está formada por ángulos de acero soldados a la viga.

c) Escalera

La escalera se diseña con pletinas de 40x45 mm y peldaños de cabillas de diámetro de 1.25 cm en circunferencias de 60 cm.

d) Tapa de inspección

Se provee de una tapa de inspección en la parte superior de forma circular de 0.60 m de diámetro, con puerta de bisagra y cerradura para candado.

e) Ventilación

Se dispone de un espacio en el tanque de 20 cm de altura libre para ventilación, además de un tubo de ventilación.



f) Torre

El estanque estará ubicado a la cota de terreno 10 msnm, se proyecta una torre con altura de 3 metros y formada de 4 columnas de acero de perfil (I) y arriostramientos diagonales de sección redonda con tensores y elementos de unión de ángulos soldados.

g) Limitadores de nivel

Se coloca un dispositivo limitador que interrumpe el suministro de energía a las bombas cuando el nivel del líquido llegue al de nivel máximo de agua, destinado a impedir la pérdida de agua a través del rebose.

h) Medidor

Se instala en la tubería de salida con la finalidad de medir los volúmenes de agua entregados en forma diaria y las variaciones del caudal.

i) Borde libre

El reservorio está provisto de una altura libre de 20 cm por encima del nivel máximo de agua, con el objeto de contar con un espacio de aire ventilado.

j) Revestimiento interior

El fondo y las paredes del tanque, son impermeabilizadas con pintura o revestimiento.

Esquema del Tanque de Abastecimiento

En la Figura 1 del Anexo 8, se muestra el esquema y los detalles que conforman el tanque de abastecimiento con todos los accesorios antes señalados.

4.4.2. Sistema de Abastecimiento a gravedad con tratamiento previo

Con la finalidad de aprovechar la fuente hídrica que se tiene frente a la población para satisfacer actividades secundarias (limpieza, sanitarios, etc), la propuesta de este sistema consiste el dimensionamiento de obras de captación del Río Guayas mediante bombeo, hacia un tratamiento básico, para luego ser bombeado nuevamente hacia un tanque de almacenamiento que, por gravedad, distribuirá el agua a la población.

| <u>Sistema de Abastecimiento de Agua Potable – Uso directo.</u> | |
|--|--------------------------------------|
| Fuente: | Río Guayas |
| Tipo de flujo: | Continuo |
| Tratamiento: | Definir por caracterización del agua |
| Captación: | Sistema de Bombeo |



| | |
|------------------------------|---|
| Unidades requeridas: | Tanque de almacenamiento elevado, dos sistemas de bombeo y red de distribución. |
| Unidades adicionales: | Caseta de máquinas, cerramiento, planta de energía eléctrica, etc. |

Tabla 35. Descripción Sistema de Abastecimiento de agua 2.

4.4.2.1. Obras de Captación

El diseño de la captación considera una fuente superficial sin regulación que corresponde al Río Guayas, suponiendo que el caudal del río es superior al caudal mínimo diario para cualquier época. Según la topografía de Puerto Roma, pese a la escasez de variación de niveles, se localizó una zona de mayor altitud para la implantación de la estación de bombeo, lo que evitará la inundación de la misma. Con respecto al nivel de sumergencia de la tubería de succión, el diseño se basó en la experiencia en el lugar de los pobladores y de la inspección en campo.

4.4.2.1.1. Variaciones de consumo

A partir de las fórmulas utilizadas en el apartado 4.4.1.1 se calculan los siguientes caudales:

Caudal Medio

$$Q_m = \frac{Pob * D}{86400}, \quad \left[\frac{l}{s} \right]$$

Donde

D: Dotación (l/hab*día) que pertenece al consumo secundario (aseo, limpieza, etc).

$$Q_m = \frac{1200hab * 65l/hab * día}{86400}$$

$$Q_m = 0.99l/s \sim 1.0l/s$$

Caudal Máximo Diario

$$Q_{MD} = K_{MD} * Q_m, \quad [l/s]$$

$$Q_{MD} = 1.25 * 1.0l/s$$

$$Q_{MD} = 1.25 l/s$$

Caudal Máximo Horario

$$Q_{MH} = K_{MH} * Q_m, \quad [l/s]$$

$$Q_{MH} = 1.4 * 1.0l/s$$



$$QM_H = 1.4 \text{ l/s}$$

Caudal de Captación

Debido a que la fuente de agua es el Río Guayas, se considera que el caudal con el que se cuenta, es mayor al caudal mínimo necesario en cualquier época, además como la captación es mediante bombeo, el cálculo del caudal de captación corresponde al caudal de bombeo.

$$Q_b = Q_{MD} * \frac{24 \text{ horas}}{\text{Nro. horas de bombeo al día}}, \quad \left[\frac{\text{l}}{\text{s}} \right]$$

El número de horas de bombeo en el caso de Puerto Roma, es objeto de un análisis especial, debido a la escasez de energía eléctrica que se evidenció en los resultados de las encuestas. Según la información levantada, se comprobó que se cuentan con 5 horas continuas de energía eléctrica durante la noche, por lo que un mayor número de horas de bombeo requerirá de una planta de energía lo que indica mayor costo de financiamiento. Con estos antecedentes, se analizan 4 alternativas, 2 en el rango de energía continua y 2 asumiendo la presencia de una planta de energía (Tabla 36).

| N (horas de bombeo) | Qb (l/ s) |
|---------------------|-----------|
| 4 | 7.50 |
| 6 | 5.00 |
| 8 | 3.75 |
| 10 | 3.00 |

Tabla 36. Horas de bombeo, sistema de abastecimiento de agua 2.

4.4.2.1.2. Diseño de la estación de bombeo.

Siguiendo la metodología del apartado 4.4.1.2 se calculan las siguientes alturas:

Altura manométrica total

Altura de impulsión

- Altura de impulsión: En la Figura 2 del Anexo 6, se identifica la altura geométrica desde el eje de bombeo, hasta la unidad de tratamiento básico del agua.

$$h_i = 1.80m$$

- Dimensionamiento teórico de la tubería

| Número | BOMBA | | |
|--------|--------------|----------|-------|
| | Horas bombeo | Qb (l/s) | λ |
| 4 | 7,5 | 0,17 | 71,93 |



| | | | |
|----------|-------------|-------------|--------------|
| 6 | 5 | 0,25 | 65,00 |
| 8 | 3,75 | 0,33 | 60,49 |
| 10 | 3 | 0,42 | 57,21 |

Tabla 37. Dimensionamiento teórico línea impulsión 2.

Se opta por el un período de bombeo de 8 horas, requiere un diámetro mínimo de 60.49 mm, además se requiere una planta de energía que permita bombear en distintos turnos. De la Tabla 3 del Anexo 4, de diámetros comerciales de Plastigama para tuberías de PVC se analizan las posibles alternativas:

- Pérdidas de carga en la tubería de impulsión

Por fricción:

| D (mm) | t (mm) | Presión (MPa) | L (m) | C (PVC) | Q (L/s) | V (m/s) | h f (pérdidas) (m) |
|-----------|------------|---------------|-----------|------------|-------------|-------------|--------------------|
| 63 | 3 | 1,25 | 10 | 140 | 3,75 | 1,33 | 0,33 |
| 90 | 4,3 | 1,25 | 10 | 140 | 3,75 | 0,65 | 0,06 |
| 110 | 5,2 | 1,25 | 10 | 140 | 3,75 | 0,43 | 0,02 |

Tabla 38. Pérdidas por fricción, línea de impulsión 2.

Por accesorios:

| Accesorio | Cantidad | K | hf (D=63mm) | hf (D=90mm) | HL (D=110mm) |
|--------------------------------------|----------|------|-------------|-------------|--------------|
| Unión universal | 1 | 0,15 | 0,01 | 0,003 | 0,00 |
| Válvula check | 2 | 5 | 0,45 | 0,108 | 0,10 |
| Válvula de compuerta | 3 | 0,2 | 0,02 | 0,004 | 0,01 |
| Codos | 4 | 0,9 | 0,08 | 0,019 | 0,03 |
| Boquilla | 1 | 2,75 | 0,25 | 0,059 | 0,03 |
| Reducción | 2 | 0,15 | 0,01 | 0,003 | 0,00 |
| TOTAL PÉRDIDAS POR ACCESORIOS | | | 0,82 | 0,20 | 0,17 |

Tabla 39. Pérdidas por accesorios, línea de impulsión 2.

El diámetro para la tubería de impulsión que resulta conveniente por una pérdida no tan apreciable es de D=90 mm, teniendo así las pérdidas totales por impulsión:

$$\Delta h_i = h_f + h_l = 0.06 + 0.20 = 0.26m$$

La altura de impulsión por lo tanto es:

$$H_i = h_i + \Delta h_i = 1.80m + 0.26m = 2.06m$$

Altura de succión

- Diámetro de tubería de succión

Se toma el siguiente diámetro mayor comercial de la tubería de impulsión, siendo éste de D=110mm.



- Pérdidas por fricción en la tubería de succión:

Por fricción:

Considera una longitud total requerida en la succión de 15.00 m.

| D (mm) | t | Presión | L | C | Q | V | hf (pérdidas) (m) |
|--------|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| | (mm) | (MPa) | (m) | (PVC) | (L/s) | (m/s) | |
| 110 | 5,20 | 1,25 | 15,00 | 140 | 3,75 | 0,43 | 0,032 |

Tabla 40. Pérdidas por fricción, línea de succión 2.

Por accesorios:

| Accesorio | Cantidad | K | hl D=110mm |
|--------------------------------------|----------|------|-------------|
| Boquilla | 2 | 1,75 | 0,03 |
| Codo | 5 | 0,9 | 0,04 |
| Válvula de pie | 1 | 2,5 | 0,02 |
| Válvula de compuerta | 2 | 0,2 | 0,00 |
| Unión Universal | 2 | 0,15 | 0,00 |
| Válvula check | 2 | 5 | 0,10 |
| TOTAL PÉRDIDAS POR ACCESORIOS | | | 0.20 |

Tabla 41. Pérdidas por accesorios, línea de succión 2.

La pérdida total de fricción en la tubería de succión resulta:

$$\Delta h_s = h_f + h_l = 0.032 + 0.20 = 0.23 \text{ m}$$

Considerando una altura geométrica de succión de 4.0 m mostrado en la Figura 2 del Anexo 6. Así, la altura de succión es:

$$H_s = h_s + \Delta h_s = 4.0\text{m} + 0.23\text{m} = 4.23\text{m}$$

Por lo tanto, se tiene una altura manométrica total de:

$$H_t = H_s + H_i$$

$$H_t = 4.23 + 2.06\text{m} = 6.29\text{m} \sim \mathbf{6.50\text{m}}$$

Potencia del equipo de bombeo

De los cálculos anteriores se requiere un bombeo con potencia de 0.5-1 HP (Tabla 42).

| Rendimiento | H | Q | HP (potencia) |
|-------------|------|-------|------------------|
| (%) | (m) | (l/s) | |
| 70,00 | 6,50 | 3,75 | 0,46 |

Tabla 42. Potencia Sistema de bombeo 2.



Se analiza en los catálogos comerciales de bombas centrífugas una cuya potencia sea similar o mayor a la proyectada por los cálculos.

Punto de Operación de la Bomba

| | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Especificaciones de la bomba | <i>Marca</i> | GOULDS (USA) |
| | <i>Modelo</i> | BombaCentrifuga11/2CC8MS |
| | <i>Eficiencia de la Bomba</i> | 62% |
| Especificaciones de motor | <i>Potencia H.P</i> | 1HP |
| | <i>Voltaje nominal</i> | 127/220 V |
| | <i>Velocidad angular</i> | 1750 rpm |
| | <i>NSPH requerido</i> | 3pies o 0.91m |

Tabla 43. Características comerciales bombeo 2.

En el Anexo 5 se encuentran las curvas características de la bomba escogida, con las cuales es posible verificar si los modelos de las mismas cumplen los parámetros requeridos en los cálculos anteriores.

a) Carga neta de succión positiva disponible (NPSH_d)

$$NPSH_d = 10.31m - (0.289m + 4.00m + 0.23m)$$

$$NPSH_d = 5.79m$$

b) Carga neta de succión positiva requerida (NPSH_r)

$$NPSH_r = 0.91m$$

Con los valores de NPSH se concluye que:

$$NPSH_d(5.79m) > NPSH_r(0.91m)$$

Por lo tanto, el cumplimiento de esta condición asegura que no se introducirán fenómenos de cavitación al sistema de bombeo.

Esquema del Sistema de Bombeo

El esquema a detalle que representa el sistema de bombeo requerido se muestra en la Figura 2 del Anexo 6.

4.4.2. Tratamiento primario de agua.

4.4.2.2.1. Evaluación de la fuente.

Pese a los esfuerzos de los pobladores de Puerto Roma por encontrar fuentes de agua dulce, la realidad evidencia la escasez de las mismas, en la pregunta 36 de la encuesta socioeconómica, un 58% de la población, afirmó conocer sobre perforaciones en los estratos subterráneos para buscar fuentes de agua dulce, una en

la isla Puná y otra en un asentamiento llamado Cerritos ubicado a unos minutos de la zona. A pesar del alentador porcentaje, también afirmaron que el agua encontrada tenía un alto grado de salinidad, por lo que las habían descartado como fuentes para su propio abastecimiento. Por lo tanto, en el diseño se opta por el Río Guayas como fuente continua para el abastecimiento de Puerto Roma por el alto caudal en todas las épocas del año.

Es necesario realizar un análisis físico, químico, biológico y de metales del Río, para tener una perspectiva de los posibles tratamientos que se puedan realizar al agua, para generar la aceptación de la población en el consumo de la misma.

Metodología

La toma de la muestra de agua de la fuente fue ejecutada por los autores del presente trabajo, utilizando, además, equipos de medición *insitu* de DBO, pH, Oxígeno Disuelto, conductividad y temperatura. Se utilizó un contenedor para mantener la temperatura (Figura 26). Los equipos fueron facilitados por el laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca. Las muestras se tomaron en envases plásticos, conservando la temperatura de las mismas, y para análisis microbiológicos se utilizó envases de vidrio, así como también, para medir DBO. Las muestras se trasladaron el mismo día a la ciudad de Cuenca, para ser llevadas lo más



Figura 26. Equipo utilizado en toma de muestras del Río Guayas.

pronto posible al laboratorio.

Resultados y diagnóstico.

En la Tabla 1 del Anexo 9 se muestra los resultados de laboratorio completos de parámetros físicos, químicos, metales y biológicos.

En cuanto al diagnóstico de la fuente, se comparó con los valores referentes a criterios de calidad (Tabla 3, Anexo 9) del VI Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) tomando en cuenta los parámetros correspondientes a Criterios para Aguas destinadas a fines Recreativos mediante Contacto Primario.



En la Tabla 44 se puede observar los valores que han resultado de los análisis de agua de la fuente en estudio.

| PARÁMETRO | EXPRESADO COMO | UNIDAD | CRITERIO DE CALIDAD |
|----------------------------------|--|-----------|---------------------|
| Parásitos Nemátodos Intestinales | | | Ausencia |
| Coliformes fecales | NMP | NMP/100ml | <1,8 |
| Coliformes Totales | NMP | NMP/100ml | <1,8 |
| Compuestos fenólicos | Fenol | mg/l | 13,1 |
| Grasas y aceites | Película visible | | Ausencia |
| Material Flotante | Visible | | Visible |
| Oxígeno Disuelto | OD | mg/l | 6,8 |
| Ph | Ph | | 7,7 |
| Relación Nitrógeno-Fósforo total | | | 67,11 |
| Tensoactivos | Sustancias activas al azul de metileno | mg/l | 0,01 |

Tabla 44. Resultados de parámetros de calidad según el TULSMA.

Por lo tanto, es necesario analizar mediante una prueba de jarras, el tratamiento correspondiente que pueda disminuir los valores de material flotante para alcanzar los criterios de calidad propuestos.

4.4.2.2. Selección del proceso de tratamiento oportuno.

Para efectuar la selección de las alternativas de tratamiento, es necesario reunir información sobre la calidad de la fuente, con el objetivo de conocer las variaciones que tendrán con el tiempo los parámetros que excedan los límites permisibles de calidad. Según los resultados de los análisis de agua presentados en la Tabla 1 del Anexo 9, el parámetro de calidad que se debe considerar para el tratamiento es el de Turbiedad y Sólidos disueltos totales.

Para encontrar el coagulante y su dosificación, es necesario realizar pruebas de jarras. Se tomó entonces una muestra en el mismo punto donde se realizó inicialmente el análisis de calidad, el día 19 de marzo del 2017. El día anterior al muestreo hubo un evento de lluvia intensa en la zona, por lo tanto, las condiciones desfavorables del agua son óptimas para obtener un resultado más acertado en la prueba de jarras.

En la Tabla 2 del Anexo 9 se muestran los resultados completos de la prueba de jarras del que se pudo obtener los resultados resumidos en la Tabla 45 tras un proceso únicamente de sedimentación.

| <u>Prueba de Jarras: Agua Sedimentada</u> | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| <i>Coagulante</i> | <i>Dosis óptima de coagulante</i> | <i>Remoción de Color</i> | <i>Remoción de Turbiedad</i> |
| Solución de Sulfato de aluminio al | 60mg/l | 97.79% | 97.09% |



| 1% | | | |
|---|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| Polímero | Dosis óptima de Polímero | Remoción de Color | Remoción de Turbiedad |
| Praestro, ligeramente catiónico, al 0.05% | 0.5mg/l | 99.52% | 99.27% |

Tabla 45. Resultados de parámetros físicos tras sedimentación. Prueba de Jarras.

4.4.2.2.3. Diseño del Sedimentador.

El diseño del sedimentador utiliza la metodología encontrada en la Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores (CEPIS, 2014), en los cuales considera que las partículas, aun siendo de diferentes tamaños, se comportan como partículas discretas y aisladas. El proceso de sedimentación tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión dentro de un rango de tamaño de 0.05 y 0.2 mm, con el fin de proteger las bombas de la abrasión y de disminuir los niveles de Color y Turbiedad en el agua, creando aceptación en la población.

El desarenador se compone de 4 partes:

- Zona de entrada: Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.
- Zona de sedimentación: Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.
- Zona de salida: Constituida por un vertedero que tiene la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.
- Zona de recolección de lodos: Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

Determinación de la Velocidad de Sedimentación

La determinación de la Velocidad de Sedimentación utiliza la metodología de cálculo basado en la Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores (CEPIS, 2014). Asumiendo el tamaño de partícula más desfavorable 0.01 mm, un peso específico de un sedimento natural de 1.10 y una temperatura de diseño de 23 ° C (Capítulo 3), a partir de la tabla 1 del Anexo 10 de Densidad y Viscosidad del Agua, se obtiene una viscosidad cinemática (μ) de $0.9403 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{s}$ y una densidad (ρ_a) de $0.99757 \text{gr}/\text{cm}^3$.

Así, dentro de flujo de régimen laminar se aplica la Ley de Stokes para obtener la velocidad de sedimentación a partir de la Ecuación (15)



$$V_s = \frac{1}{18\mu} * g * \left(\frac{\rho_a}{\rho} - 1 \right) * d^2 \quad (15)$$

Donde:

g : Gravedad (981cm/s²)

ρ_a : Densidad del agua (1gr/cm³)

d : Diámetro de la partícula (0.001cm)

Finalmente, la velocidad de sedimentación es $V_s = 0.00058\text{cm/s}$.

Comprobando el número de Reynolds para verificar el tipo de flujo:

$$Re = \frac{V_s * d}{\mu} = 0.07 < 1, \text{ por lo tanto pertenece al régimen Laminar}$$

Criterios de diseño

La Tabla 46 resume los criterios de diseño según CEPIS (2014).

| | | | | | |
|----------------------------|------|---------------------------------------|------------------------------|---------|-------|
| Período de Diseño | 8-16 | (años) | Profundidad | 1.5-2.5 | (m) |
| Tiempo de retención | 2-6 | (horas) | Aboquillado de orificios | 15 | (°) |
| Carga superficial | 2-10 | (m ³ /m ² /día) | Separación pantalla difusora | 0.7-1.0 | (m) |
| Relación Largo/Ancho | 3-6 | - | Pendiente de fondo | 5-10 | (%) |
| Relación Largo/Profundidad | 4-20 | - | Velocidad orificios | <0.15 | (m/s) |

Tabla 46. Parámetros de diseño para Sedimentador según CEPIS

Dimensionamiento

Se determina el área superficial de la unidad (A_s), que es el área superficial de la zona de sedimentación, de acuerdo a la Ecuación (16):

$$A_s = \frac{Q}{V_s} \quad (16)$$

Siendo:

V_s : Velocidad de sedimentación (m/s)

Q : Caudal de diseño (m³/s)

Además la sección de la compuerta de la evacuación de lodos debe mantener la relación mostrada en la Ecuación (17).

$$A_2 = \frac{A_s * \sqrt{H}}{4850 * t} \quad (17)$$



Donde t es el tiempo de vaciado considerado de 2 horas.

Por lo tanto, según los resultados y respetando los criterios de diseño, las dimensiones de las unidades serán:

| | | | | | |
|-------------------------|---------|---------------------|----------------------------|-------|-----|
| Caudal de diseño | 0,00375 | (m ³ /s) | Long. Sedimentación | 10,00 | (m) |
| Velocidad Sedimentación | 0,00058 | (m/s) | Espaciado cámara difusión | 1,00 | (m) |
| Tiempo de vaciado | 0,50 | (h) | Long. Total | 11,00 | (m) |
| Área Superficial (As) | 6,47 | (m ²) | Ancho | 2,00 | (m) |
| Área Compuerta (A2) | 0,004 | (m ²) | Relación Largo/Ancho | 5,50 | - |
| Pendiente de fondo | 8,00 | (%) | Relación Largo/Profundidad | 5,50 | - |
| Profundidad (H) | 2,00 | (m) | Profundidad máxima | 2,16 | (m) |

Tabla 47: Dimensiones de diseño del Sedimentador.

Se determina la velocidad horizontal V_H (m/s) de la unidad mediante la Ecuación (18).

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H} \quad (18)$$

Mediante la Ecuación (19) se determina el tiempo de retención T_o (horas).

$$T_o = \frac{A_s}{B * H} \quad (19)$$

Cumpliendo con los criterios de la Tabla 46 y a partir de la Ecuación (21) se encuentra el número de orificios de la pantalla difusora.

$$A_o = \frac{Q}{V_o} \quad (20)$$

Donde:

V_o : Velocidad en los orificios (m/s)

A_o : Área total de orificios (m²)

$$n = \frac{A_o}{a_o} \quad (21)$$

Donde:

a_o ; Área de cada orificio (m²)

n : Número de orificios.

Además, para el diseño de la pantalla difusora se determina la porción de altura sobre ella:

$$h = H - \frac{2}{5} * H \quad (22)$$



Y consigo, el espaciamiento entre filas (Ecuación (23)) y columnas (Ecuación (24)):

$$a1 = \frac{h}{nf} \quad (23)$$

$$a2 = \frac{B - a1 * (nc - 1)}{2} \quad (24)$$

Con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero (Ecuación (25)).

$$H2 = \left[\frac{Q}{1.84 * B} \right]^{2/3} \quad (25)$$

La Tabla 48 resume los parámetros de diseño que cumplen con los criterios iniciales de la unidad de sedimentación.

| | | | | | |
|-------------------------|--------|-------------------|---|-------|------|
| Velocidad Horizontal | 0,09 | (cm/s) | Altura sobre pantalla con orificios (h) | 1,20 | (m) |
| Tiempo de retención | 3,00 | (horas) | Número de columnas | 9,00 | - |
| Velocidad en orificios | 0,12 | (m/s) | Número de filas | 5,00 | - |
| Área total de orificios | 0,03 | (m ²) | Espaciamiento de filas | 0,24 | (m) |
| Área de cada orificio | 0,0007 | (m ²) | Espaciamiento de columnas | 0,04 | (m) |
| Diámetro de orificio | 0,0304 | (m) | Altura sobre el vertedero(H2) | 0,10 | (m) |
| número de orificios | 43,05 | - | Diámetro tubería lodos | 90,00 | (mm) |

Tabla 48: Diseño hidráulico del sedimentador.

Esquema del Sedimentador.

Las dimensiones proyectadas para el Sedimentador, así como sus detalles constructivos, se muestran en el Anexo 11

4.4.2.3. Tanque elevado de almacenamiento.

4.4.2.3.1. Sistema de bombeo

Previo al diseño del tanque de almacenamiento, es necesario utilizar un sistema de bombeo que impulse el agua hasta el nivel elevado del tanque, para el cual los cálculos necesarios se resumen en la Tabla 49 siguiendo el mismo procedimiento que los anteriores diseños.

| PARÁMETROS DE DISEÑO | | | |
|-----------------------------|------------------|---------------------------------|--------------|
| <i>Horas de bombeo</i> | 8 horas | <i>Caudal de Bombeo /Diseño</i> | 3,75 l/s |
| <i>Diámetro impulsión</i> | 90mm | <i>Diámetro succión</i> | 110mm |
| | VARIABLES | VALOR | TOTAL |
| ALTURA DE | <i>hi (m)</i> | 15,00 | 15,30 |



| | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|------|-------|
| IMPULSIÓN | <i>Pérdidas fricción (m)</i> | 0,10 | |
| | <i>Pérdidas accesorios (m)</i> | 0,20 | |
| ALTURA DE SUCCIÓN | <i>hs (m)</i> | 0,50 | 0,71 |
| | <i>Pérdidas fricción (m)</i> | 0,01 | |
| | <i>Pérdidas accesorios (m)</i> | 0,20 | |
| ALTURA MANOMÉTRICA (m) | | | 16,01 |
| POTENCIA DE LA BOMBA (HP) | | | 1,13 |

Tabla 49. Parámetros de diseño y resultados de Sistema de Bombeo 3.

Asimismo, para evaluar el punto de operación de la bomba, siguiendo el mismo procedimiento, se encontró en el catálogo de Bombas centrífugas "Goulds", la bomba que más se ajuste a los requerimientos cuyos valores específicos se encuentran en la Figura 1 del Anexo 5.

| | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Especificaciones de bomba | <i>Marca</i> | GOULDS (USA) |
| | <i>Modelo</i> | Bomba Centrífuga 1 ½ CC8MS |
| | <i>Eficiencia de la Bomba</i> | 72% |
| | <i>NSPH requerido</i> | 5 pies / 1.52m |
| Especificaciones de motor | <i>Potencia H.P</i> | 1.5 |
| | <i>Voltaje nominal</i> | 127/220 V |
| | <i>Velocidad angular</i> | 1750 rpm |

Tabla 50. Características comerciales bombeo 3.

En cuanto a la verificación de eventos de cavitación, la evaluación de la carga neta de succión positiva se encuentra en la Tabla 51.

| VERIFICACIÓN CAVITACIÓN | FENÓMENO |
|------------------------------------|-----------------|
| <i>NSPH(d)</i> | 9,31m |
| <i>NSPH(r)</i> | 1,5m |
| NSPH(d)>NSPH(r) | |

Tabla 51. Verificación cavitación, sistema de bombeo 3.

Por lo tanto, el cumplimiento de esta condición asegura que no se introducirán fenómenos de cavitación al sistema de bombeo.

El esquema del sistema de bombeo que se requiere, se encuentra dentro de la Figura 2 del Anexo 6.

4.4.2.3.2. Capacidad del reservorio

Asimismo, como en el apartado (4.4.1.3), el diseño del reservorio se basa en el método de la curva de consumo. El reservorio está diseñado para proveer de agua para actividades secundarias que se definieron en las dotaciones.

a) Variaciones de consumo horarias.

Mediante la información levantada en el sitio por medio de encuestas, se obtiene una curva de consumo horario (Figura 27) a partir de la Tabla 2 del Anexo , que se asemeje al consumo de la población.

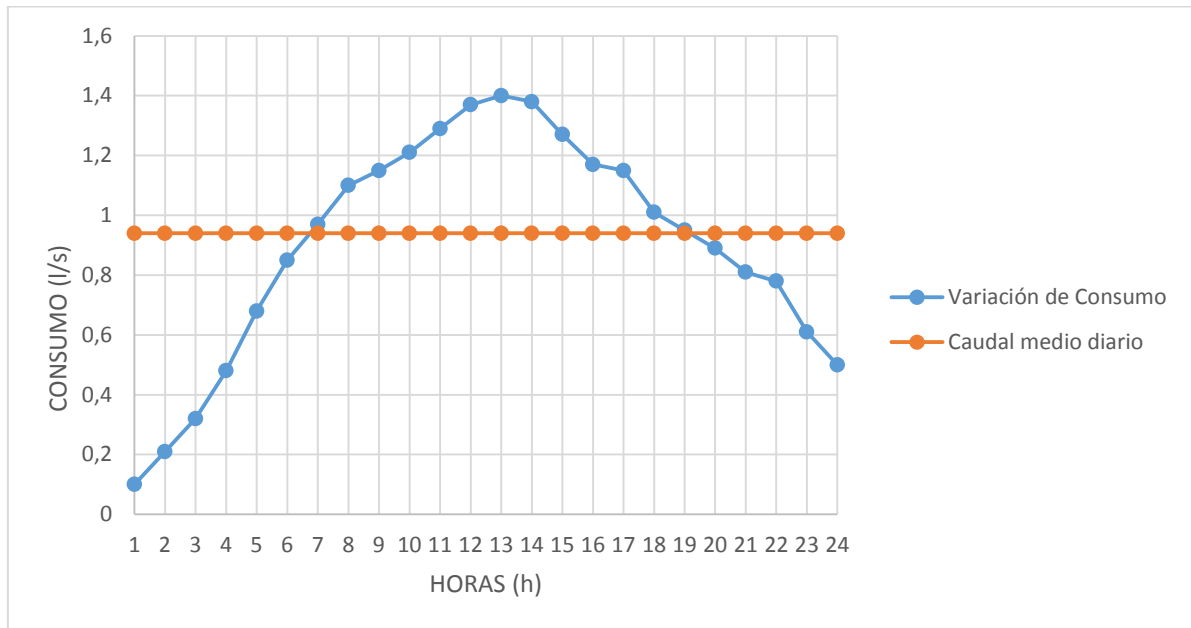


Figura 27. Curva de Variación Horaria, tanque de reserva 2.

b) Régimen de Alimentación

Debido a que se estableció un periodo de bombeo de 8 horas de una fuente con considerable capacidad de agua, que anteriormente pasa por una estructura de sedimentación que tiene un período de retención de 3 horas, se pueden considerar distintos turnos de bombeo para reducir el tamaño del tanque de almacenamiento.

En consideración a la afirmación anterior y con fines comparativos, se establecen dos horarios de diseño (Tabla 52) para obtener un volumen de regulación para cada uno.

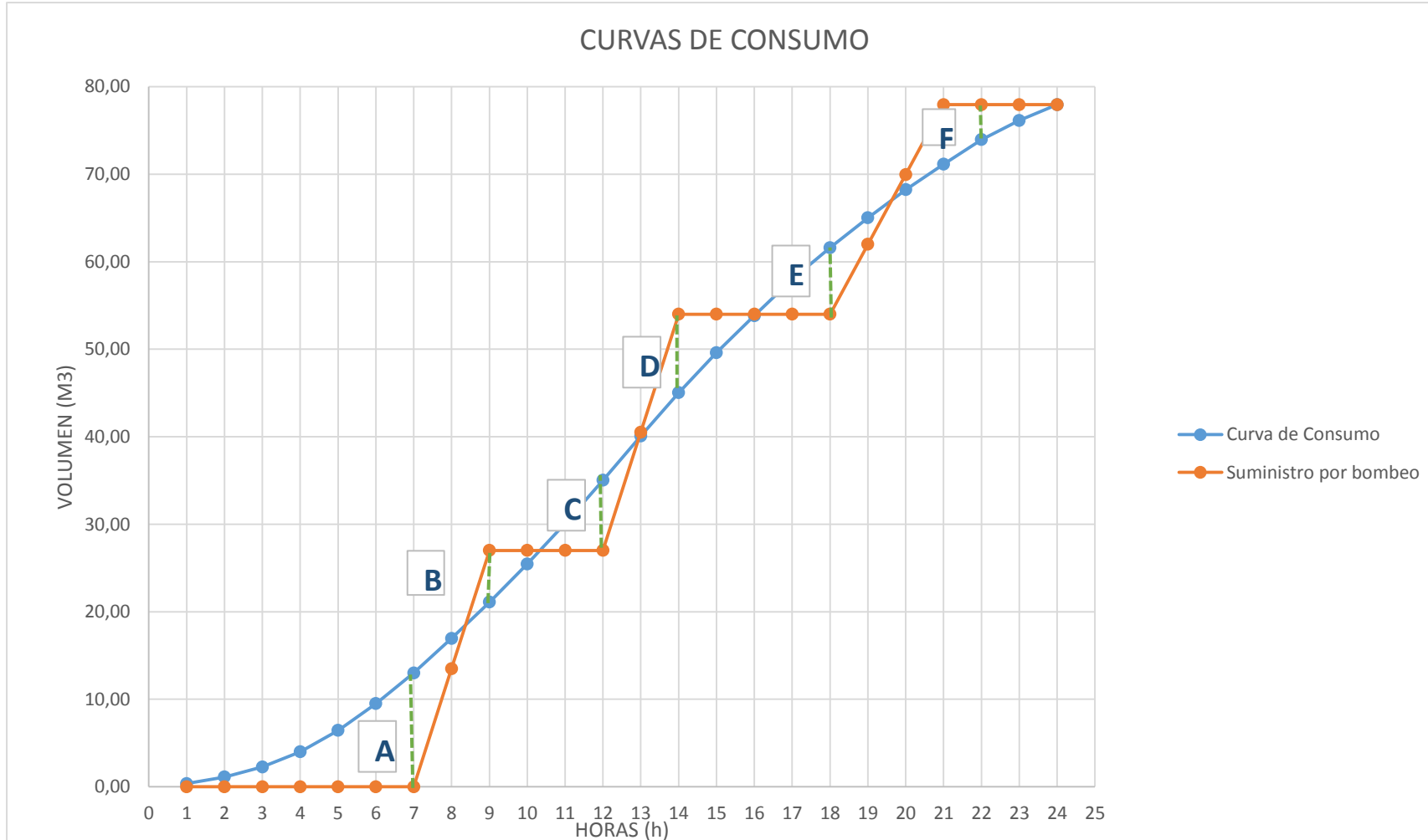
| | Horario de bombeo | Caudal de Bombeo |
|---------------|-------------------|------------------|
| Alternativa 1 | 8am – 10am | 3.75 l/s |
| | 1pm – 3 pm | |
| 7pm – 11 pm. | | |
| 4am – 7am | | |
| Alternativa 2 | 12pm – 2pm | |
| | 7pm – 10 pm | |
| | | |

Tabla 52. Alternativas de turnos de bombeo, para el sistema de bombeo 2.

c) Curvas de consumo

El método que se utiliza es el mismo que el apartado (4.4.1.3.), en el cual se determina el volumen teórico del reservorio a partir de sumar los máximos segmentos verticales que se formen entre las curvas de caudal horario y la curva de bombeo.

Así, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la Figura 29, se muestran las curvas de consumo que se generan a partir de los turnos de bombeo para las 2 alternativas que se fijaron anteriormente.



- Alternativa 1:



- Alternativa 2:

Figura 28. Curva de Consumo, alternativa1/Tanque de reserva 2.

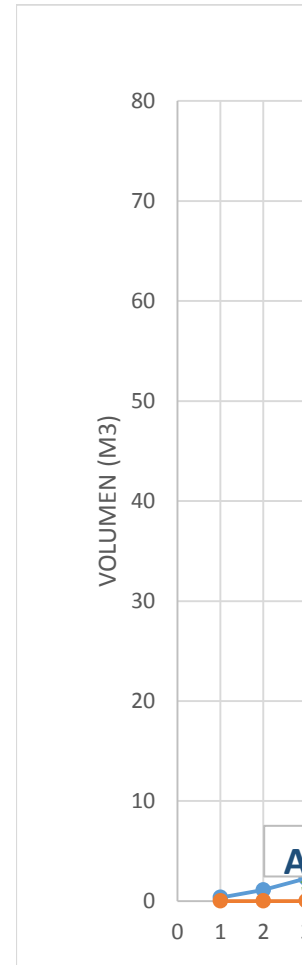




Figura 29. Curva de Consumo, alternativa 2/Tanque de reserva 2.



Los segmentos que se generaron a partir de las gráficas anteriores son:

| SEGMENTOS | 1ER DISEÑO | 2DO DISEÑO |
|-------------------|----------------------------|------------|
| A | 13,00 | 2,27 |
| B | 5,90 | 31,00 |
| C | 8,03 | 10,40 |
| D | 8,96 | 27,43 |
| E | 7,60 | 5,90 |
| F | 34,06 | 6,8 |
| 1ER DISEÑO | A+F (m³) | 47,06 |
| 2DO DISEÑO | A+B (m³) | 32,27 |

Tabla 53. Cálculo volumen del tanque de reserva 2.

Comparando los resultados de la Tabla 53 se afina el diseño de la alternativa de bombeo, para el que se obtiene un volumen menor de regulación del tanque de 32,27 m³.

4.4.2.3.3. Diseño geométrico e hidráulico

Con base en el volumen de regulación calculado, se dimensiona el tanque (Tabla 54), siendo éste de forma cilíndrica.

| Diseño Geométrico | |
|--------------------------------|------------|
| Forma | Cilíndrica |
| Altura (m) | 2.20 |
| Diámetro(m) | 5.00 |
| Volumen real (m ³) | 43.20 |

Tabla 54. Diseño Geométrico tanque de reserva 2.

La tubería de ingreso, rebose, limpieza, pasarela de circulación, escalera, boca de visita, ventilación, torre, limitadores de nivel y revestimiento interior del tanque de almacenamiento, tienen los mismos valores y consideraciones que el diseño utilizado para el tanque de almacenamiento del apartado (4.4.1.3).

4.4.2.4. Red de distribución

4.4.2.4.1. Parámetros de diseño y descripción de la Red hidráulica.

El diseño de la red de distribución contempla los siguientes criterios resumidos en la Tabla 55 :

- El caudal de diseño es el valor correspondiente al caudal máximo horario.
- Debido a que la zona no considera expansión de la población, es decir, está limitada al diseño y la disposición urbanística planteada, se considera el diseño como red cerrada por el método de áreas, debido a que las áreas de aporte resultan homogéneas, es decir, se podrá contabilizar el número de personas que habiten en cada área de aporte.
- Al no tener vías de acceso vehicular, la profundidad mínima que tiene la clave de la tubería es de 0.9 m para evitar costos altos de excavación.



- Para que la red trabaje con presiones adecuadas, la implantación del tanque elevado está en la zona más elevada topográficamente y la altura a la que se encuentre, está ligada al cumplimiento de las presiones mínimas que garanticen un servicio adecuado hasta las viviendas.
- Para el análisis hidráulico del sistema de distribución se utiliza el método de Hardy Cross (Streeter, 1981).
- La red de agua, en su totalidad, está por encima del alcantarillado a una distancia de 1.00 m horizontalmente y 0.3 m verticalmente.

A pesar que la Norma Ecuatoriana de la Construcción para el Diseño de Redes de distribución de Agua en Zonas Rurales estima que el valor de velocidad mínima no puede ser menor a 0.4 m/s y que la presión mínima es de 15 mca, se considera reducir los valores mínimos, a 0.2 m/s y 3.5 mca respectivamente. Este ajuste se plantea debido a que el agua transportada no es para consumo humano, y sus usos (limpieza, sanitarios, etc.) pueden tener una eficiencia inferior al 100% para no encarecer el sistema; además, se considera que las viviendas están diseñadas para tener la cocina y el baño en la planta baja.

| <u>PARÁMETRO</u> | <u>VALOR</u> | <u>PARÁMETRO</u> | <u>VALOR</u> |
|--|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Población:</i> | 1200 hab. | <i>Presión Mínima:</i> | 3.5 mca. |
| <i>Dotación:</i> | 65 l/hab*día | <i>Presión Máxima:</i> | 25 mca. |
| <i>Coefficiente fricción (Hazen W)</i> | 140 PVC | <i>Velocidad Mínima:</i> | 0.2 m/s |
| <i>Caudal de diseño (QMH):</i> | 1.4 l/s | <i>Velocidad Máxima:</i> | 2 m/s |
| <i>Período de diseño:</i> | 20 años | <i>Material de tubería:</i> | Policloruro de Vinilo (PVC) |

Tabla 55. Parámetros de diseño para Red de distribución

4.4.2.4.2. Descripción de los Materiales.

El material utilizado para la tubería de la Red es el Policloruro de Vinilo (PVC) por la facilidad de trabajo, mantenimiento y bajo costo en obra. Los diámetros comerciales corresponden a un catálogo comercial y se resumen en la Tabla 1 del Anexo 12. El diámetro que se utiliza permite que la velocidad en la conducción no exceda la velocidad máxima y supere la velocidad mínima establecidas para el cálculo.

4.4.2.4.3. Formulación

La pérdida por fricción viene dada por la ecuación (26) de Darcy-Weisbach,.

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (26)$$

Donde:

h_f = Pérdida por fricción (m).

f =Factor de fricción adimensional

L = Longitud de tubería (m).

D = Diámetro interior de tubería.

V =Velocidad del flujo. (m/s)

Para encontrar el factor de fricción se utiliza la fórmula de Colebrook – White, dependiendo del valor del número de Reynolds (R), el cual, según Streeter (1981), define el tipo de flujo:

- Si $R < 2000$, el flujo se considera como laminar. Ecuación (27).



- Si $R > 2000$, el flujo es turbulento. Ecuación (28).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0.86 \ln \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{R * \sqrt{f}} \right) \quad (27)$$

$$f = \frac{64}{R} \quad (28)$$

Donde:

ϵ/D = Rugosidad relativa

R = Número de Reynolds. Ecuación (29)

$$R = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (29)$$

Donde:

ν = es la viscosidad cinemática del fluido, tomando como referencia el valor de 1.007×10^6 m²/s, que resulta de relacionar la viscosidad con la temperatura (23°C) en la Tabla 2 del Anexo 12.

En cada conducción se determina el factor de fricción en función del régimen del fluido en dicha conducción, utilizando la fórmula que corresponda según sea necesario para calcular la caída de presión. Se utiliza como umbral de turbulencia $R = 2000$ para flujo laminar.

4.4.2.4.4. Cálculo de la Red

Se utiliza el Programa de Diseño de Redes de distribución de agua, Cypecad (USA), que modela el flujo a partir de las fórmulas del apartado (4.4.2.4.3), además de asignar caudales a cada nodo que forma la malla cerrada de tubería que se muestra en el Anexo 13, y también de ingresar a cada uno su respectiva cota de terreno.

Los caudales asignados se calculan empezando por determinar el valor del caudal unitario por la Ecuación (30), el cual, al multiplicarse por el número de habitantes que se asigne a cada nodo, resultará el caudal que le corresponde (Ecuación (31)). El número de habitantes se asigna por el número de viviendas que se pueden contabilizar (desde la implantación) en el área de aporte que se muestra en el Anexo 13, considerando una densidad de habitacional de 7 personas por vivienda a partir de los resultados de la pregunta 1 en la *Tabla 3* de la encuesta socioeconómica realizada a la población.

$$Q_i = QMH/Pob \text{ (l/s/hab)} \quad (30)$$

$$Q_{Nudo} = Q_i * \#Habitantes \text{ (l/s)} \quad (31)$$

La Tabla 2 del Anexo 13 resume los valores asignados para cada nodo:



4.4.2.4.5. Resultados

El diseño completo de la Red se encuentra en el Anexo 12. La Tabla 56 presenta los resultados de presiones en cada nodo que forma la red tras la modelación en el programa Cypecad, cuyas columnas muestran:

Columna 1: Número de Nodo.

Columna 2: Cota (msnm)

Columna 3: Caudal (l/s)

Columna 4: Altura piezométrica (m.c.a)

Columna 5: Presión Estática (m.c.a).

| NODO # | Caudal | Cota (m) | ALT. PIEZ. (mca) | PRESIÓN ESTÁTICA(mca) |
|---------|--------|----------|---------------------|--------------------------|
| NC1 | 0,074 | 10,00 | 18,33 | 8,33 |
| NC2 | 0,065 | 11,00 | 21,25 | 10,25 |
| NC3 | 0,090 | 11,00 | 17,83 | 6,83 |
| NC4 | 0,090 | 10,00 | 16,74 | 6,74 |
| NC5 | 0,065 | 10,00 | 18,86 | 8,86 |
| NC6 | 0,074 | 10,00 | 16,52 | 6,52 |
| NC7 | 0,090 | 9,00 | 15,35 | 6,35 |
| NC8 | 0,074 | 10,00 | 18,33 | 8,33 |
| NC9 | 0,074 | 10,00 | 18,33 | 8,33 |
| NC10 | 0,074 | 10,00 | 18,33 | 8,33 |
| NC11 | 0,065 | 9,00 | 14,74 | 5,74 |
| NC12 | 0,090 | 10,00 | 13,23 | 3,26 |
| NC13 | 0,041 | 9,00 | 13,18 | 4,18 |
| NC14 | 0,065 | 8,00 | 13,36 | 5,36 |
| NC15 | 0,065 | 8,00 | 12,34 | 4,34 |
| NC16 | 0,065 | 8,00 | 12,05 | 4,05 |
| Escuela | 0,292 | 9,00 | 14,5 | 5,5 |
| NT1 | 0,000 | 9,00 | 14,19 | 5,19 |
| NT2 | 0,000 | 9,00 | 14,2 | 5,2 |
| NT3 | 0,000 | 8,00 | 12,81 | 4,81 |
| NT4 | 0,000 | 8,00 | 12,75 | 4,75 |

Tabla 56. Resultados de Presiones en los nodos de distribución.

De los resultados obtenidos, se encuentran las presiones dentro del rango deseado, por lo que no se considera colocar válvulas reguladoras de presión. La Tabla 57, detalla los valores hidráulicos de diseño para cada tramo de tubería, donde cada columna representa:

Columna 1: Nodo inicial del tramo.

Columna 2: Nodo final del tramo.

Columna 3: Longitud del tramo.

Columna 4: Diámetro interno (comercial) de diseño.

Columna 5: Pérdidas de carga (flujo, velocidad)

Columna 6: Velocidad de flujo.

Columna 7: Presión Dinámica disponible.



Al comparar resultados de presión dinámica y velocidad mínima que se plantearon en los parámetros de diseño, se confirma el cumplimiento del diseño con los menores diámetros, resultando beneficioso desde punto de vista económico, al tener menores volúmenes de excavación, bajos diámetros comerciales y además no tener la necesidad de válvulas reguladoras de presión o de caudales.

| Inicio | Final | Longitud | Diámetros | Caudal | Pérdidas. | Velocidad | Presión Dinámica |
|----------|---------|----------|-----------|--------|-----------|-----------|------------------|
| | | m | mm | l/s | m.c.a. | m/s | m.c.a. |
| Depósito | NC2 | 54,32 | DN50 | 1,85 | 0,08 | 1,07 | 9,92 |
| NC2 | NC1 | 57,75 | DN20 | 0,15 | 0,07 | 0,67 | 10,18 |
| NC2 | NC3 | 74,12 | DN20 | 0,62 | 0,05 | 0,93 | 10,20 |
| NC1 | NC4 | 90,27 | DN20 | 0,08 | 0,12 | 0,36 | 8,21 |
| NC2 | NC5 | 67,85 | DN40 | 1,02 | 0,11 | 0,95 | 10,14 |
| NC3 | NC6 | 37,91 | DN20 | 0,52 | 0,16 | 0,75 | 6,67 |
| NC5 | NC4 | 64,15 | DN20 | 0,12 | 0,28 | 0,53 | 8,58 |
| NC5 | NC6 | 86,10 | DN20 | 0,10 | 0,47 | 0,47 | 8,39 |
| NC4 | Escuela | 79,00 | DN20 | 0,10 | 0,36 | 0,48 | 6,38 |
| NC5 | NC8 | 80,06 | DN40 | 0,79 | 0,25 | 0,73 | 8,61 |
| NC6 | NC9 | 81,90 | DN32 | 0,56 | 0,64 | 0,84 | 5,88 |
| Escuela | NC7 | 24,19 | DN20 | 0,12 | 0,24 | 0,54 | 5,26 |
| NC8 | NC7 | 37,18 | DN25 | 0,29 | 0,33 | 0,77 | 8,00 |
| NC8 | NC9 | 82,87 | DN20 | 0,14 | 0,84 | 0,63 | 7,49 |
| NC7 | NC10 | 58,67 | DN20 | 0,08 | 0,71 | 0,34 | 5,64 |
| NC8 | NC11 | 57,00 | DN25 | 0,27 | 0,54 | 0,72 | 7,79 |
| NC9 | NC12 | 58,36 | DN20 | 0,03 | 0,62 | 0,20 | 7,71 |
| NC11 | NC10 | 38,02 | DN20 | 0,05 | 0,39 | 0,24 | 5,35 |
| NC11 | NC12 | 80,90 | DN20 | 0,08 | 0,92 | 0,37 | 4,82 |
| NC10 | NT1 | 16,19 | DN20 | 0,07 | 0,09 | 0,23 | 8,24 |
| NC11 | NT2 | 37,90 | DN20 | 0,08 | 0,26 | 0,34 | 5,48 |
| NC12 | NC13 | 66,04 | DN63 | 0,04 | 0,55 | 0,21 | 2,71 |
| NT2 | NT1 | 33,82 | DN20 | 0,03 | 0,36 | 0,20 | 4,84 |
| NT2 | NC13 | 74,31 | DN20 | 0,07 | 0,95 | 0,32 | 4,25 |
| NT1 | NC14 | 51,80 | DN20 | 0,08 | 0,47 | 0,35 | 4,72 |
| NC13 | NT4 | 49,27 | DN20 | 0,05 | 0,32 | 0,24 | 3,86 |
| NC14 | NT3 | 39,02 | DN20 | 0,07 | 0,28 | 0,32 | 5,08 |
| NT3 | NT4 | 57,69 | DN20 | 0,03 | 0,42 | 0,20 | 4,39 |
| NT3 | NC15 | 49,49 | DN20 | 0,06 | 0,56 | 0,26 | 4,25 |
| NT4 | NC16 | 53,87 | DN20 | 0,07 | 0,68 | 0,31 | 4,07 |

Tabla 57. Resultados hidráulicos en tramos de Red de distribución

La Tabla 58 presenta la cantidad (metros) de tubería de PVC necesarios para tender la red de agua que abastecerá a la población de Puerto Roma, para actividades secundarias.

| DIÁMETRO COMERCIAL | LONGITUD (m) |
|--------------------|--------------|
| DN50mm | 54,32 |
| DN32mm | 33,82 |
| DN25mm | 94,18 |
| DN20mm | 1249,68 |



| | |
|-----------|---------|
| TOTAL (m) | 1432,00 |
|-----------|---------|

Tabla 58. Longitud total requerida en Red de distribución.

4.5. Diseño del Sistema de Saneamiento

4.5.1. Alcantarillado Sanitario

4.5.1.1. Densidad Poblacional

La densidad poblacional es el número promedio de habitantes de un área por unidad de superficie. Para este proyecto se conoce que el número de habitantes es de 1200 y la extensión de la Comunidad de Puerto Roma es de aproximadamente 6 ha., con lo que se obtuvo una densidad poblacional de 200 hab/ha.

4.5.1.2. Topografía

Se obtuvo a partir de imágenes satelitales estereoscópicas de alta resolución, las cuales permiten obtener Modelos Digitales de Elevación (MDE) con alto nivel de detalle para la obtención de curvas de nivel. Para ello se emplearon los programas Google Earth y Global Mapper 18. Con la Ayuda de Google Earth se obtuvo la imagen satelital de la Comunidad de Puerto Roma que posteriormente fue convertirá en Imagen Raster con el programa Global Mapper, pudiendo así obtenerse las curvas de Nivel de la zona de estudio.

4.5.1.3. Sistema a Diseñar

El proyecto contempla un sistema sanitario condominial que está compuesto por 25 tramos y 26 cámaras de inspección y cuenta con dos colectores (Colector Principal y Colector Secundario); El Colector Principal recoge todas las aguas sedimentadas producto de un tratamiento preliminar en los pozos sedimentadores (pozos sépticos). Los Colectores Secundarios recogen el agua residual doméstica y la conducen hacia los sedimentadores, estos posteriormente descargarán en el Colector Principal el agua sedimentada.

4.5.1.4. Áreas Tributarias

Con la geometría de la red establecida, se determinan las áreas tributarias a cada uno de los tramos de la red (con base en el área tributaria a cada tramo), las cuales se utilizan en el cálculo de los caudales residuales. Estas áreas se explican en detalle en el Esquema 1 del Anexo 18. Para determinar el tamaño de la superficie de cada área tributaria, se utilizó el software de diseño asistido por computador, CivilCad 3D. En la Tabla 1 del Anexo 18 se presentan los valores de las áreas tributarias cuyo caudal se descarga en el tramo T8_9. Se determina tanto el área tributaria propia del tramo, como el área tributaria que proviene de otras zonas y cuyo caudal será transportado a través de éste. Las áreas tributarias se acumulan con la conectividad que tengan los tramos. Empresa de servicios públicos de Colombia (EPM, 2014).

4.5.1.5. Coeficiente de Retorno

Este coeficiente valora el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado sanitario, en razón de sus múltiples usos como riego, lavado de pisos, cocina y otros. Según las Normas ecuatorianas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (1992), el coeficiente (R) para comunidades que no



disponen de sistemas de alcantarillado, puede utilizar valores de literatura técnica. Así se estima el coeficiente (R) en base a recomendación de la Guía de para el diseño de tecnologías de Alcantarillado (2005) donde el rango recomendado está entre 0.80 a 0.85.

4.5.1.6. Factor de Mayoración

El coeficiente de mayoración, permite determinar las variaciones máximas y mínimas de que tiene el caudal de aguas servidas en relación con las variaciones de consumo de agua potable y permite tener un margen de seguridad.

Un sistema de alcantarillado se proyecta para el mayor volumen de agua esperado y debe tener suficiente capacidad como para transportar el gasto máximo horario en el día de mayor caudal en el año.

Para su determinación se emplean fórmulas que relacionen el coeficiente con la magnitud de población, las ecuaciones más usadas son:

- a) Coeficiente de Harmon: su alcance está recomendado a poblaciones de 1000 a 100000 habitantes, sin embargo, no se señala ninguna limitación.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + P^{0.5}} \quad (32)$$

- b) Coeficiente de Babbit: Se restringe la a aplicación de esta fórmula a un valor máximo de 10000 habitantes y un valor mínimo de 1 habitante.

$$M = \frac{5}{P^{0.5}} \quad (33)$$

- c) Coeficiente de Giff: Para Giff la fórmula no tiene límites poblacionales.

$$M = \frac{5}{P^{0.167}} \quad (34)$$

En todos los casos

M= Coeficiente de punta

P = Población en miles de habitantes

Para poblaciones con orden de magnitud superior a 100000 habitantes. Se recomienda utilizar los valores que se refieren a los máximos consumos horarios de agua potable:



M= 2.00 a 2.50

Considerando que la población de Puerto Roma es de 1200 habitantes, para este proyecto se empleará la ecuación (31) de Babbitt ya que se aplica para poblaciones menores a 10000 habitantes.

4.5.1.7. Caudal medio de Aguas Residuales Domésticas

Para la obtención de este parámetro, el Código Ecuatoriano de la Construcción de parte IX Obras Sanitarias, sugieren calcularlo en función del Consumo de Agua Potable (q), población (P) y el Factor de Retorno (R). Entonces por la ecuación (35),

$$Q_{medAR} = P * q * R \quad (35)$$

4.5.1.8. Caudal máximo Sanitario

Se calcula a partir del caudal máximo doméstico por el cociente del factor de mayoración (Ecuación (36)).

$$Q_{maxSan} = M * Q_{medAR} \quad (36)$$

4.5.1.9. Caudales de Infiltración (Qi) e Ilícitos (QI)

El caudal de infiltración se produce por el nivel freático del suelo, a través de las uniones entre tramos de tuberías, de fisuras en el tubo y en la unión con las estructuras de conexión como los pozos de inspección.

Con estos antecedentes se asume el valor de infiltración para Ecuador de 0.0014 l/s*hab (Alvarado, 2016), y considerando que las conexiones por recepción de aguas lluvias domiciliarias no se pueden controlar, se asume el 10% del caudal máximo horario de aguas residuales para caudales Ilícitos (CEPIS, 2005).

4.5.1.10. Caudal de diseño

El dimensionamiento de los conductos considera los máximos caudales de descarga según la Ecuación (37):

$$Q_{medAR} = Q_{maxSan} + Q_i + Q_l \quad (37)$$

4.5.1.11. Diseño de la Red de Alcantarillado

El diseño del sistema de alcantarillado por gravedad considera que, durante su funcionamiento, se cumple con la condición de autolimpieza para evitar la sedimentación de arena y otras sustancias orgánicas e inorgánicas. En el caso de flujo en canales abiertos la condición además de la sección (radio hidráulico) de



autolimpieza está determinada por la pendiente del conducto. La pendiente mínima está calculada utilizando el criterio de velocidad mínima o tensión tractiva.

4.5.1.11.1. Fórmulas para el Diseño

Considerando que el flujo en las tuberías de alcantarillado es uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en una determinada longitud de conducto, para los cálculos hidráulicos se emplea la fórmula empírica de Manning que es la más práctica para el diseño de canales abiertos, y se calcula a partir de la Ecuación (38):

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (38)$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

El Radio hidráulico se define por la Ecuación (39).

$$R = \frac{Am}{Pm} \quad (39)$$

Donde:

Am = Área de la sección Mojada (m^2)

Pm = Perímetro de la sección Mojada (m)

Para tuberías con sección llena:

El radio hidráulico se calcula con la Ecuación (40):

$$R = \frac{D}{4} \quad (40)$$

Donde

D = Diámetro (m)

Sustituyendo el valor del radio, la fórmula de Manning para tuberías a sección llena se calcula siguiendo la Ecuación (41):

$$V = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (41)$$

Considerando la ecuación de la continuidad: $Q = VA$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s) (Ecuación (42))

A = Área de la sección circular (m^2)

Se expresa la ecuación de Manning para el caudal:

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (42)$$

Para tuberías con sección parcialmente llena:

El flujo a sección llena (Figura 30) se presenta en condiciones especiales. Para el diseño se determina el caudal (Ecuación (46)), velocidad (Ecuación (45)), tirante y radio hidráulico (Ecuación (44)). Para el cálculo es necesario utilizar las propiedades hidráulicas de la sección circular que relacionan las características de flujo a sección llena y parcialmente llena.

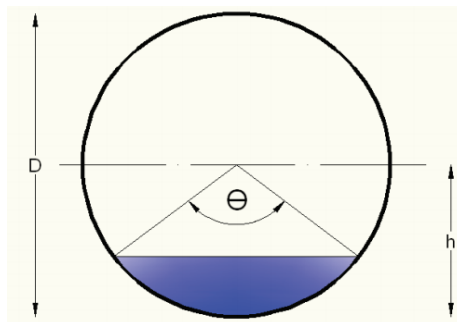


Figura 30: Sección de Tubería Semillena

- El ángulo central θ' (en grado sexagesimal):

$$\theta' = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{2h}{D} \right) \quad (43)$$

- Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta'}{2\pi \theta'} \right) \quad (44)$$

Sustituyendo el valor de (R), la fórmula de Manning para tuberías con sección parcialmente llena es:



$$V = \frac{0.397D^{\frac{2}{3}}}{n} \left(1 - \frac{360 \sin \theta'}{2\pi\theta'} \right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (45)$$

En función del caudal:

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15n(2\pi\theta')^{\frac{2}{3}}} (2\pi\theta' - 360 \sin \theta')^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (46)$$

Estas ecuaciones de sección llena y parcialmente llena se relacionan entre sí para la obtención de la velocidad real, calado y fuerza tractiva semi-llena, así como los resultados de todas las fórmulas se indican en las columnas de la Tabla 1 del Anexo 14.

4.5.1.11.2. Coeficiente de Rugosidad

Para este proyecto, siguiendo las recomendaciones del (CEPIS, 2005) se utiliza un coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0.013 para tuberías de PVC.

4.5.1.11.3. Flujo mínimo en las redes

De acuerdo a la norma brasileña el flujo mínimo para tramos iniciales de la red o donde no se disponga información para los cálculos, se fija en 1.5 l/s.

4.5.1.11.4. Velocidad Mínima y Máxima

La determinación de la velocidad mínima permite la autolimpieza de los conductos cuando el caudal de aguas residuales es mínimo y el potencial de depositación de sólidos en la red es máximo. A su vez, la velocidad mínima de autolimpieza es fundamental para conducir a la minimización de las pendientes de las redes colectoras, principalmente en áreas planas, haciendo posible economizar la excavación y reducir los costos.

Según el CEPIS, para los colectores Condominiales la velocidad mínima no debe ser menor de 0.45 m/s. Asimismo, para evitar la acción erosiva sobre la tubería, además de la mezcla de aguas residuales y aire, las velocidades se limitan a 5 m/s.

4.5.1.11.5. Tirante de Agua

Para redes Condominiales se recomienda mantener el nivel de agua en los colectores en el siguiente rango:

$$0.2D < h/D < 0.8D \quad (47)$$

Donde

h = Nivel de agua en la tubería

D = Diámetro de la tubería



4.5.1.11.6. Tensión Tractiva

La tensión tractiva o fuerza de arrastre, como fuerza tangencial ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector, permite el control de la erosión, sedimentación y producción de sulfuros, principalmente, en zonas de topografía plana, donde la aplicación del criterio de velocidad mínima arroja resultados menos ventajosos en términos de diámetro, pendiente y profundidad de tuberías. Se calcula a partir de la Ecuación (48) :

$$\tau = \gamma R J \quad (48)$$

Donde:

τ = Tensión tractiva (kg/m^2)

γ = Peso específico del fluido (kg/m^3)

R = Radio hidráulico (m)

J = Pendiente de la línea de energía (m/m)

Según recomendación del CEPIS, la tensión tractiva mínima para los sistemas de alcantarillado debe tener como valor mínimo:

$$\tau_{min} = 1Pa$$

4.5.1.11.7. Pendiente Mínima

Para alcantarillados Condominiales, de acuerdo a la norma Brasileña de alcantarillado (NBR 9649), la pendiente mínima se calcula a través de la Ecuación (49) :

$$J_{min} = 0.0055 Q_i^{-0.47} \quad (49)$$

Donde:

j_{min} = m/m

Q_i =flujo máximo de diseño l/s

Con $Q_i = q_{min} = 1.5 l/s$, se obtiene $j_{min} = 0.005 m/m$

4.5.1.11.8. Diámetro Mínimo

El diámetro mínimo a emplear en la red Condominial es de 100 mm. En los sistemas de pequeño diámetro las tuberías pueden ser de 75 mm (3") o mayores, pero el tamaño mínimo recomendado de la tubería es 100 mm (4").

4.5.1.11.9. Tuberías

Colectores secundarios se proyectan a una profundidad suficiente para recolectar las aguas residuales domésticas que provienen de la mayoría de conexiones por gravedad.



Colector principal recolecta las aguas residuales sedimentadas de los colectores secundarios, como no transporta sólidos, permite la existencia de tramos de tubería que trabajan con la presión adecuada. Con pendientes positivas o negativas, la presión de la tubería provoca el descenso de las aguas residuales hacia los tanques sépticos conectados al tramo. No es necesario considerar la pendiente y la velocidad mínima y máxima por que el líquido está libre de sólidos, por lo tanto, las tuberías pueden seguir la topografía del terreno utilizando al máximo la energía que resulta de la diferencia de cotas entre aguas arriba y aguas abajo.

La red de alcantarillado se proyecta con tuberías de PVC o de polietileno de baja densidad puesto que sus ventajas incluyen peso liviano, alta resistencia contra impactos, resistencia a la corrosión, flexibilidad, etc. La profundidad de la tubería debe ir 30 centímetros bajo la red de agua.

Tanques interceptores su ubicación y descarga, junto con la topografía local, establecen en la mayoría de los casos las rutas y profundidades necesarias de los colectores.

Las conexiones de servicio desde el tanque interceptor al colector principal tienen el mismo diámetro, o uno menor. El diseño de la red de Alcantarillado se muestra en el Anexo 15.

4.5.1.11.10. Registros de Inspección y limpieza

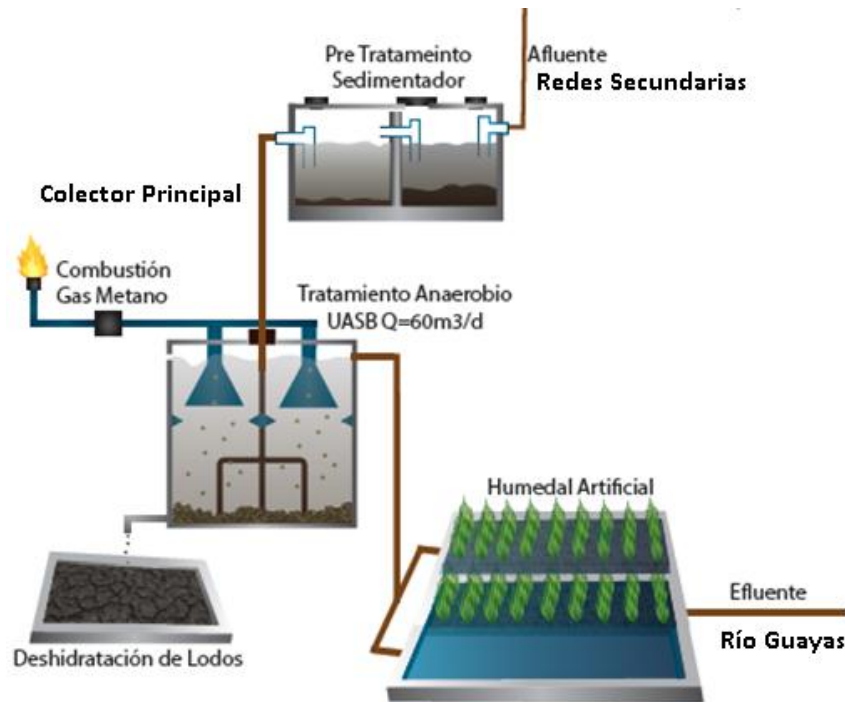
Serán ubicadas en la línea de alcantarillado para facilitar la limpieza y mantenimiento de las redes y evitar que se obstruyan debido a una acumulación excesiva de sedimentos.

Se proyectan cámaras de inspección en los siguientes casos:

- En las cabeceras de la red
- En el cruce de dos o más colectores
- En los cambios de dirección brusca
- En los puntos altos para evitar la acumulación de gases
- En tramos rectos a intervalos de 120 a 300m.

4.5.2. Diseño del Sistema de aguas Residuales

Comprende el diseño de una estructura para tratamiento preliminar, tratamiento primario y tratamiento secundario. Los esquemas de cada uno se muestran en la figura 30 y se explican en detalle en el Anexo 17.



Fuente: Atoras

Autor: Esquema de Aguas Residuales

4.5.2.1. Tratamiento Preliminar

Las aguas residuales domésticas llegan a un tanque séptico que permite la sedimentación por gravedad de las partículas suspendidas. El material sedimentado en el fondo del tanque séptico es degradado anaeróbicamente. Con un tiempo de retención entre 1 a 3 días, el líquido efluente se dirige a un tratamiento secundario (UASB).

4.5.2.1.1. Diseño del Tanque Séptico

- Período de retención hidráulica (TRH, en días)

El tiempo requerido para permitir la sedimentación de sólidos sedimentables disminuye con el número de personas atendidas, de acuerdo con la Ecuación (59) :

$$TRH = 1.5 - 0.3 \log(P \times Q) \quad (59)$$

Donde,

TRH= Tiempo de retención hidráulica, días

P=Población

Q=Caudal de aporte unitario de aguas residuales (l/hab/día)



- Volumen requerido para la sedimentación (V_s , m^3)

El valor del volumen para la sedimentación viene dado por la Ecuación (51).

$$V_s = 10^{-3} * (P * Q) * TRH \quad (51)$$

- Tiempo de Digestión Anaerobia (T_d , días)

El tiempo necesario para la digestión anaerobia de los sólidos sedimentables varía con la temperatura según la Ecuación (52)

$$T_d = 30 * (1.035)^{30-T} \quad (52)$$

T= Temperatura de Puerto Roma (23°)

- Volumen de lodos producido (V_d , m^3)

El volumen de lodo fresco es de alrededor de 1 l/hab/día. El volumen de la zona de digestión del lodo (V_d , m^3) se calcula con la Ecuación (53):

$$V_d = 0.5 * 10^{-3} * P * T_d \quad (53)$$

- Escoria (V_{sc} , m^3)

La escoria se acumula a razón del 30-40 por ciento de la velocidad a la que se acumula el lodo y por lo tanto el volumen del tanque para el almacenamiento de la escoria, se puede tomar como 0.4 V_{sl}

- Volumen de almacenamiento de lodos (V_{sl} , m^3)

El valor de la zona de almacenamiento de lodos depende de la velocidad de acumulación de lodos digeridos (r , m^3 /hab/año) y del intervalo de remoción de lodos. Los valores de diseño para, r son:

$$n < 5: \quad r = 0.06 \text{ m}^3/\text{persona /año}$$

$$n > 5: \quad r = 0.04 \text{ m}^3/\text{persona /año}$$

Se asume un intervalo de remoción de 2 años.



El volumen de almacenamiento (V_{sl} , m^3) viene dado por la Ecuación (54)

$$V_{sl} = r * P * n \quad (54)$$

- Capacidad Total de diseño (V , m^3)

La capacidad total de diseño del tanque séptico (V , m^3) es la suma de los volúmenes requeridos para el almacenamiento del agua residual, sedimentación, digestión y almacenamiento de lodos.

$$V = V_{sc} + V_s + V_d + V_{sl} \quad (55)$$

Como V_{sc} es alrededor de $0.4 V_{sl}$, entonces:

$$V = V_s + V_d + 1.4V_{sl}$$

- Profundidad máxima de espuma sumergida (H_e , m).

$$H_e = \frac{0.7}{A} \quad (56)$$

Donde, A es el área superficial del tanque séptico en m^2 .

- Profundidad libre de espuma sumergida

Distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la “Te” de salida o cortina deflectora del dispositivo de salida del tanque séptico, tiene un valor de 0.10m.

- Profundidad libre de lodo (H_o , en metros)

Según el (CEPIS,2005) se puede usar la siguiente fórmula para determinar su valor

$$H_o = 0.82 - 0.26 * A \quad (57)$$

- Profundidad requerida para la sedimentación (H_s , en metros)

$$H_s = \frac{V_s}{A} \quad (58)$$



Los resultados de los cálculos de los 4 tanques sépticos se pueden observar en las Tablas 1,2,3,4 del Anexo 15.

Inspección y mantenimiento del Tanque Séptico

Su inspección se realizará una o dos veces al año contemplando lo siguiente:

- Impermeabilidad de los tanques
- Revisión del ingreso de aguas extrañas a los tanques
- Revisión de empaques en las conducciones, que conectan los tanques sépticos con el colector principal
- Revisión de la acumulación de lodo y espuma.

4.5.2.2. Tratamiento Primario

El tratamiento secundario empleará un tanque UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanquet o Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente).

4.5.2.2.1. Diseño del reactor UASB

En la Tabla 5 del Anexo 15 se presenta el diseño completo.

Criterio de diseño

- a) Se tomó como tiempo de retención hidráulico inicial (TRH) de 7 horas según la Tabla 59 puesto que la temperatura ambiente de Puerto Roma es de 23°C y oscila entre 20 a 26 °C.
- b) La altura del reactor está limitada por la velocidad media del líquido que según Van Haandel (1998), normalmente no debe exceder el valor de 1 m/h, por tanto, adoptando un margen de seguridad se define en 0.50 m/h con la finalidad de lograr una mayor eficiencia global en el proceso de tratamiento.

| Temperatura del AR (°C) | Tiempo de retención hidráulico (TRH), hora | |
|-------------------------|--|------------------------------|
| | Promedio diario | Mínimo (durante 4 a 6 horas) |
| 16 a 19 | 10 a 14 | 7 a 9 |
| 20 a 26 | 6 a 9 | 4 a 6 |
| > 26 | > 6 | > 4 |

Tabla 59: Valores recomendados para TRH en el Tratamiento de Aguas Residuales

Cálculo del Volumen del Reactor

Considerando el TRH de 7h, el volumen del reactor se calcula a partir de la Ecuación(59).



$$\text{Volumen del Reactor (m}^3\text{)} = TRH \text{ medio (h)} * \text{Caudal medio (m}^3\text{/h)} \quad (59)$$

Siendo el Caudal de diseño de $3.8 \text{ m}^3/\text{h}$, se tiene un volumen de:

$$\text{Volumen del Reactor} = 26.6 \text{ m}^3$$

Cálculo de la altura del reactor

Asumiendo que la velocidad media del líquido es de 0.50 m/h , se puede obtener la altura del reactor con la ecuación (69) :

$$v_l = \frac{H}{TRH} \quad (60)$$

Siendo $TRH= 7\text{h}$ se tiene una altura de:

$$\text{Altura del reactor} = 3.50\text{m}$$

Geometría del reactor

El reactor consta de 2 módulos cada uno con un volumen de 13.3 m^3 , y un área de 3.8 m^2 . Cada módulo tiene un largo de 4 m y ancho de 1 m , con un tiempo de retención corregido de 7.37h .

Verificación de las Cargas

La carga volumétrica hidráulica se calcula por la Ecuación (61), es el recíproco del tiempo de retención hidráulica: La cantidad (volumen) de A.R. aplicada al reactor por unidad de tiempo (días) y por unidad de volumen. Este valor debe ser menor a $5\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{día}$.

$$VHL = \frac{Q}{V} = 3.26 \text{ m}^3/\text{m}^3 * d \quad (61)$$

$VHL =$ Carga volumétrica ($\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{día}$)

$Q=$ Caudal ($\text{m}^3/\text{día}$)

$V=$ Volumen total del reactor (m^3)

La carga orgánica volumétrica λ_v se define como la cantidad (masa) de MO aplicada diariamente al reactor por unidad de volumen:

$$\lambda_v = \frac{Q * C_a}{1000V} = 0.98 \text{ kgDQO}/\text{m}^3 * d \quad (62)$$



Donde

λ_v = carga volumétrica expresada en (Kg DQO/ m³ * día)

C_a = concentración de DQO afluente al reactor (mg/l)

Q = caudal (m³/día)

V = volumen total del reactor (m³)

Para efluentes domésticos, con menores concentraciones de MO, el λ_v se asume entre 2.5 y 3.5 kg DQO/ m³*día.

Verificación de las Velocidades Ascendentes

La Velocidad ascendente (m/h) está por la relación entre el caudal (m³/h) y la sección transversal del reactor. La velocidad también se puede expresar como la relación entre la altura del reactor (m) y el tiempo de retención (hora). Se define por la Ecuación (63)

$$v = \frac{Q * H}{V} = \frac{H}{\theta} = 0.5 \text{ m/h} \quad (63)$$

En todos los tipos de flóculos (poca densidad) las velocidades están entre 0.5 a 0.7 m/h (Alvarado, 2016).

Sistema de Distribución

Se considera un área de distribución de 2 m², con lo que se obtiene 2 tuberías de distribución para cada módulo con la Ecuación (64):

$$N_d = \frac{A}{A_d} = 2 \text{ tubos de distribución} \quad (64)$$

Donde

N_d = Numero de tubos de distribución

A = área seccional del reactor (m²)

A_d = área de influencia de cada distribuidor (m²)

Estimación de remoción de MO (Materia Orgánica)

No existe una experiencia sólida para evaluar las eficiencias, por lo que existe un rango amplio entre el 40 y 70% para DQO y 45 y 90% para DBO (De Lemos Chernicharo, 2007). Las remociones se calculan a través de las Ecuaciones (65) y (66).

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * \theta^{-0.35}) = 66.20\% \quad (65)$$



$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.70 * \theta^{-0.50}) = 74.21\% \quad (66)$$

Donde

θ = Tiempo de retención hidráulico corregido

Asumiendo una DBO en el afluente de 200 mg/l (considerando aguas residuales domésticas) y con DQO de 300 mg/l, según las ecuaciones anteriores en el efluente se obtiene 51.58 mg/l y 101.40 mg/l de DBO y DQO respectivamente.

Estimación de producción de biogás

Se evalúa en función del DQO afluente que se convierte en CH₄ (gas metano), se determina mediante la Ecuación (67).

$$DQO_{CH_4} = Q * (C_o - C_e) - Y_{obs} * Q * L_i = 12.37 \text{ kgDQO/d} \quad (67)$$

Donde

DQO_{CH_4} = carga de DQO convertida en metano ($\text{kgDQO}_{CH_4}/\text{d}$)

Q = caudal afluente promedio (m^3/d)

C_o = Concentración de DQO afluente (kgDQO/m^3)

C_e = Concentración de DQO efluente (kgDQO/m^3)

Y_{obs} = coeficiente de producción de sólidos en el sistema en términos de DQO (0.11 a 0.23 $\text{kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{kgDQO}_{\text{aplicada}}$)

Sistema de separación de las tres fases

La masa de metano $\text{kgDQO}_{CH_4}/\text{d}$ se puede expresar como una producción volumétrica, usando la siguiente ecuación:

$$Q_{CH_4} = \frac{DQO_{CH_4}}{K(t)} = 4.69 \text{ m}^3/\text{d} \quad (68)$$

Donde:

Q_{CH_4} = producción volumétrica de metano (m^3/d)

$K(t)$ = factor de corrección de la temperatura de operación del reactor (kgDQO/m^3)

$$K(t) = \frac{P * K_{DQO}}{R * (273 + T)} = 2.63 \text{ kgDQO}/\text{m}^3 \quad (69)$$

Donde:

P = Presión atmosférica (1 atm)

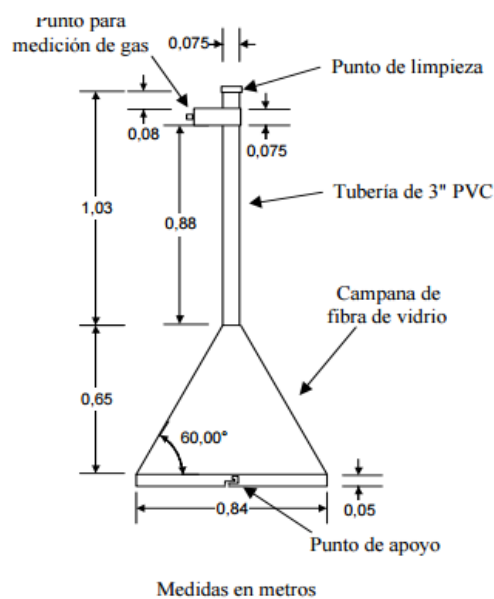
K_{DQO} = DQO correspondiente a 1 mol de CH_4 (64 gDQO/mol)

R = Constante del gas (0.08206 atm L/mole K)

T = Temperatura operacional del reactor ($^{\circ}C$)

Diseño del Separador GSL

Uno de los objetivos principales del separador es producir una zona de sedimentación (Figura 31), que depende directamente del ángulo de inclinación de la campana, por lo tanto, se escoge un ángulo de 60° . Otro criterio importante es la velocidad máxima permitida en la abertura entre el reactor y el separador, que según Wildschut (1989), no debe ser mayor a 6 m/h como máximo y preferiblemente 4 m/h como promedio.



Fuente: Diseño y Construcción de Reactor UASB, FCyT - UMSS

Figura 31: Separador GSL

Tamaño de los colectores de Gas

En cada módulo existe un solo colector de gas de longitud 4m y de ancho en la parte superior de 3 cm. Su área total de colectores de gas de 0.24 m^2 .

La emanación de gas debe tener una tasa mínima de transporte para una eventual capa sobrenadante y emanar lo suficientemente rápido del lodo que evite que el lodo



se acumule en la salida del recolector de gases. Souza (1986) recomienda entre 1.0 m³ gas/m² *hora y un máximo de 3 a 5 m³gas/m²hora.

La tasa de emanación de gas está dada por la Ecuación (77):

$$K_g = \frac{Q_g}{A_i} = 1.09 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} \quad (70)$$

Donde:

K_g = tasa de emanación de gas (m³ *gas/m² *hora)

Q_g = producción esperada de biogás (m³/hora)

A_i = área de contacto gas-líquido (m²)

Tamaño del Sedimentador

Se plantea tener 1 cámara de sedimentación con una longitud de 4metros y ancho total de cada colector de gas de 10 centímetros, valores con los que se verificaron las cargas hidráulicas superficiales de los sedimentadores obteniendo un caudal promedio y máximo de 0.5 y 1 m/h respectivamente.

Evaluación de Producción de lodo

Para su evaluación se emplean las Ecuaciones (78) y (79)

$$P_s = Y * DQO_{apl} = 4.92 \text{ kgSST}/d \quad (71)$$

$$V_s = \frac{P_s}{\gamma(C_s/100)} = 0.1 \text{ m}^3/d \quad (72)$$

Donde

P_s = producción de sólidos en el sistema (kg SST/d)

Y = Coeficiente de producción (crecimiento) sólidos (entre 0.1-0.2 kg SST/kg DQO aplicada)

DQO_{apl} = carga de DQO aplicado al sistema (kg DQO/d)

V_s = producción volumétrica de lodo (m³/d)

γ = densidad del lodo (entre 1020-1040 kg/m³)

C_s = Concentración de sólidos en el lodo (%) alrededor 2-6%



4.5.2.3. Tratamiento Secundario

Los humedales artificiales de flujo superficial (FLS, free water surface wetlands) consisten normalmente de una o más cámaras de poca profundidad que tienen un recubrimiento de fondo para prevenir la percolación al agua freática al agua susceptible a contaminación, y una capa sumergida de suelo para las raíces de la vegetación macrófita emergente seleccionada. Cada sistema tiene estructuras adecuadas de entrada y descarga para asegurar una distribución uniforme del agua residual aplicada y su recolección.

4.5.2.3.1. Diseño hidráulico y dimensionamiento del Humedal

Se consideran valores referenciales¹ de concentraciones de DBO, DQO y SST para aguas residuales domésticas resumidas en la Tabla 60.

| <u>Descripción</u> | <u>Valor</u> | <u>Unidad</u> |
|---|--------------|-------------------|
| <i>DBO afluente</i> | 250 | mg/l |
| <i>DBO efluente</i> | 50 | mg/l |
| <i>SST entrada</i> | 250 | mg/l |
| <i>Población</i> | 1200 | hab |
| <i>Caudal</i> | 91.2 | m ³ /d |
| <i>Vegetación</i> | Scirpus | |
| <i>Profundidad</i> | 40 | cm |
| <i>Porosidad</i> | 0.65 | |
| <i>Temperatura media del agua residual</i> | 23 | °C |
| <i>Temperatura mínima del agua residual</i> | 20 | °C |

Tabla 60: Valores Referenciales del Agua Residual

Se asume la temperatura del agua humedal, en este caso 23 °C.

$$K_{23} = 0.678 (1.06)^{(T-20)} \quad (73)$$

$$K_{23} = 0.907d^{-1}$$

A partir de la Ecuación (74) se determina el área superficial requerida para el humedal.

¹ Mefcalt y Eddy, Composición de las Aguas Residuales Domésticas. 1995.



$$A_S = \frac{Q(\ln DBOa - \ln DBOe)}{K_{23} * h * p} = 699.11 \text{ m}^2 \quad (74)$$

Se determina del tiempo de retención hidráulica (TRH) con la Ecuación (75)

$$TRH = \frac{A_S * h * p}{Q} = 1.99 \text{ d} \quad (75)$$

Una vez determinado el TRH, se calculan las dimensiones (largo y ancho) del humedal de flujo libre. Es recomendable utilizar una relación larga/ancho mínima de 3 a 1.

$$3W^2 = A_S \quad (76)$$
$$W = 15.26 \text{ m} \approx 15\text{m}$$

Conociendo el ancho se determina el largo requerido.

$$L = 3W = 45\text{m}$$

Con estos valores de largo y ancho se determina con la Ecuación (77) el área superficial real que tendría el humedal de flujo libre sería la siguiente:

$$AS=W*L=675 \text{ m}^2 \quad (77)$$

Se calcula la remoción de Sólidos Suspending Totales (SST), comprobando el buen rendimiento de este sistema en la remoción de los mismos (cerca del 90%), sin embargo, este cálculo solo es una estimación, por lo tanto, primero se determina los valores de:

- Carga hidráulica CH (Ecuación (78))

$$CH = 100 * \frac{Q}{A_S} = 13.51 \text{ cm/d} \quad (78)$$

- Concentración de SST en el efluente (Ecuación (79))

$$Ce = SST * (0.1139 + 0.00213 * CH) = 35.6 \text{ mg/l} \quad (79)$$

En este caso la remoción de SST alcanza el 86 %, considerándose una buena remoción en el sistema.

4.5.3. Diseño del Manual básico de manejo de residuos sólidos

El diseño de un manual básico de manejo de residuos sólidos busca apoyar a los habitantes en el manejo de basura en la Comunidad de Puerto Roma siguiendo herramientas técnicas de la Norma Técnica Peruana de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (2005). Estas sugerencias permiten conocer la disposición adecuada de su basura. Se muestran las formas más comunes de almacenamiento, recolección



y disposición final, con el fin de evitar que la acumulación de la basura se convierta en un foco de contaminación en el ambiente.

4.5.3.1. Almacenamiento

Los recipientes que se utilizan en el almacenamiento de los desechos sólidos generalmente son las bolsas de plástico. Se sugiere que exista en la localidad un área específica para el almacenamiento de los desechos sólidos.

El almacenamiento de la basura debe realizarse en contenedores o botes de basura localizados en zonas céntricas de la población, en los parques, canchas, centros de salud y cualquier sitio que sea transitado por la mayoría de personas.

4.5.3.2. Separación y clasificación de los residuos sólidos

La basura proveniente de las viviendas debe estar clasificada en bolsas de plástico y acumulada en los contenedores del centro de acopio. Los responsables de la recolección se encargarán de transportarla y reciclarla posteriormente. La basura orgánica también se recolectará para elaborar composta. Estas dos acciones permiten logros para obtener beneficio dentro de la localidad de Puerto Roma.

Se puede considerar que en cada uno de los hogares se cuente con un espacio dentro del solar o el jardín para depositar los residuos orgánicos y estos a su vez se transformen en abono orgánico, de lo contrario se cuente con un contenedor y que posteriormente este se incorpore a los terrenos o se entregue al recolector.

4.5.3.2.1. Residuos Peligrosos

Entre los residuos peligrosos identificados se encuentran: pilas, baterías, grasas, paños absorbentes y trapos contaminados, suelo contaminado, filtros de aceite, aerosoles, pinturas (recipientes) y residuos médicos que deben ser aislados, evitando su contacto con el suelo y el agua.

4.5.3.2.2. Basura Orgánica

Son los residuos que salen de la cocina tales como; cáscara de frutas y verduras, cascarón de huevo, pedazos de pan, tortillas, también se integran los desechos del jardín, ceniza, restos de carbón, pedazos de madera o leña, todo material de fácil descomposición y de corto tiempo (todo lo que se pudre), estiércol de los animales de traspatio, también se pueden integrar papel y cartón. Pueden almacenarse en un contenedor especial o ser enterrados en un depósito en el solar. Para integrar el papel



sanitario y el relleno de los pañales desechables, se debe dar un tratamiento especial por la existencia de patógenos en estos desechos orgánicos.

4.5.3.2.3. Cartón

El cartón puede reciclarse para la elaboración de papel. Lo mismo pasa con los sacos de cemento y las bolsas. La selección de este material se puede hacer por el grado de limpieza, pues representa un factor que determina su precio en el mercado, el cartón que se encuentra sucio, se puede integrar a la basura orgánica.

Para su venta deben hacerse pacas de un tamaño y peso determinados para facilitar su manejo. Este tipo de cartón se utiliza como materia prima para las empresas que se dedican a manufacturar cartón Kraft.

4.5.3.2.4. Papel

El papel que contiene la basura se puede clasificar en dos grupos, dependiendo del grado de limpieza: papel comercial y doméstico. Papel comercial es el que se recolecta en oficina y comercios, que en general es de buena calidad y se encuentra relativamente limpio por no estar mezclado con desechos orgánicos. Papel doméstico es el que se recolecta en forma domiciliaria, se encuentra mezclado con desechos orgánicos de toda clase y es bastante sucio, este se puede integrar con la basura orgánica.

4.5.3.2.5. Vidrio

El vidrio se selecciona de acuerdo al color: blanco, ámbar y verde: el vidrio se utiliza en la elaboración de todo tipo de envases, el ámbar se usa para la fabricación de botellas de cerveza y vinos de mesa, principalmente. El vidrio verde se utiliza para la elaboración de recipientes de menor calidad; también se utiliza para la fabricación de artesanías de vidrio soplado. Su disposición debe hacerse en bolsas azules conjuntamente con papel comercial y plásticos.

4.5.3.2.6. Plásticos

El plástico se entrega limpio y seco se prefiere que esté compactado, también a los envases grandes se les puede cortar la tapa para que los envases pequeños se acomoden dentro de tal forma que se ocupen menor espacio. Su disposición debe hacerse en bolsas azules.

4.5.3.2.7. Clasificación de la Basura.



Desechos Biodegradables: Se pueden almacenar en fundas de color verde

- Cáscaras de verduras, granos, legumbres y frutas
- Cáscaras de huevos, nueces, etc.
- Desechos de horchata, té o café
- Papel de servicio usado (papel de baño, papel de cocina)
- Cabello cortado, plumas
- Desechos de jardín o huerto
- Desechos de plantas decorativas (con o sin tierra), flores decorativas
- Desechos sólidos de la cocina (pan podrido, cáscaras de queso, etc.)
- Desechos sólidos de cocina (pan podrido, cáscaras de queso, etc.)
- Desechos de madera sin laqueado o pintura, astillas, acepilladura, viruta ,etc.
- Paja usada de animales domésticos

Basura Reciclable: Se puede almacenar en fundas de color azul y comprende

- Metales
- Plásticos
- Papel de periódico, papel boom, cuadernos, etc.
- Aceites minerales, lubricantes
- Residuos de pintura o solventes

Desechos No Reciclables: Se puede almacenar en fundas de color negro y son

- Comida cocinada, líquida o pastosa
- Desechos de carne, piltrafa
- Aceites minerales, lubricantes
- Desechos de madera pintada o laqueada
- Pañales desechables, compresos higiénicos, algodón.
- Cenizas, colillas, fósforos usadas
- Desechos de barrido
- Medicamentos
- Pilas
- Desechos químicos, detergentes, etc.

Para evitar el problema de los malos olores por causa del comienzo de putrefacción de los desechos biodegradables se recomienda:

- No comprimir los desechos biodegradables
- Mezclar los desechos biodegradables con papel higiénico usado y, después de la recolección de basura biodegradable, echar una capa de desechos gruesos trozos de madera, tronchos de banano, etc.) al fondo del recipiente, arriba de este papel usado



- No echar desechos líquidos al recipiente de la basura biodegradable
- No poner el recipiente de basura biodegradable al sol
- Cerrar el recipiente
- No dejar los desechos biodegradables abiertos antes de ponerles al recipiente. Se deben echar los desechos biodegradables al recipiente inmediatamente después de su generación
- Limpiar el recipiente de basura biodegradable después de cada recolección
- Si no hay como eliminar el tufo, se puede añadir cal apagada a los desechos. La cal no daña al proceso de compostaje, es barata y elimina todo tipo de malos olores.

Para obtener resultados satisfactorios de la clasificación domiciliar de desechos sólidos se ejecutó un tríptico con información básica y didáctica que contiene toda la información de conocimiento acerca del tema, esta se encuentra en el Anexo 18.



Capítulo 5. Volúmenes de Obra

5.1 Volúmenes del Sistema de Agua

Los volúmenes de obra para el Sistema de Agua proyectado se muestran en la Tabla 61 y el detalle de cada rubro se muestra en la Tabla 1 del [Anexo19](#).

| PRESUPUESTO | | | |
|---------------|---|----------------|----------|
| Item | Descripción | Unidad | Cantidad |
| 1 | SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA | | |
| 1.001 | ABASTECIMIENTO POR TANQUERO | | |
| 1.001.001 | <i>Sistema de Bombeo</i> | | |
| 1.001.001.001 | Bomba centrífuga P:1HP. Modelo. Marca GOULDS | U | 2,00 |
| 1.001.001.002 | Cuadro de control para 2 bombas, caja de poliéster. Marca EBARA | U | 1,00 |
| 1.001.001.003 | Interruptor magneto térmico de protección individual para cada bomba. | U | 2,00 |
| 1.001.001.004 | Cuenta horas individual. Fabricante EBARRA | U | 2,00 |
| 1.001.001.005 | Voltímetro general. Fabricante EBARRA | U | 1,00 |
| 1.001.001.006 | Cable tetrapolar sección 6mm ² con recubrimiento de XLPE | M | 3,45 |
| 1.001.001.007 | Válvula de compuerta cierre elástico. DN 110 | U | 4,00 |
| 1.001.001.008 | Válvula de retención. DN 110 | U | 2,00 |
| 1.001.001.009 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=110mm Perforada | M | 8,00 |
| 1.001.001.010 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=90mm | M | 8,86 |
| 1.001.001.011 | Suministro e Instalación de Accesorios de Entrada D= 4" | U | 9,00 |
| 1.001.001.012 | Suministro e Instalación de Accesorios de Salida D= 3" | U | 8,00 |
| 1.001.001.013 | Suministro e Instalación de Accesorios de Limpieza D=3" | U | 3,00 |
| 1.001.002 | <i>Tanque de Almacenamiento</i> | | |
| 1.001.002.001 | Acero estructural. Columnas | KG | 23,78 |
| 1.001.002.002 | Cerramiento perimetral | M | 15,71 |
| 1.001.002.003 | Encofrado recto | M ² | 58,90 |
| 1.001.002.004 | Encofrado curvo | M ² | 60,95 |
| 1.001.002.005 | Malla Armex R - 188 | M ² | 58,90 |
| 1.001.002.006 | Acero de Refuerzo | KG | 372,22 |
| 1.001.002.007 | Hormigón simple f ['] c=210kg/cm ² | M ³ | 10,46 |
| 1.001.002.008 | Mortero cemento arena 1:2 | M ³ | 32,69 |
| 1.001.002.009 | Enlucido 1:2 e=2.5 cm con impermeabilizante | M ² | 29,53 |
| 1.001.002.010 | Enlucido exterior con mortero 1:3 | M ² | 31,42 |
| 1.001.002.011 | Pintura interior exterior dos manos | GLB | 8,00 |
| 1.001.002.012 | Pintura impermeabilizante (Tipo Sika Ward) | GLB | 8,00 |
| 1.001.002.013 | Candado Tipo Barril 80 mm | U | 1,00 |
| 1.001.002.014 | Escalera HG D=3/4" | U | 1,00 |
| 1.001.002.015 | Suministro e instalación de tubería de ventilación PVC sanitario d=50mm | M | 1,00 |
| 1.001.002.016 | Suministro e Instalación de Accesorios del Tanque de Reserva | U | 12,00 |



| | | | |
|----------------|---|----------------|-------|
| 1.001.002.017 | Suministro e instalación de tubería Salida PVC sanitario d=32mm | M | 6,00 |
| 1.001.002.018 | Suministro e instalación de tubería de limpieza PVC sanitario d=50mm | M | 7,00 |
| 1.001.002.019 | Tapa metálica (Tol galvanizado 70*70) | U | 1,00 |
| 1.001.003 | Cerramiento L=35m(11x6,5) | | |
| 1.001.003.001 | Encofrado recto | M ² | 68,80 |
| 1.001.003.002 | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | M ³ | 1,43 |
| 1.001.003.003 | Enlucido mortero 1:5 | M ² | 2,08 |
| 1.001.003.004 | Malla cerramiento h= 1.5 m | M | 35,00 |
| 1.001.003.005 | Tubo HG para cerramiento D=2" | M | 58,00 |
| 1.001.003.006 | Mampostería de piedra con mortero 1:4 | M ³ | 6,30 |
| 1.001.003.007 | Puerta peatonal malla | U | 1,00 |
| 1.001.003.008 | Candado | U | 1,00 |
| 10.010.030.109 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | M ³ | 4,50 |
| 1.001.003.010 | Relleno compactado man. Mat: de sitio | M ³ | 2,00 |
| 1.001.004 | Caseta de máquinas | | |
| 1.001.004.001 | Replanteo de piedra e= 20 cm | M ² | 7,16 |
| 1.001.004.002 | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | M ³ | 1,31 |
| 1.001.004.003 | Encofrado recto | M ² | 4,35 |
| 1.001.004.004 | Mampostería de bloque Ho e= 10 cm | M ² | 18,84 |
| 1.001.004.005 | Cubierta de fibrocemento | M ² | 8,35 |
| 1.001.004.006 | Puerta peatonal malla | U | 1,00 |
| 1.001.004.007 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | M ³ | 2,50 |
| 1.001.004.008 | Relleno compactado material de sitio | M ³ | 1,00 |
| 1.002 | CAPTACIÓN RÍO GUAYAS | | |
| 1.002.001 | Caja de anclaje de hormigón (60*60*60) | | |
| 1.002.001.001 | Replanteo de piedra e= 20 cm | M ² | 0,36 |
| 1.002.001.002 | Encofrado recto | M ² | 2,16 |
| 1.002.001.003 | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | M ³ | 0,22 |
| 1.002.001.004 | Enlucido 1:2 + impermeabilizante | M ² | 2,16 |
| 1.002.001.005 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | M ³ | 3,53 |
| 1.002.001.006 | Relleno compactado material de sitio | M ³ | 3,53 |
| 1.002.002 | Sistemas de Bombeo | | |
| 1.002.002.001 | Bomba centrífuga P:1HP y 1,5HP. Marca GOULDS | U | 4,00 |
| 1.002.002.002 | Cuadro de control para 2 bombas, caja de poliéster. Marca EBARA | U | 2,00 |
| 1.002.002.003 | Interruptor magneto-térmico de protección individual para cada bomba. | U | 4,00 |
| 1.002.002.004 | Cuenta horas individual. Fabricante EBARRA | U | 4,00 |
| 1.002.002.005 | Voltímetro general. Fabricante EBARRA | U | 2,00 |
| 1.002.002.006 | Cable tetrapolar sección 6mm ² con recubrimiento de XLPE | M | 6,00 |
| 1.002.002.007 | Válvula de compuerta cierre elástico. DN 110 | U | 8,00 |
| 1.002.002.008 | Válvula de retención. DN 110 | U | 4,00 |
| 1.002.002.009 | Válvula de Pie. DN 110 | U | 1,00 |
| 1.002.002.010 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=110mm Perforada | M | 13,00 |



| | | | |
|---------------|---|----------------|----------|
| 1.002.002.011 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=90mm | M | 16,80 |
| 1.002.002.012 | Suministro e Instalación de Accesorios de Entrada D= 4" | U | 18,00 |
| 1.002.002.013 | Suministro e Instalación de Accesorios de Salida D= 3" | U | 16,00 |
| 1.002.002.014 | Suministro e Instalación de Accesorios de Limpieza D=3" | U | 6,00 |
| 1.002.003 | <i>Tanque de Almacenamiento</i> | | |
| 1.002.003.001 | Acero estructural. Columnas | KG | 1.131,60 |
| 1.002.003.002 | Cerramiento perimetral | M | 19,48 |
| 1.002.003.003 | Encofrado recto | M ² | 78,54 |
| 1.002.003.004 | Encofrado curvo | M ² | 66,35 |
| 1.002.003.005 | Malla Armex R - 188 | M ² | 66,35 |
| 1.002.003.006 | Acero de Refuerzo | KG | 372,22 |
| 1.002.003.007 | Hormigón simple f'c=210kg/cm ² | M ³ | 12,53 |
| 1.002.003.008 | Mortero cemento arena 1:2 | M ³ | 32,69 |
| 1.002.003.009 | Enlucido 1:2 e=2.5 cm con impermeabilizante | M ² | 73,83 |
| 1.002.003.010 | Enlucido exterior con mortero 1:3 | M ² | 71,06 |
| 1.002.003.011 | Pintura interior exterior dos manos | GLB | 8,00 |
| 1.002.003.012 | Pintura impermeabilizante (Tipo Sika Ward) | GLB | 8,00 |
| 1.002.003.013 | Candado Tipo Barril 80 mm | U | 1,00 |
| 1.002.003.014 | Escalera HG D=3/4" | U | 1,00 |
| 1.002.003.015 | Suministro e instalación de tubería de ventilación PVC sanitario d=50mm | M | 1,00 |
| 1.002.003.016 | Suministro e Instalación de Accesorios del Tanque de Reserva | U | 12,00 |
| 1.002.003.017 | Suministro e instalación de tubería Salida PVC sanitario d=32mm | M | 12,00 |
| 1.002.003.018 | Suministro e instalación de tubería de limpieza PVC sanitario d=50mm | M | 12,00 |
| 1.002.003.019 | Tapa metálica (Tol galvanizado 70*70) | U | 1,00 |
| 1.002.004 | <i>Tanque de Sedimentación</i> | | |
| 1.002.004.001 | Replanteo de piedra e= 20 cm | M ² | 22,00 |
| 1.002.004.002 | Encofrado recto | M ² | 104,00 |
| 1.002.004.003 | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | M ³ | 7,62 |
| 1.002.004.004 | Enlucido 1:2 + impermeabilizante | M ² | 104,00 |
| 1.002.004.005 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | M ³ | 30,80 |
| 1.002.004.006 | Relleno compactado man. Mat: de sitio | M ³ | 30,80 |
| 1.002.004.007 | Accesorios salida tanque | U | 1,00 |
| 1.002.004.008 | Accesorios limpieza y salida de lodos | U | 2,00 |
| 1.002.005 | <i>Cerramiento L=57m(22x6,5)</i> | | |
| 1.002.005.001 | Encofrado recto | M ² | 111,00 |
| 1.002.005.002 | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | M ³ | 8,79 |
| 1.002.005.003 | Enlucido mortero 1:5 | M ² | 17,10 |
| 1.002.005.004 | Malla cerramiento h= 1.5 m | M | 57,00 |
| 1.002.005.005 | Tubo HG para cerramiento D=2" | M | 34,20 |
| 1.002.005.006 | Mampostería de piedra con mortero 1:4 | M ³ | 16,32 |
| 1.002.005.007 | Puerta peatonal malla | U | 1,00 |
| 1.002.005.008 | Candado | U | 1,00 |



| | | | |
|---------------|---|----------------|----------|
| 1.002.005.009 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | M ³ | 25,08 |
| 1.002.005.010 | Relleno compactado man. Mat: de sitio | M ³ | 25,08 |
| 1.002.006 | Casetas de máquinas | | |
| 1.002.006.001 | Replanto de piedra e= 20 cm | M ² | 18,20 |
| 1.002.006.002 | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | M ³ | 11,00 |
| 1.002.006.003 | Encofrado recto | M ² | 97,60 |
| 1.002.006.004 | Mampostería de bloque Ho e= 10 cm | M ² | 48,80 |
| 1.002.006.005 | Cubierta de fibrocemento | M ² | 26,24 |
| 1.002.006.006 | Puerta peatonal malla | U | 2,00 |
| 1.002.006.007 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | M ³ | 12,74 |
| 1.002.006.008 | Relleno compactado man. Mat: de sitio | M ³ | 12,74 |
| 1.002.007 | <i>Red de distribución</i> | | |
| 1.002.007.001 | Replanteo y Nivelación km | KM | 1,43 |
| 1.002.007.002 | Excavación a mano en suelo sin clasificar de 0 - 2 m. | M ³ | 480,48 |
| 1.002.007.003 | Excavación a mano en terreno conglomerado de 0 - 2 m | M ³ | 120,12 |
| 1.002.007.004 | Suministro e Instalación de Tubería de PVC E/C D=50 mm. 1.25 MPa. | M | 54,32 |
| 1.002.007.005 | Suministro e Instalación de Tubería de PVC E/C D=32 mm. 1.25 MPa. | M | 33,82 |
| 1.002.007.006 | Suministro e Instalación de Tubería de PVC E/C D=25 mm. 1.25 MPa. | M | 94,18 |
| 1.002.007.007 | Suministro e Instalación de Tubería de PVC E/C D=20 mm. 1.25 MPa. | M | 1.249,68 |
| 1.002.007.008 | Relleno compactado manual con material de sitio en zanjas | M ³ | 600,60 |

Tabla 61: Volúmenes de Obra para el Sistema de Abastecimiento de Agua

5.2 Volúmenes del Sistema de Alcantarillado

Los volúmenes de obra para el Sistema de Agua proyectado se muestran en la Tabla 62 y el detalle de cada rubro se muestra en la Tabla 2 del Anexo 17.

| PRESUPUESTO | | | |
|-------------|--|----------------|----------|
| Item | Descripción | Unidad | Cantidad |
| 0.2 | <u>SISTEMA DE ALCANTARILLADO</u> | | |
| 02.01.001 | Replanteo y nivelación | KM | 2,11 |
| 02.01.002 | Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar | M ³ | 539,15 |
| 02.01.003 | Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material conglomerado | M ³ | 95,14 |
| 02.01.004 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | M ³ | 134,79 |
| 02.01.005 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material conglomerado | M ³ | 23,79 |
| 02.01.006 | Relleno compactado material de sitio en zanjas | M ³ | 634,29 |
| 02.01.007 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=75mm | M | 1857,46 |
| 02.01.008 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=100mm | M | 317,19 |
| 02.01.009 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=150mm | M | 256,81 |
| 02.01.010 | Replanto de piedra e:15cm | M ³ | 1057,16 |
| 02.01.011 | Tee PVC para conexión domiciliar | U | 120 |

Tabla 62. Volúmenes de Obra para el Sistema de Alcantarillado



5.3 Volúmenes Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Los volúmenes de obra para el Sistema de Agua proyectado se muestran en la Tabla 63 y el detalle de cada rubro se muestra en la Tabla 3 del Anexo 1.

| PRESUPUESTO | | | |
|--------------|---|----------------|----------|
| Item | Descripción | Unidad | Cantidad |
| 3.0 | <u>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</u> | | |
| 3.001 | FOSAS SÉPTICAS | | |
| 3.001.001 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | M ³ | 201,60 |
| 3.001.002 | Excavación manual, zanja 2-4 m, material sin clasificar | M ³ | 100,80 |
| 3.001.003 | Replanto de piedra e = 20 cm | M ² | 84,00 |
| 3.001.004 | Encofrado recto | M ² | 418,13 |
| 3.001.005 | Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ | KG | 511,48 |
| 3.001.006 | Hormigón Simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | M ³ | 49,38 |
| 3.001.007 | Tubo PVC D= 160 mm | M | 4,00 |
| 3.001.008 | Tee PVC D= 160 mm | U | 4,00 |
| 3.001.009 | Codo PVC D= 160 mm | U | 8,00 |
| 3.001.010 | Relleno compactado material de sitio en zanjas | M ³ | 302,40 |
| 3.001.011 | Aireadores L= 820 mm PVC | U | 8,00 |
| 3.002 | REACTOR UASB | | |
| 3.002.001 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | M ³ | 24,00 |
| 3.002.002 | Excavación manual, zanja 2-4 m, material sin clasificar | M ³ | 18,00 |
| 3.002.003 | Replanto de piedra e = 20 cm | M ² | 14,00 |
| 3.002.004 | Encofrado recto | M ² | 107,80 |
| 3.002.005 | Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ | KG | 127,87 |
| 3.002.006 | Hormigón Simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | M ³ | 13,49 |
| 3.002.007 | Tubo PVC D= 160 mm | M | 5,00 |
| 3.002.008 | Tee PVC D= 160 mm | U | 2,00 |
| 3.002.009 | Codo PVC D= 160 mm | U | 2,00 |
| 3.002.010 | Relleno compactado material de sitio en zanjas | M ³ | 42,00 |
| 3.002.011 | Aireadores L= 820 mm PVC | U | 4,00 |
| 3.003 | HUMEDAL ARTIFICIAL | | |
| 3.003.001 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | M ³ | 270,00 |
| 3.003.002 | Replanto de piedra e = 20 cm | M ² | 675,00 |
| 3.003.003 | Encofrado recto | M ² | 95,51 |
| 3.003.004 | Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ | KG | 255,74 |
| 3.003.005 | Hormigón Simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | M ³ | 7,16 |
| 3.003.006 | Tubo PVC D= 160 mm | M | 1,00 |
| 3.003.007 | Tee PVC D= 160 mm | U | 2,00 |
| 3.003.008 | Codo PVC D= 160 mm | U | 2,00 |
| 3.003.009 | Relleno compactado material de sitio en zanjas | M ³ | 270,00 |
| 3.004 | Cerramiento L=150m(25x50) | | |



| | | | |
|-----------|--|----------------|--------|
| 3.004.001 | Encofrado recto | M ² | 297,00 |
| 3.004.002 | Hormigón Simple f'c= 210 kg/ cm ² | M ³ | 23,44 |
| 3.004.003 | Enlucido mortero 1:5 | M ² | 45,00 |
| 3.004.004 | Malla cerramiento h= 1.5 m | M | 150,00 |
| 3.004.005 | Tubo HG para cerramiento D=2" | M | 90,00 |
| 3.004.006 | Mampostería de piedra con mortero 1:4 | M ³ | 43,52 |
| 3.004.007 | Puerta peatonal malla | U | 1,00 |
| 3.004.008 | Candado | U | 1,00 |
| 3.004.009 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | M ³ | 66,00 |
| 3.004.010 | Relleno compactado material de sitio | M ³ | 66,00 |

Tabla 63. Volúmenes de obra para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones.

Las entrevistas mediante encuestas fueron indispensables para recolectar la información necesaria para caracterizar a la población de Puerto Roma. Indagar en asuntos relacionados con temas de suministro actual de agua potable y eliminación de aguas servidas, además de conocer su estilo de vida, permitió fijar dotaciones, consumos horarios y decidir sobre las alternativas de infraestructura que más se acoplen a la población. El análisis socioeconómico se realizó para verificar la factibilidad de los sistemas proyectados, mas no se profundizó en detalles técnicos para fijar una tarifa que se ajuste a la economía de la gente, se recomienda un estudio económico más detallado en este sentido.

En vista del alto gasto de la población para acceder a agua potable, que sigue siendo por adquisición en Guayaquil o en espera del tanquero, la solución que se planteó fue implementar el punto comunitario de abasto como medida para fortalecer la participación de los habitantes. De esta manera se impulsa la apropiación y autogestión del servicio al permitir que los ingresos generados puedan disponerse para mantenimiento del propio sistema. Por lo tanto, es necesario crear una comisión de gestión de agua como medida que promueve la corresponsabilidad por parte de los habitantes donde se trabajen lineamientos relacionados a la operación y mantenimiento de los sistemas.

Los resultados de los análisis de calidad del agua del Río Guayas, muestran ausencia de organismos patógenos, esto puede ser debido al alto índice de salinidad del agua, o también por niveles de toxicidad en presencia de componentes industriales que son arrojados actualmente en el río. Sería conveniente, examinar los parámetros que corresponden a Compuestos Tóxicos Indeseables, de acuerdo a la Tabla IV.3 de la norma CO 10.07-601 del Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de Obras Sanitarias, para conocer realmente las causas de la ausencia de patógenos en la fuente.

A pesar que los resultados de la prueba de jarras realizada para la fuente del Río Guayas, indica que se podría plantear la construcción de una Planta de Tratamiento convencional para obtener Agua Potable, sería necesario realizar monitoreos en la fuente al menos una vez al mes durante un año, para evaluar parámetros de toxicidad que no sean evidentes en los análisis y profundizar si es o no conveniente la implantación de dicha infraestructura.

El tanque sedimentador, como tratamiento escogido para el agua proveniente del Río Guayas, resulta conveniente por su alta remoción de color y turbiedad, alcanzando los niveles de calidad deseados para los usos indicados. Además, su construcción resulta económica y su mantenimiento, simple. Como se indicó, la evaluación de la velocidad de sedimentación utilizó valores y metodologías referenciales, por lo tanto, se recomienda realizar una prueba de sedimentación en laboratorio para encontrar el valor que más se asemeje a las condiciones reales de la fuente. Así mismo, las muestras tomadas deben representar las situaciones más desfavorables de la fuente,



esto es, tras eventos de alta intensidad de lluvia o de mareaje que, sin duda, afectarán los resultados.

A pesar que el fin del proyecto en estudio, es evitar en lo posible requerir de equipos mecánicos y automatización de los mismos, en vista de que Puerto Roma tiene una topografía plana casi en su totalidad, los 3 sistemas de bombeo proyectados resultan necesarios. Es indispensable incluir en la casa de máquinas, un manual de operación y mantenimiento para el sistema de bombeo, además de capacitaciones a los operadores de quienes depende el buen funcionamiento del mismo.

Los valores de diseño que se contemplan en las normas ecuatorianas vigentes, no significan limitantes en los cálculos para los diseños de las redes mientras se garantice un servicio eficiente. Los tanques interceptores, diseñados como tanques sépticos, permiten que se reduzca aún más el diámetro de los colectores de alcantarillado, de acuerdo a las recomendaciones para redes sedimentadas.

En cuanto a infraestructura en general, no se requiere de procedimientos constructivos complejos. El diseño estructural de todos los componentes civiles de los sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, debe considerar un estudio de suelos; así mismo, cada componente debe manejar un manual de operación y mantenimiento para conservación de los mismos. Los diseños de las redes de distribución de agua y de alcantarillado, han resultado económicamente viables, pues requieren pequeños diámetros, abaratando costos de tubería, excavación y relleno. Para generar el presupuesto final, los volúmenes de obra que se han obtenido para los distintos sistemas deben incluir los precios unitarios que se manejen en la ciudad de Guayaquil por ser la ciudad más cercana donde pueden proveerse de los materiales necesarios.

El reactor UASB planteado como solución primaria y el humedal artificial como solución secundaria para el tratamiento de aguas residuales, tienen ventajas en relación a costos de construcción, costos de operación, uso de energía, tamaño, facilidad de operación, etc. En el reactor UASB, debido a que las bacterias anaerobias tienen baja velocidad de crecimiento, solamente es posible obtener lodos con elevada actividad biológica después de un largo tiempo de adaptación. Para obtener buena eficiencia en el reactor es importante mantener un adecuado diseño de distribución del afluente, cámara de separación de gas y mantener una adecuada formación de lodo granulado para la sedimentación. La producción de biogás podría ser aprovechada para generar energía que sirva para el autoconsumo de la planta.

Debido al frágil ecosistema en el que habitan los pobladores de Puerto Roma, el manejo de desechos sólidos debe integrar soluciones innovadoras que eviten en lo posible el contacto con el suelo y el agua. Sería conveniente analizar propuestas para utilizar los desechos orgánicos en actividades de compostaje, incluso estudiar la utilización de los lodos provenientes de la PTAR para co-compostaje y como mejoradores del suelo. Además de gestionar visitas permanentes de recolectores de basura conjuntamente con la Municipalidad de Guayaquil.



Los Sistemas que se han diseñado para Puerto Roma responden a soluciones integrales que se plantearon en el concurso organizado por ONU Hábitat, donde la metodología sea replicable a poblaciones que vivan en condiciones similares. Se cumplieron, por lo tanto, con el presente trabajo, las expectativas de proponer soluciones integrales de servicios básicos a una población cuyas condiciones de hábitat no permiten articular sistemas convencionales costosos y a corto plazo. La implementación, funcionamiento y sostenibilidad de estos sistemas descentralizados requieren además del compromiso de varios niveles de gobierno, de la participación y empoderamiento de los sistemas por parte de los habitantes de Puerto Roma.

Bibliografía y Referencias.

- Alvarado Martinez , A. (2016). Sistemas de Alcantarillado, Caudales Sanitarios. *Apuntes de Clase*, (pág. 18). Cuenca.
- Alvarado Martinez, A. (2016). Sistemas de Alcantarillado: Consideraciones y Normas para el Diseño. *Apuntes de Clase*, (pág. 17). Cuenca.
- Alvarado Martinez, A. (2016). Tratamiento de Aguas Residuales: Reactores UASB. *Apuntes de Clase*, (pág. 31). Cuenca.
- Arrocha, S. (1977). *Abastecimiento de Agua*. Caracas.
- Banco Mundial. (1999). *Informe sobre el desarrollo mundial 1999-2000 - Entrar en el siglo XXI: El panorama cambiante del desarrollo : Informe sobre el desarrollo mundial - En el umbral del siglo XXI: Informe sobre el desarrollo mundial, 1999-2000 (Español)*.
Obtenido de Banco Mundial: Informes: <http://www.bancomundial.org>
- Cabalheiro, P., Dockweiler, M., & Rojas, P. (2014). Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con Reuso de Aguas Tratadas. *SNV Bolivia*, 60.
Obtenido de www.anesbvi-nssd-bolivia.org
- Calderón, D. (2015). *Memoria Descriptiva de los Diseños del Sistema de Hidrosanitarios para el Cantón Manta*. Obtenido de Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta: <http://www.manta.gob.ec>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2011). *Panorama Social de América Latina 2011*. Obtenido de CEPAL: <http://www.cepal.org>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2012). *Informe Estadístico Ecuador*. Obtenido de CEPAL: <http://www.cepal.org>
- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (2005). *Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentadores*. Obtenido de Guía para el diseño



de redes de distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua:
<http://www.bvsde.paho.org>

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (2005). *Guía para el diseño de redes de distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua*. Obtenido de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org>.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (2005). *Guía para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado*. Obtenido de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org>

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (2005). *Guías para el Diseño de Estaciones de Bombeo de Agua Potable*. Obtenido de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org>.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (2005). *Guías para el diseño de Reservorios elevados de Agua Potable*. Obtenido de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org>

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (2005). *Guías para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización*. Obtenido de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org>

Ducan, M. (1996.). *Low Cost Urban Sanitation* . Leeds, Inglaterra: :Wiley.

Empresa de Servicios Públicos de Colombia. (2014). *Guía de Diseño hidráulico de Redes de Alcantarillado*. Obtenido de <http://www.epm.com.co>

Espinoza, C. (2014). *Factibilidad del diseño de un Humedal de Flujo Superficial para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales de 30000 habitantes*. Obtenido de Tesis de Maestría de Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente: <http://www.repositorio.escuelaing.edu.co>

Gómez, J. (1998). *Revista Académica e institucional de la UCPR*. Obtenido de <http://temporal.ucp.edu.co/paginas/revista23/parte1.htm>

González , A., Martín , A., & Figueroa, R. (2010). *Tecnologías de Tratamiento y Desinfección de Agua*. Obtenido de Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexicona/R-0060.pdf>

INAHMI. (2012). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>

INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2011). *Censo de Población y de Vivienda 2010*. Quito.



- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). (1997). *Código de Práctica Ecuatoriano*.
Obtenido de Código de práctica para el diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, disposición de excretas y Residuos líquidos en el área Rural.:
<http://www.agua.gob.ec>
- López , C. (2014). Plan de desarrollo local 2014-2017 de la comuna Puerto Roma, Provincia del Guayas, Ecuador. *Tesis de Grado* . Guayaquil.
- Metfacif , & Eddy. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse* . New York: McGraw Hill.
- ONU Hábitat. (2016). Concurso Internacional Universitario de Anteproyectos. *Retos del Hábitat popular en el Sur Global contemporáneo: Comunidades Resilientes*, (pág. 32).
- Ricardo , L. (1995). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rovira, J. (s.f.). Capítulo IV. En *Diseño y Construcción del Reactor UASB* (pág. 32). Cochabamba-Bolivia.
- SENAGUA (Secretaría del Agua). (1992). *Normas para estudios y diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido de Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras Sanitarias: <http://www.agua.gob.ec>
- Streeter , V., & Wylie, B. (1981). *Mecánica de los Fluidos*. Bogotá : McGRAW-HILL.
- Torres, J., Magno , J., Pineda , R., & Cruz, M. (2015). Evaluación de la eficiencia en el Tratamiento de aguas residuales para riego mediante Humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en Carapongo Lurigancho. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias* , 22.
- TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental secundaria del Ministerio de Ambiente. (2013). *Anexo 1 del Libro VI: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua*. Obtenido de Criterios de Calidad admisibles para la Preservación de la Vida acuática y Silvestre en Aguas dulces, marinas y de estuarios:
<http://www.ecuadorforestarl.org>
- TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental secundaria del Ministerio de Ambiente). (2013). *Anexo 1 del Libro VI: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua*. Obtenido de Criterios de Calidad de Aguas para Aguas para Fines Recreativos mediante contacto primario: <http://www.ecuadorforestarl.org>
- Villacrés , M. (2011). *Estructura, implementación y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario Ambato*. Obtenido de Trabajo de
-



investigación (Graduación):

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/827/3/BQ7Ref3362.pdf>

WHO/UNICEF JMP . (2010). *Progres son sanitation and drinking-water 2011* . UNICEF.

Anexos

ANEXO 1. Diseño de la Encuesta Socio-Económica para Agua Potable y Saneamiento.

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y PROYECTO DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL RECINTO DE PUERTO ROMA DE LA PARROQUIA PUNÁ, PROVINCIA DEL GUAYAS”

FICHA DE ENCUESTA SOCIOECONÓMICA, SANITARIA, DE VALORACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS Y SONDEO PARA ESTABLECIMIENTO DE DOTACIONES

ENCUESTA #: _____ FECHA: _____ DIA _____ MES _____ AÑO: 2016
PARROQUIA: _____ CALLE: _____ DIRECCION: _____

SOCIOECONOMICO

- 1 ¿CUANTAS PERSONAS VIVEN EN SU HOGAR? _____
MENORES DE 5 AÑOS
ENTRE 5 Y 17 AÑOS
MAYORES A 65 AÑOS
- 2 QUE ACTIVIDAD ECONÓMICA PRINCIPAL POSEE EL JEFE/JEFA DEL HOGAR?
 - (1) EMPLEADO. Especificar lugar de trabajo _____
 - (2) JORNALERO
 - (3) NEGOCIO PROPIO. Especifique la labor _____
 - (4) AMA DE CASA
 - (5) INDEPENDIENTE. Especifique la labor _____
 - (6) OTRO. Especifique _____
- 3 ¿CUANTAS HORAS AL DIA TRABAJA? ESPECIFICAR EL HORARIO _____
- 4 ¿QUE NIVEL DE EDUCACIÓN POSEE EL JEFE/JEFA DEL HOGAR?
 - (1) PRIMARIA
 - (2) SECUNDARIA
 - (3) TECNOLOGICO/ARTESANAL
 - (4) UNIVERSITARIO
 - (5) NINGUNO ¿SABE LEER? _____ SABE ESCRIBIR? _____
- 5 ¿CUANTOS MIEMBROS DE LA FAMILIA PASAN MAS DE 8 HORAS EN LA VIVIENDA? _____
- 6 ¿CONSIDERA UD QUE EL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ES DE BUENA CALIDAD? _____ SI SE REALIZAN OBRAS PARA MEJORAR Y/O AMPLIAR EL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO, ¿CUANTO PAGARÍA POR EL BUEN SERVICIO (CALIDAD Y SERVICIO CONTINUO)? \$ _____ Mensual
SI ES NO. POR QUÉ?
 - (1) ESTA SATISFECHO CON LA FORMA EN COMO SE ABASTECE
 - (2) NO TIENE DINERO PARA PAGAR LOS GASTOS DE LA OBRA
 - (3) NO TIENE DINERO PARA PAGAR LA CUOTA MENSUAL
 - (4) OTRO. ESPECIFICAR



- 7 ¿CUÁNTO GASTA MENSUALMENTE SU FAMILIA? \$ _____ Mensual
- 8 ¿PODRÍA INDICARNOS LOS INGRESOS MENSUALES DE SU FAMILIA? \$ _____ Mensual
- 9 ¿CUANTAS HORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA TIENE AL DIA? _____
- 10 ¿CUAL ES EL NIVEL MAXIMO DE INUNDACION QUE HA PRESENCIADO? _____
- 11 ¿QUE MESES LLUEVE MAS? _____
- 12 ¿CUANTO TIEMPO DEMORA EN BAJAR EL AGUA DE INUNDACIÓN? _____

AGUA POTABLE

- 13 ¿DE DONDE PROVIENE EL AGUA PARA SU VIVIENDA?
- (1) CON LLAVE DENTRO DE LA VIVIENDA
 - (2) CON LLAVE DENTRO DE LA COMUNIDAD PERO FUERA DE LA VIVIENDA
 - (3) ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA
 - (4) POZO. ESPECIFIQUE LA DISTANCIA
 - (5) TANQUERO. ESPECIFIQUE LA FRECUENCIA DE VISITA
 - (6) OTRA FUENTE. ESPECIFIQUE
- 14 ¿SE ECUENTRA SATISFECHO CON LA CANTIDAD DE AGUA QUE CONSUME? _____
- 15 ¿GUARDA AGUA EN CASA?
- (1) SI. ¿CON QUE FRECUENCIA LA ALMACENA? (1) DIARIO (2) SEMANAL (3) OTRO. _____
 - (2) NO. Pase Preg. 19
- 16 ¿EN QUE DEPÓSITO ALMACENA EL AGUA?
- (1) TINAJA
 - (2) BALDE
 - (3) BIDONES
 - (4) CILINDRO
 - (5) BARRIL
 - (6) OTRO
- 17 ¿PARA QUE NECESITA EL AGUA?
- (1) COCINAR
 - (2) ANIMALES
 - (3) ASEO de la vivienda
 - (4) HIGIENE personal
 - (5) RIEGO
 - (6) SERVICIO HIGIENICO
- 18 ¿CUANDO CONSIDERA UD. QUE SE DEBERIAN LAVAR LAS MANOS?
- (1) ANTES DE COMER
 - (2) ANTES DE PREPARAR ALIMENTOS
 - (3) DESPUES DE USAR EL SERVICIO
 - (4) TODAS
 - (5) NINGUNA
- 19 SU CEPILLADO DE DIENTES LO REALIZA CON
CON UNA TAZA DE
- (1) AGUA
 - (2) GRIFO EN EL HOGAR
- 20 SU ALIMENTACIÓN CONSISTE DE



- (1) DESAYUNO
 - (2) ALMUERZO
 - (3) CAFÉ-TARDE
 - (4) MERIENDA
 - (5) OTRO.
 - (5) ESPECIFIQUE: _____
- 21 ¿TIENE ANIMALES DOMESTICOS?**
- SI.
- (1) CUANTOS? _____
 - (2) NO
- 22 ¿CONOCE UD. SU CONSUMO DIARIO DE AGUA, DE CUANTO ES?**
- (1) MENOS DE 50 LITROS
 - (2) ENTRE 50 Y 90 LITROS
 - (3) ENTRE 90 Y 120 LITROS
 - (4) NO CONOCE SU CONSUMO DIARIO
- 23 ¿CUANTO PAGA MENSUALMENTE POR EL SERVICIO DE AGUA**
- (1) NO PAGO NADA
 - (2) MENOS DE \$ 20 DOLARES MENSUALES
 - (3) ENTRE \$20 Y \$40 MENSUALES
 - (4) ENTRE \$40 Y \$60 MENSUALES
 - (5) MAS DE \$60 MENSUALES
- 24 ¿ESTÁ DE ACUERDO CON LO QUE PAGA MENSUALMENTE POR EL AGUA?**
- (1) SI.
 - (2) NO. POR QUE ? _____
- 25 ¿CUANTAS VECES LAVA LOS PLATOS EN SU CASA AL DÍA? _____ VECES**
- 26 COMPRA AGUA EN BOTELLA/SELLADA PARA BEBER? ESPECIFICAR LA CANTIDAD EN LITROS A LA SEMANA**
- (1) SIEMPRE. _____ LITROS
 - (2) A VECES. _____ LITROS
 - (3) NUNCA. Pase a Preg.31
- 27 ¿POR QUE COMPRA AGUA EN BOTELLA SELLADA PARA BEBER?**
- NO HAY FUENTES DE AGUA DULCE PARA
- (1) BEBER
 - (2) EL AGUA DE LA FUENTE QUE SE ABASTECE NO ES CONFIABLE
 - (3) A SUFRIDO ENFERMEDADES POR BEBER AGUA DEL SISTEMA QUE SE ABASTECE
- 28 ¿CUANTO DINERO GASTA EN AGUA SELLADA APROXIMADAMENTE EN EL MES? \$ _____**
- 29 ¿CON QUE AGUA LAVA SUS ALIMENTOS?**
- (1) AGUA EMBOTELLADA
 - (2) AGUA LLUVIA ALMACENADA
 - (3) AGUA DE TANQUERO ALMACENADA
 - (4) OTRA. ESPECIFIQUE. _____
- 30 ¿CON QUE AGUA PREPARA SUS ALIMENTOS?**
- (1) AGUA EMBOTELLADA
 - (2) AGUA LLUVIA ALMACENADA
 - (3) AGUA DE TANQUERO ALMACENADA
 - (4) OTRA. ESPECIFIQUE. _____
-

- 31 ¿QUE TIEMPO LE DEDICA A SU ASEO PERSONAL? _____ MINUTOS
- 32 ¿QUE FUENTE DE AGUA UTILIZA PARA SU ASEO PERSONAL?
- (1) AGUA EMBOTELLADA
 - (2) AGUA ALMACENADA DE LLUVIA
 - (3) AGUA ALMACENADA DEL TANQUERO
 - (4) FUENTES HÍDRICAS (RÍO, MAR)
 - (5) OTRA. ESPECIFIQUE. _____
- 33 ¿CON QUE FRECUENCIA UTILIZA EL AGUA PARA SU ASEO PERSONAL? _VECES POR SEMANA
- 34 NUMERO DE ARTEFACTOS DE CADA TIPO QUE EXISTEN ACTUALMENTE EN SU VIVIENDA
- Nº DE LAVAMANOS
- Nº DE INODOROS
- Nº DE DUCHAS
- 35 EL LAVADO DE ROPA LO HACE
- (1) A MANO CUANTAS VECES LAVAR SU ROPA A LA SEMANA? _____
 - CUANTAS PIEZAS DE ROPA EN CADA LAVADA _____
 - (2) LAVADORA CUANTAS CARGAS PONE A LAVAR A LA SEMANA? _____
 - CUAL ES LA CAPACIDAD EN LITROS DE SU LAVADORA? _____
- 36 ¿CONOCE SI SE HAN BUSCADO FUENTES DE AGUA DULCE CERCANAS?
- (1) SÍ. ESPECIFIQUE LUGAR _____
 - (2) NO
- 37 ¿HA TOMADO UD. ALGUNA DE ESTAS MEDIDAS PARA PRESERVAR LA CALIDAD DEL AGUA?
- (1) Hervir el agua
 - (2) Clorar el agua
 - (3) Almacenar el tanques cerrados
 - (4) Otro. Especificar: _____

SANITARIO

- 38 ¿SUFREN O HAN SUFRIDO ULTIMAMENTE ALGUNA ENFERMEDAD DEBIDO A LA FALTA DE HIGIENE Y SANEAMIENTO? (ESPERAR RESPUESTA Y LUEGO IR MENCIONANDOLAS)

| ENFERMEDAD | SI | NO | Nº VECES | TIEMPO |
|--------------------------------|----|----|----------|--------|
| TIFOIDEA | | | | |
| CÓLERA | | | | |
| AMEBIASIS-DOLOR ESTOMAGO | | | | |
| INFECCIONES PARASITARIAS | | | | |
| IRRITACIÓN DE OJOS Y NARIZ | | | | |
| AFECCIONES A LA PIEL O DIENTES | | | | |
| PALUDISMO | | | | |
| OTRAS _____ | | | | |

- 39 ¿EN SU VIVIENDA DISPONE DE SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE EXCRETAS?
- (1) SÍ, CON INODORO CONECTADO A FOSA SÉPTICA
 - (2) SÍ, CON LETRINA SANITARIA
 - (3) SÍ, CON CAJÓN SOBRE POSO NEGRO O ACEQUIA
 - (4) SÍ, OTRO SISTEMA. ESPECIFIQUE: _____
 - (5) NO DISPONE DE SISTEMA
- 40 ¿DONDE ELIMINA EL AGUA USADA POR LA COCINA Y LAVADO DE ROPA?



- (1) AL EXTERIOR
- (2) POZO
- (3) RÍO
- (4) OTRO. ESPECIFIQUE: _____

DISPOCION DE DESECHOS SÓLIDOS

41 ¿COMO ELIMINA LA BUSURA?

- (1) BOTA AL TERRENO
- (2) BOTAL AL RIO
- (3) QUEMA EN CASA
- (4) LA ENTIERRA
- (5) CAMION RECOLECTOR COSTO _____ MENSUAL
- (6) OTRO

42 ¿EN EL SECTOR EXISTE ALGUN SITIO DONDE SE DEJE ABANDONADA LA BASURA?

- (1) SI. CUAL?
- (2) NO

43 ¿EN SU HOGAR REALIZAN SEPARACIÓN DE DESECHOS

- (1) SI
- (2) NO. Pase preg. 47

44 ¿QUE TIPO DE DESECHOS RECICLAN

- (1) DE TIPO ORGÁNICO (DESECHOS DE COCINA)
- (2) PAPEL/CARTON
- (3) VIDRIOS
- (4) LATAS/METAL
- (5) PLÁSTICO
- (6) OTRO.

45 ¿EN SU HOGAR RECICLAN DESECHOS SÓLIDOS

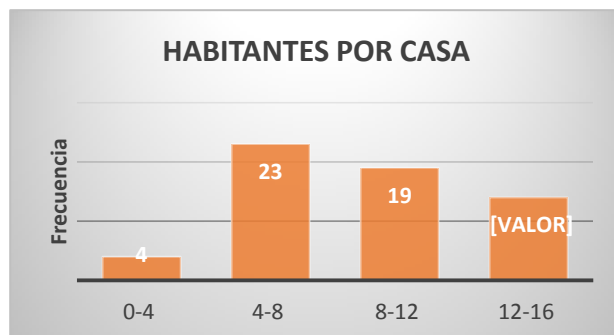
- (1) SI
- (2) NO

ANEXO 2. Análisis de Resultados de la Encuesta Socioeconómica de Saneamiento y Agua Potable

ANALISIS SOCIOECONOMICO

Pregunta 1: ¿Cuántas personas viven en su hogar?

| N° DE PERSONAS | FRECUENCIA | % |
|----------------|------------|------------|
| 0-4 | 4 | 6.67 |
| 4-8 | 23 | 38.33 |
| 8-12 | 19 | 31.67 |
| 12-16 | 14 | 23.33 |
| TOTAL | 60 | 100 |





Pregunta 2: ¿Qué actividad económica principal posee el jefe/jefa del hogar?

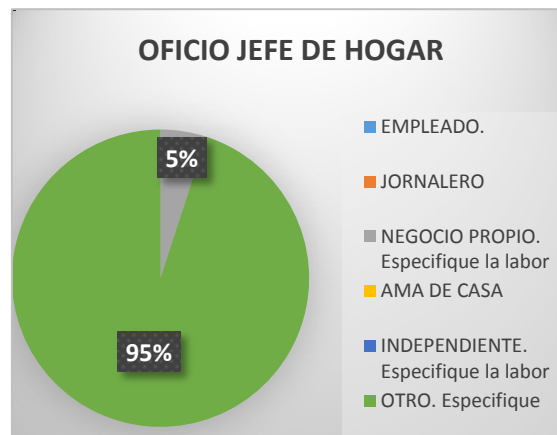
| | FRECUENCIA | % |
|--|-------------------|------------|
| (1) EMPLEADO. | | |
| (2) JORNALERO | 0 | 0 |
| (3) NEGOCIO PROPIO. Especifique la labor | 3 | 5 |
| (4) AMA DE CASA | 0 | 0 |
| (5) INDEPENDIENTE. Especifique la labor | 0 | 0 |
| (6) OTRO. Especifique | 57 | 95 |
| TOTAL | 60 | 100 |

6) OTRO

| | |
|-----------|-----------------------------------|
| 26 | Recolector de Cangrejo |
| 14 | Pescador |
| 17 | Pescador y recolector de cangrejo |
| 57 | TOTAL CASOS |

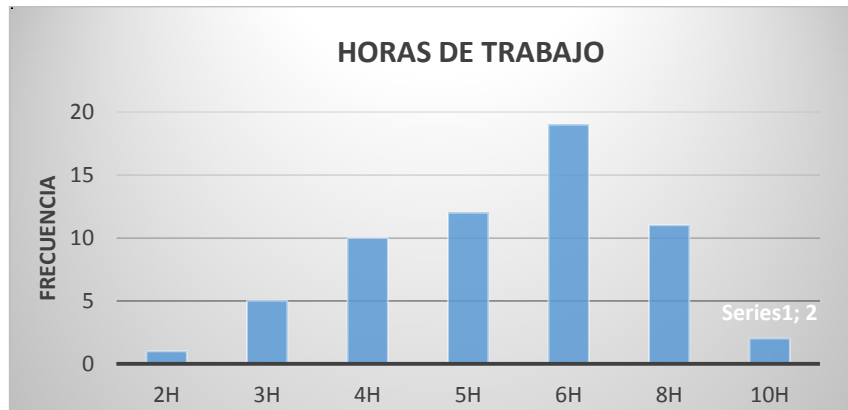
3) NEGOCIO PROPIO

| | |
|----------|--------------------|
| 1 | Vendedor Carne |
| 1 | Vendedor juguetes |
| 1 | Bar |
| 3 | TOTAL CASOS |



Pregunta 3: ¿Cuántas horas al día trabaja? Especificar el Horario

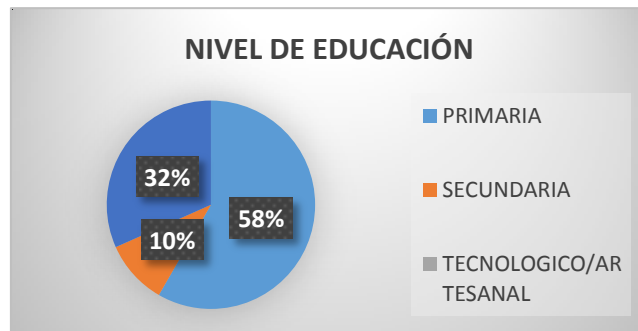
| HORAS | FRECUENCIA | % | HORARIO |
|--------------|-------------------|---------------|--------------------------|
| 2H | 1 | 1.67 | 11:00-13:00 |
| 3H | 5 | 8.33 | 10:00-13:00 |
| 4H | 10 | 16.67 | 6:00-10:00 |
| 5H | 12 | 20.00 | 7:00-12:00 |
| 6H | 19 | 31.67 | 7:00-13:00 |
| 8H | 11 | 18.33 | 6:00-12:00 Y 16:00-18:00 |
| 10H | 2 | 3.33 | 6:00-12:00 Y 16:00-20:00 |
| TOTAL | 60 | 100.00 | |



Pregunta 4: ¿Qué niveles de Educación posee el Jefe/jefa del hogar?

| | FRECUENCIA | % |
|---------------------------|-------------------|---------------|
| (1) PRIMARIA | 35 | 58.33 |
| (2) SECUNDARIA | 6 | 10.00 |
| (3) TECNOLOGICO/ARTESANAL | 0 | 0.00 |
| (4) UNIVERSITARIO | 0 | 0.00 |
| (5) NINGUNO | 19 | 31.67 |
| TOTAL | 60 | 100.00 |

(5) NINGUNO
13 Sabe leer y escribir
6 No sabe leer y escribir
19

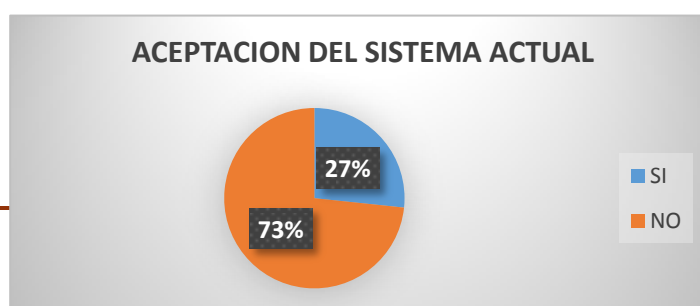


Pregunta 5: ¿Cuántos miembros de la familia pasan más de 8 horas durante el día en la vivienda?

| PERSONAS | FRECUENCIA | PERSONAS | FRECUENCIA |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| 1P | 1 | 7P | 9 |
| 2P | 6 | 8P | 9 |
| 3P | 3 | 10P | 4 |
| 4P | 12 | 11P | 3 |
| 5P | 6 | 13P | 2 |
| 6P | 4 | 14P | 1 |
| TOTAL | | | 60 |

Pregunta 6: ¿Considera Ud. que el servicio de agua potable y alcantarillado actual es de buena calidad?

| | FRECUENCIA | % |
|--------------|-------------------|------------|
| SI | 16 | 26.67 |
| NO | 44 | 73.33 |
| TOTAL | 60 | 100 |



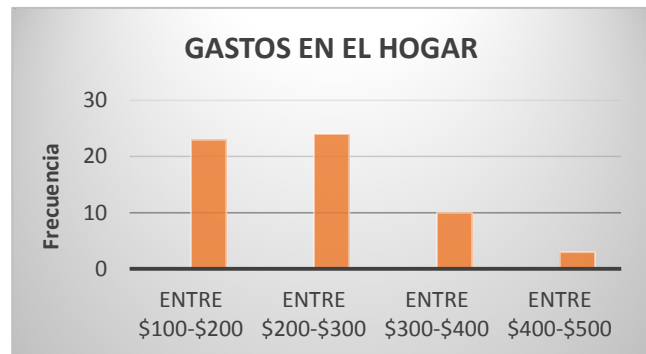


Si se realizan obras para mejorar y/o ampliar el servicio de agua potable y alcantarillado, cuanto pagaría por el servicio? \$ _____ Mensual

| | FRECUENCIA | % |
|------------------|-------------------|------------|
| Entre \$15-\$20 | 13 | 21.67 |
| Entre \$20-\$250 | 47 | 78.33 |
| TOTAL | 60 | 100 |

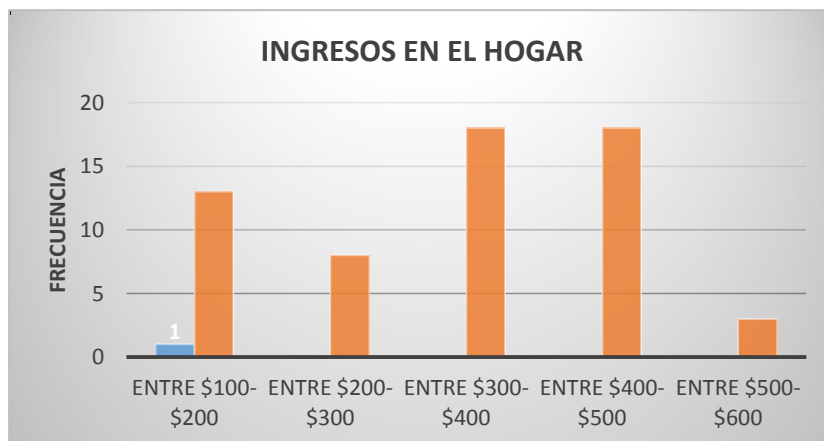
Pregunta 7: ¿Cuánto gasta mensualmente su familia? \$ _____ Mensual

| | FRECUENCIA | % |
|-------------------|-------------------|---------------|
| Entre \$100-\$200 | 23 | 38.33 |
| Entre \$200-\$300 | 24 | 40.00 |
| Entre \$300-\$400 | 10 | 16.67 |
| Entre \$400-\$500 | 3 | 5.00 |
| TOTAL | 60 | 100.00 |



Pregunta 8: ¿Podría indicarnos los ingresos mensuales de su familia? \$ _____ Mensual

| | FRECUENCIA | % |
|-------------------|-------------------|---------------|
| Entre \$100-\$200 | 13 | 21.67 |
| Entre \$200-\$300 | 8 | 13.33 |
| Entre \$300-\$400 | 18 | 30.00 |
| Entre \$400-\$500 | 18 | 30.00 |
| Entre \$500-\$600 | 3 | 5.00 |
| TOTAL | 60 | 100.00 |



Pregunta 9: ¿Cuántas horas de Energía Eléctrica tiene a día?

| HORAS | FRECUENCIA | % |
|--------------|-------------------|----------|
| 2 | 1 | 1.67 |
| 4 | 21 | 35.00 |



| | | |
|--------------|-----------|---------------|
| 5 | 33 | 55.00 |
| 6 | 5 | 8.33 |
| TOTAL | 60 | 100.00 |

Pregunta 10: ¿Cuál es el nivel máximo de Inundación que ha presenciado?

| NIVEL (m) | FRECUENCIA | % |
|------------------|-------------------|---------------|
| 0,4-0,6 | 7 | 11.67 |
| 0,6-0,8 | 12 | 20.00 |
| 0,8-1,0 | 23 | 38.33 |
| 1,0 o más | 18 | 30.00 |
| TOTAL | 60 | 100.00 |

Pregunta 11: ¿Qué meses llueve más?

| MESES | FRECUENCIA | % |
|--------------|-------------------|---------------|
| Octubre | 2 | 3.33 |
| Enero | 1 | 1.67 |
| Febrero | 4 | 6.67 |
| Marzo | 37 | 61.67 |
| Abril | 16 | 26.67 |
| TOTAL | 60 | 100.00 |

Pregunta 12: ¿Cuánto tiempo demora en bajar el agua de inundación?

| HORAS | FRECUENCIA | % |
|--------------|-------------------|---------------|
| 2 | 9 | 15.00 |
| 3 | 27 | 45.00 |
| 4 | 16 | 26.67 |
| 5 | 7 | 11.67 |
| 6 | 1 | 1.67 |
| TOTAL | 60 | 100.00 |

ANÁLISIS DE AGUA POTABLE

Pregunta 13: ¿De dónde proviene el agua para su vivienda?

| | | | |
|-----|--|-----------|---------------|
| (1) | CON LLAVE DENTRO DE LA VIVIENDA | 0 | 0.00 |
| (2) | CON LLAVE DENTRO DE LA COMUNIDAD PERO FUERA VIVIENDA | 0 | 0.00 |
| (3) | ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA | 0 | 0.00 |
| (4) | POZO. ESPECIFIQUE LA DISTANCIA | 0 | 0.00 |
| (5) | TANQUERO. ESPECIFIQUE LA FRECUENCIA DE VISITA | 60 | 100.00 |
| (6) | OTRA FUENTE. ESPECIFIQUE | 0 | 0.00 |
| | TOTAL | 60 | 100.00 |



(5) TANQUERO. ESPECIFIQUE LA FRECUENCIA DE VISITA

21 Cada 7 días
39 Cada 15 días
60 Habitantes

Pregunta 14: ¿Se encuentra satisfecho con la cantidad de agua consumida?

| | FRECUENCIA | % |
|--------------|-------------------|------------|
| SI | 27 | 45.00 |
| NO | 33 | 55.00 |
| TOTAL | 60 | 100 |

Pregunta 15: ¿Guarda agua en casa?

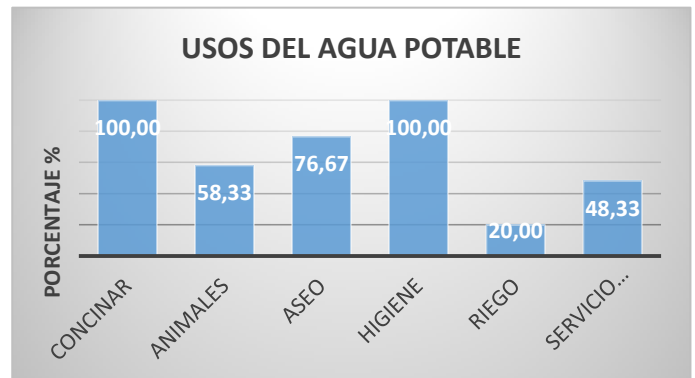
| | FRECUENCIA | % | |
|--------------|-------------------|------------|---------------------|
| 1) SI | 60 | 100.00 | 1) SI. FRECUENCIA |
| 2) NO | 0 | 0.00 | 15 Diario |
| TOTAL | 60 | 100 | 23 Semanal |
| | | | <u>22</u> 2 Semanas |
| | | | 60 |

Pregunta 16: ¿En qué depósito almacena el agua?

| | FRECUENCIA | % |
|---------------------|-------------------|------------|
| (1) TINAJA | 0 | 0.00 |
| (2) BALDE | 0 | 0.00 |
| (3) BIDONES | 0 | 0.00 |
| (4) CILINDRO | 0 | 0.00 |
| (5) BARRIL PLASTICO | 60 | 100.00 |
| (6) OTRO | 0 | 0.00 |
| TOTAL | 60 | 100 |

Pregunta 17: ¿Para qué necesita el agua?

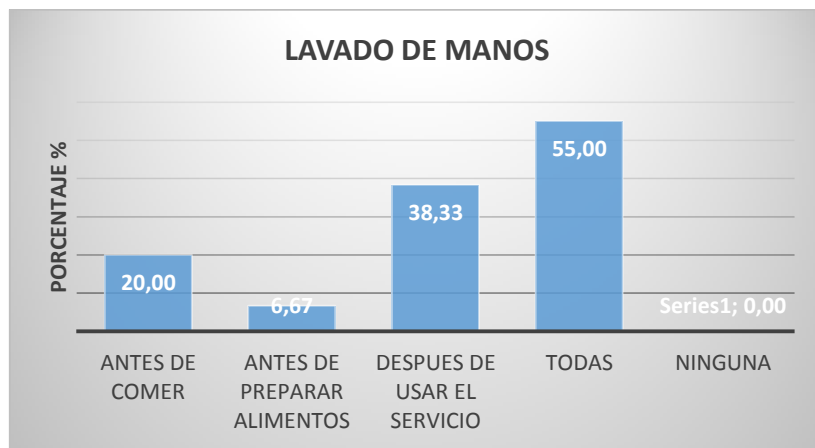
| | FRECUENCIA | % |
|------------------------|-------------------|----------|
| (1) CONCINAR | 60 | 100.00 |
| (2) ANIMALES | 35 | 58.33 |
| (3) ASEO | 46 | 76.67 |
| (4) HIGIENE | 60 | 100.00 |
| (5) RIEGO | 12 | 20.00 |
| (6) SERVICIO HIGIENICO | 29 | 48.33 |





Pregunta 18: ¿Cuándo considera Ud. que se deberían lavar las manos?

| | | FRECUENCIA | % |
|-----|--|-------------------|----------|
| (1) | ANTES DE COMER ANTES DE PREPARAR ALIMENTOS | 12 | 20.00 |
| (2) | DESPUES DE USAR EL SERVICIO | 4 | 6.67 |
| (3) | TODAS | 23 | 38.33 |
| (4) | NINGUNA | 33 | 55.00 |
| (5) | | 0 | 0.00 |



Pregunta 19: Su cepillado de dientes lo realiza con:

| | FRECUENCIA | % | |
|--------------|----------------------|-----------|------------|
| (1) | CON UNA TAZA DE AGUA | 60 | 100.00 |
| (2) | GRIFO EN EL HOGAR | 0 | 0.00 |
| TOTAL | | 60 | 100 |

| | | | |
|--------------|----------------------|-----------|-----------------|
| (1) | CON UNA TAZA DE AGUA | 41 | 1 Taza de agua |
| | | 19 | 2 Tazas de agua |
| TOTAL | | 60 | |

Pregunta 20: Su alimentación consiste en:

| | | FRECUENCIA | % |
|-----|------------|-------------------|----------|
| (1) | DESAYUNO | 60 | 100 |
| (2) | ALMUERZO | 60 | 100 |
| (3) | CAFÉ-TARDE | 0 | 0 |
| (4) | MERIENDA | 60 | 100 |
| (5) | OTRO. | 0 | 0 |

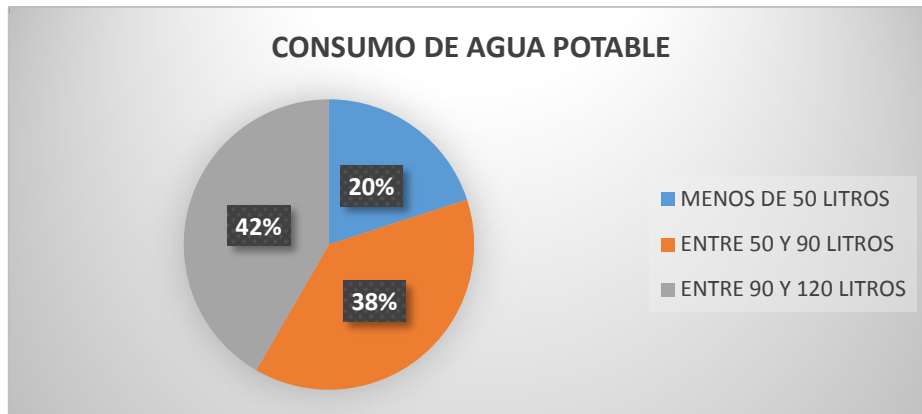
Pregunta 21: ¿Tiene animales domésticos o comerciales?

| | FRECUENCIA | % |
|--------------|-------------------|------------|
| 1) SI | 19 | 31.67 |
| 2) NO | 41 | 68.33 |
| TOTAL | 60 | 100 |



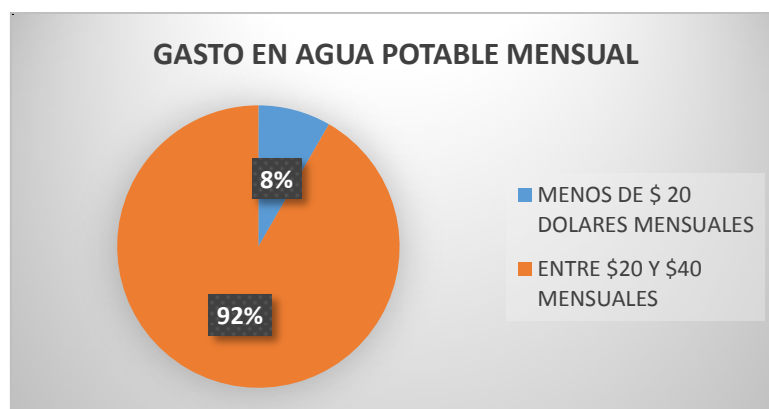
Pregunta 22: ¿Conoce Ud. su consumo diario de agua, de cuánto es?

| | FRECUENCIA | % |
|---------------------------------|-------------------|------------|
| (1) MENOS DE 50 LITROS | 12 | 20.00 |
| (2) ENTRE 50 Y 90 LITROS | 23 | 38.33 |
| (3) ENTRE 90 Y 120 LITROS | 25 | 41.67 |
| (4) NO CONOCE SU CONSUMO DIARIO | 0 | 0.00 |
| TOTAL | 60 | 100 |



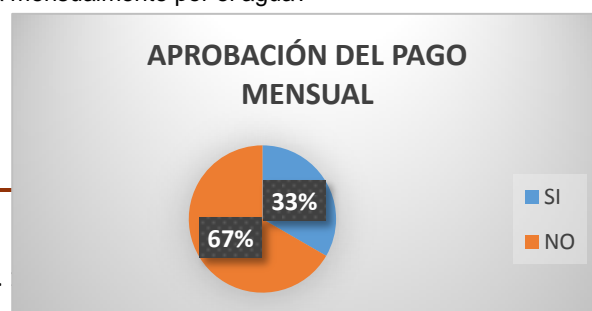
Pregunta 23: ¿Cuánto paga mensualmente por el servicio de agua?

| | FRECUENCIA | % |
|--------------------------------------|-------------------|------------|
| (1) NO PAGO NADA | 0 | 0.00 |
| (2) MENOS DE \$ 20 DOLARES MENSUALES | 5 | 8.33 |
| (3) ENTRE \$20 Y \$40 MENSUALES | 55 | 91.67 |
| (4) ENTRE \$40 Y \$60 MENSUALES | 0 | 0.00 |
| (5) MAS DE \$60 MENSUALES | 0 | 0.00 |
| TOTAL | 60 | 100 |



Pregunta 24: ¿Está de acuerdo con lo que paga mensualmente por el agua?

| | FRECUENCIA | % |
|-------|-------------------|----------|
| 1) SI | 20 | 33.33 |
| 2) NO | 40 | 66.67 |





TOTAL 60 100

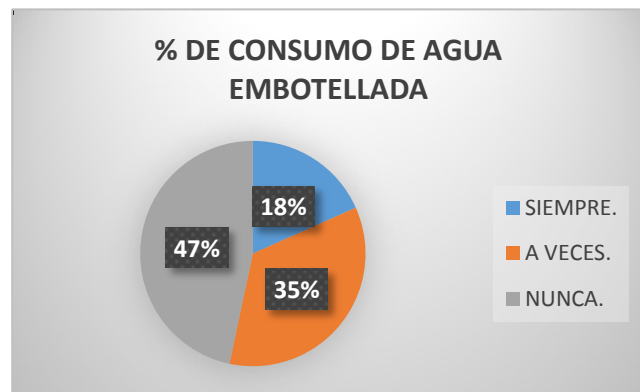
2) NO. EXPLIQUE LA RAZÓN.
60 MUY COSTOSO

Pregunta 25: ¿Cuántas veces lava los platos en su casa al día?

| Nro. VECES | FRECUENCIA | % |
|--------------|------------|------------|
| 1 | 11 | 18.33 |
| 2 | 21 | 35.00 |
| 3 | 28 | 46.67 |
| TOTAL | 60 | 100 |

Pregunta 26: ¿Compra agua en botella/selladas para beber? Especificar la cantidad en litros a la semana

| | FRECUENCIA | % |
|--------------|------------|------------|
| (1) SIEMPRE. | 11 | 18.33 |
| (2) A VECES. | 21 | 35.00 |
| (3) NUNCA. | 28 | 46.67 |
| TOTAL | 60 | 100 |



Pregunta 27: ¿Por qué compra agua en botella sellada para beber?

| | FRECUENCIA | % |
|---|------------|------------|
| (1) NO HAY FUENTES DE AGUA DULCE PARA BEBER | 23 | 38.33 |
| (2) EL AGUA DE LA FUENTE QUE SE ABASTECE NO ES CONFIABLE | 35 | 58.33 |
| (3) A SUFRIDO ENFERMEDADES X BEBER AGUA DEL SISTEMA QUE SE ABASTECE | 2 | 3.33 |
| TOTAL | 60 | 100 |

Pregunta 28: ¿Cuánto dinero gasta en agua sellada aproximadamente en el mes?

| | FRECUENCIA | % |
|----------------|------------|------------|
| ENTRE \$1-\$3 | 4 | 6.67 |
| ENTRE \$3-\$6 | 35 | 58.33 |
| ENTRE \$6-\$9 | 12 | 20.00 |
| ENTRE \$9-\$12 | 9 | 15.00 |
| TOTAL | 30 | 100 |

Pregunta 29: ¿Con qué agua lleva sus alimentos?

| | FRECUENCIA | % |
|---------------------------------|------------|--------|
| (1) AGUA EMBOTELLADA | 0 | 0.00 |
| (2) AGUA LLUVIA ALMACENADA | 0 | 0.00 |
| (3) AGUA DE TANQUERO ALMACENADA | 60 | 100.00 |



| | | | |
|--------------|--------------------|-----------|------------|
| (4) | OTRA. ESPECIFIQUE. | 0 | 0.00 |
| TOTAL | | 60 | 100 |

Pregunta 30: ¿Con qué agua prepara sus alimentos?

| | | FRECUENCIA | % |
|--------------|-----------------------------|-------------------|------------|
| (1) | AGUA EMBOTELLADA | 0 | 0.00 |
| (2) | AGUA LLUVIA ALMACENADA | 0 | 0.00 |
| (3) | AGUA DE TANQUERO ALMACENADA | 60 | 100.00 |
| (4) | OTRA. ESPECIFIQUE. | 0 | 0.00 |
| TOTAL | | 60 | 100 |

Pregunta 31: ¿Qué tiempo le dedica a su aseo persona?

| MINUTOS | FRECUENCIA | % |
|----------------|-------------------|------------|
| 0-15 | 10 | 16.67 |
| 15-20 | 31 | 51.67 |
| 20-25 | 14 | 23.33 |
| 25-30 | 0 | 0.00 |
| 30-35 | 2 | 3.33 |
| 35 o más | 3 | 5.00 |
| TOTAL | 60 | 100 |

Pregunta 32: ¿Qué fuente de agua utiliza para su aseo personal?

| | | FRECUENCIA | % |
|-----|------------------------------|-------------------|----------|
| (1) | AGUA EMBOTELLADA | 0 | 0.00 |
| (2) | AGUA ALMACENADA DE LLUVIA | 2 | 3.33 |
| (3) | AGUA ALMACENADA DEL TANQUERO | 60 | 100.00 |
| (4) | FUENTES HÍDRICAS (RÍO, MAR) | 10 | 16.67 |
| (5) | OTRA. | 0 | 0.00 |

Pregunta 33: ¿Con qué frecuencia utiliza el agua para su aseo personal?

| VECES | FRECUENCIA | % |
|--------------|-------------------|------------|
| 0-7 | 4 | 6.67 |
| 7-14d | 35 | 58.33 |
| 14-21 | 17 | 28.33 |
| 21 o más | 4 | 6.67 |
| TOTAL | 60 | 100 |

Pregunta 34: Numero de artefactos de cada tipo existencias en su vivienda

| N° DE LAVAMANOS | FRECUENCIA | % |
|------------------------|-------------------|----------|
| 0 | 46 | 76.67 |
| 1 | 8 | 13.33 |
| 2 | 6 | 10.00 |



| | | |
|--------------|-----------|------------|
| TOTAL | 60 | 100 |
|--------------|-----------|------------|

N° DE INODOROS

| | | |
|--------------|-----------|------------|
| 0 | 14 | 23.33 |
| 1 | 46 | 76.67 |
| 2 | 0 | 0.00 |
| TOTAL | 60 | 100 |

N° DE DUCHAS

| | FRECUENCIA | % |
|--------------|-------------------|------------|
| 0 | 46 | 76.67 |
| 1 | 14 | 23.33 |
| 2 | 0 | 0.00 |
| TOTAL | 60 | 100 |

Pregunta 35: El lavado de ropa lo hace:

| | | FRECUENCIA | % |
|-----|--------------|-------------------|------------|
| (1) | A MANO | 29 | 48.33 |
| (2) | LAVADORA | 31 | 51.67 |
| | TOTAL | 60 | 100 |

| (1) | A MANO | VECES POR SEMANA | FRECUENCIA | NRO. PIEZAS | FRECUENCIA |
|-----|--------|-------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | | 1 | 2 | 0-15 | 1 |
| | | 2 | 8 | 15-20 | 17 |
| | | 3 | 17 | 20-25 | 2 |
| | | más de 3 | 2 | 25-30 | 8 |
| | | | 29 | Más de 30 | 1 |
| | | | | | 29 |

| (2) | LAVADORA | VECES POR SEMANA | FRECUENCIA | NRO. PIEZAS | FRECUENCIA |
|-----|----------|-------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | | 1 | 10 | 0-15 | 4 |
| | | 2 | 6 | 15-20 | 14 |
| | | 3 | 15 | 20-25 | 0 |
| | | más de 3 | 0 | 25-30 | 4 |
| | | | 31 | Más de 30 | 9 |
| | | | | | 31 |



Pregunta 36: ¿Conoce si se han buscado fuentes de agua dulce cercanas?

| | FRECUENCIA | % | |
|--------------|-------------------|------------|---------------------|
| (1) SI. | 35 | 58.33 | (1) SI. ESPECIFIQUE |
| (2) NO | 25 | 41.67 | 28 Isla Puná |
| TOTAL | 60 | 100 | <u>7</u> Cerritos |
| | | | 35 |

Pregunta 37: ¿Ha tomado Ud. Algunas de estas medidas para preservar la calidad del agua?

| | FRECUENCIA | % |
|-----------------------------------|-------------------|----------|
| (1) HERVIR EL AGUA | 31 | 51.67 |
| (2) CLORAR EL AGUA | 31 | 51.67 |
| (3) ALMACENAR EL TANQUES CERRADOS | 39 | 65.00 |
| (4) OTRO. | 0 | 0.00 |

SANITARIO

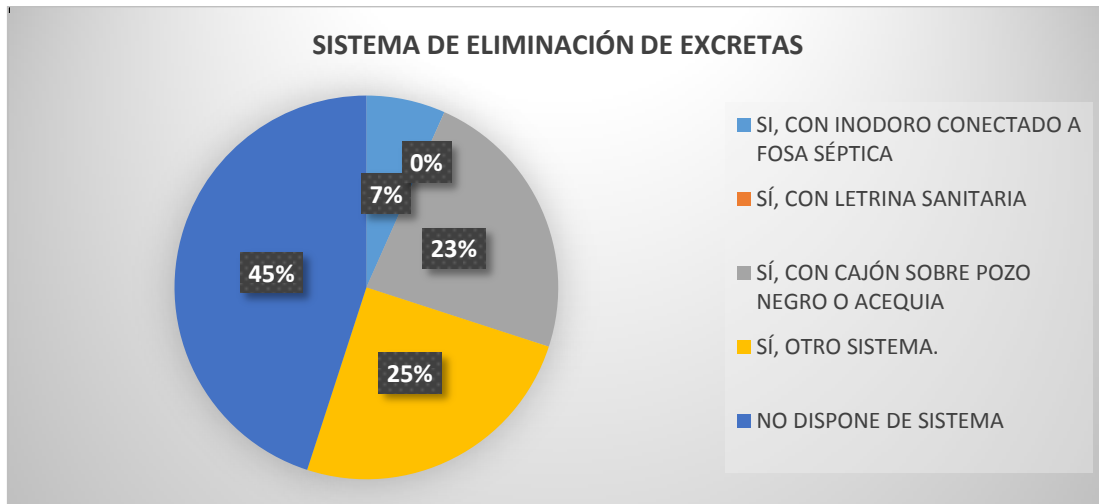
Pregunta 37: ¿Sufren o han sufrido últimamente alguna enfermedad debido a la falta de higiene y saneamiento? (esperar respuesta y luego ir mencionándolas)

| | FRECUENCIA | % |
|-----------------------------------|-------------------|----------|
| 1) TIFOIDEA | 4 | 6.67 |
| 2) CÓLERA | 2 | 3.33 |
| 3) AMEBIASIS-DOLOR ESTOMAGO | 33 | 55.00 |
| 4) INFECCIONES PARASITARIAS | 29 | 48.33 |
| 5) IRRITACIONES PARACITARIAS | 8 | 13.33 |
| 6) IRRITACIÓN DE OJOS Y NARIZ | 10 | 16.67 |
| 7) AFECCIONES A LA PIEL O DIENTES | 2 | 3.33 |
| 8) PALUDISMO | 29 | 48.33 |
| 9) OTRAS | 46 | 76.67 |

| (9) OTRAS | FRECUENCIA | % |
|-------------|-------------------|----------|
| Dengue | 19 | 31.67 |
| Chicungunya | 15 | 25.00 |
| Ninguna | 12 | 20.00 |

Pregunta 39: ¿En su vivienda disponen de Sistema de eliminación de excretas?

| | FRECUENCIA | % |
|--|-------------------|------------|
| (1) SI, CON INODORO CONECTADO A FOSA SÉPTICA | 4 | 6.67 |
| (2) SÍ, CON LETRINA SANITARIA | 0 | 0.00 |
| (3) SÍ, CON CAJÓN SOBRE POZO NEGRO O ACEQUIA | 14 | 23.33 |
| (4) SÍ, OTRO SISTEMA. | 15 | 25.00 |
| (5) NO DISPONE DE SISTEMA | 27 | 45.00 |
| TOTAL | 60 | 100 |

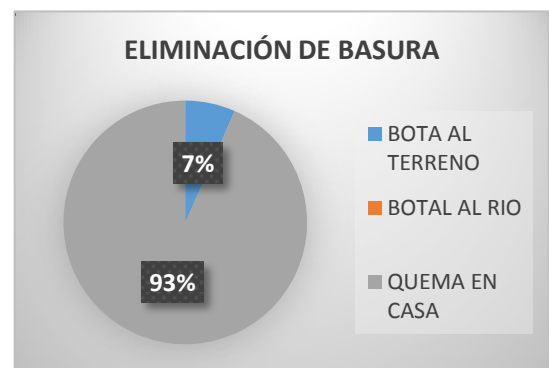


Pregunta 40: ¿Dónde elimina el agua usada por la cocina y lavado de ropa?

| | | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
|--------------|-------------|-------------------|------------|
| (1) | AL EXTERIOR | 60 | 100.00 |
| (2) | POZO | 0 | 0.00 |
| (3) | RÍO | 0 | 0.00 |
| (4) | OTRO. | 0 | 0.00 |
| TOTAL | | 60 | 100 |

Pregunta 41: ¿Cómo elimina la basura?

| | | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
|--------------|-------------------|-------------------|------------|
| (1) | BOTA AL TERRENO | 4 | 6.67 |
| (2) | BOTAL AL RIO | 0 | 0.00 |
| (3) | QUEMA EN CASA | 56 | 93.33 |
| (4) | LA ENTIERRA | 0 | 0.00 |
| (5) | CAMION RECOLECTOR | 0 | 0.00 |
| (6) | OTRO | 0 | 0.00 |
| TOTAL | | 60 | 100 |



Pregunta 42: ¿En el sector existe algún sitio donde se deje abandonada la basura?

| | | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
|--------------|-----|-------------------|------------|
| (1) | SI. | 21 | 35.00 |
| (2) | NO | 39 | 65.00 |
| TOTAL | | 60 | 100 |

(1) SI. ESPECIFIQUE

| | |
|-----------|-------------|
| 11 | Aguas Abajo |
| 4 | Relleno |
| 6 | Estero |
| 21 | |

Pregunta 43: ¿En su hogar realizan separación de desechos?

| | | <i>FRECUENCIA</i> | <i>%</i> |
|--------------|-----|-------------------|------------|
| (1) | SI. | 25 | 41.67 |
| (2) | NO | 35 | 58.33 |
| TOTAL | | 60 | 100 |



Pregunta 44: ¿Qué tipo de desechos reciclan?

| | FRECUENCIA | % |
|------------------------|-------------------|----------|
| (1) DESECHOS DE COCINA | 0 | 0.00 |
| (2) PAPEL/CARTON | 0 | 0.00 |
| (3) VIDRIOS | 0 | 0.00 |
| (4) LATAS/METAL | 0 | 0.00 |
| (5) PLÁSTICO | 25 | 41.67 |
| (6) OTRO. | 0 | 0.00 |

Pregunta 45: ¿En su hogar reciclan desechos sólidos?

| | | FRECUENCIA | % |
|--------------|-----|-------------------|------------|
| (1) | SI. | 14 | 23.33 |
| (2) | NO | 46 | 76.67 |
| TOTAL | | 60 | 100 |

Anexo 3. Cálculo de Dotaciones.

Tabla1. Niveles de servicio para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento.

| 5.1 NIVEL DE SERVICIO | CLIMA FRÍO Dotación (l/hab*día) | CLIMA CÁLIDO Dotación (l/hab*día) |
|------------------------------|--|--|
| Ia | 25 | 30 |
| Ib | 50 | 65 |
| Ila | 60 | 85 |
| Ilb | 75 | 100 |

Fuente: Diseño de sistemas de Abastecimiento de agua potable y saneamiento en zonas Rurales (INEN), 2014.



Anexo 4. Valores de diseño para Sistemas de Bombeo

Tabla 1. Valores de coeficientes C para la expresión de Hazen-Williams.

| Valores del coeficiente C de Hazen-Williams. | |
|---|----------|
| Material | C |
| Acero galvanizado | 125 |
| Acero soldado, tubos nuevos. | 130 |
| Acero soldado, tubos en uso. | 90 |
| Fierro fundido, nuevos | 130 |
| Fierro fundido, después de 15 o 20 años | 100 |
| Fierro fundido, gastados | 90 |
| PVC | 140 |
| Concreto, con buena terminación | 130 |
| Concreto, con terminación común | 120 |

Fuente: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto.

Tabla 2. Valores para el coeficiente de pérdida por accesorios.

| Valores aproximados de K (pérdidas de carga locales) | |
|---|----------|
| Pieza o accesorio | K |
| Compuerta abierta | 0,90 |
| Codo 90° | 0,40 |
| Codo 45° | 0,40 |
| Curva de 90° | 0,20 |
| Curva de 45° | 0,10 |
| Curva de 22,30° | 0,75 |
| Rejilla | 2,75 |
| Boquillas | 5,00 |
| Válvula de angula abierta | 0,20 |
| Válvula de compuerta abierta | 10,00 |
| Válvula tipo globo abierta | 1,00 |
| Salida de tubo | 0,50 |
| Entrada normal de tubo | 1,00 |
| Entrada de borda | 1,75 |
| Válvula de pie | 2,50 |
| Válvula de retención | 0,30 |
| Ampliación gradual | 0,15 |
| Reducción gradual | 0,15 |

Fuente: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto.

Tabla 3. Diámetros comerciales para Tubería PVC.

| Diámetro Nominal (mm) | | Diámetro interior | Espesor nominal | Presión de Trabajo | | |
|-----------------------|-----------|-------------------|-----------------|--------------------|-----|---------------------|
| UNIÓN U/Z | UNIÓN E/C | mm | mm | Mpa | PSI | Kgf/cm ² |



| | | | | | |
|----|-------|-------|------|--------|--------|
| 20 | 17,60 | 1,20 | 1,25 | 181,00 | 12,75 |
| | 7,40 | 1,30 | 1,60 | 232,00 | 16,32 |
| | 17,00 | 1,50 | 2,00 | 290,00 | 20,40 |
| 25 | 22,60 | 1,20 | 1,00 | 145,00 | 10,20 |
| | 22,40 | 1,30 | 1,25 | 181,00 | 12,75 |
| | 22,00 | 1,50 | 1,60 | 232,00 | 16,32 |
| 32 | 29,60 | 1,20 | 0,80 | 116,00 | 8,16 |
| | 29,40 | 1,30 | 1,00 | 145,00 | 10,20 |
| | 29,00 | 1,50 | 1,25 | 181,00 | 12,75 |
| 40 | 37,60 | 1,20 | 0,63 | 91,00 | 6,43 |
| | 37,40 | 1,30 | 0,80 | 116,00 | 8,16 |
| | 37,00 | 1,50 | 1,00 | 145,00 | 10,20 |
| | 36,20 | 1,90 | 1,25 | 181,00 | 12,75 |
| 50 | 47,4 | 47,40 | 1,30 | 0,63 | 91,00 |
| | 47 | 47,00 | 1,50 | 0,80 | 116,00 |
| | 46,2 | 46,20 | 1,90 | 1,00 | 145,00 |
| | 45,2 | 45,20 | 2,40 | 1,25 | 181,00 |

Fuente: Especificaciones para tuberías PVC, Plastigama.

Tabla 4. Presión de Vapor de Agua y disminución de la Presión Atmosférica.

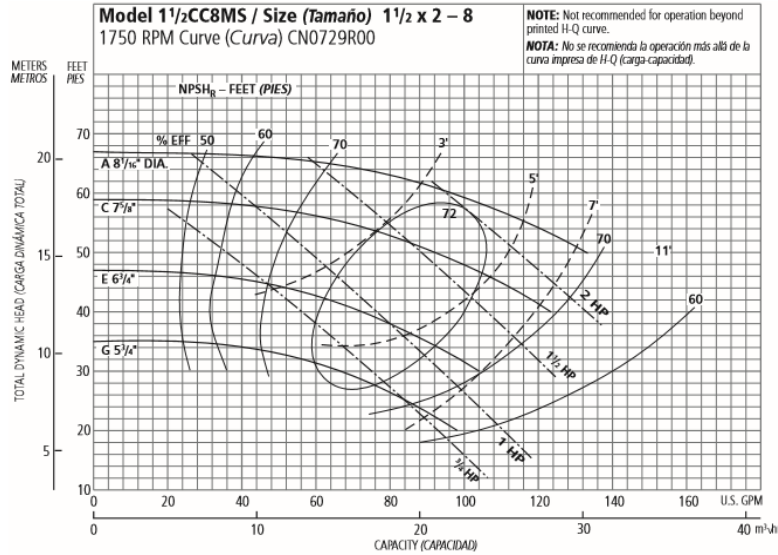
| Presión de Vapor de Agua | | | |
|--|-----------------|--------------------------|----------|
| Temperatura | Peso específico | Presión de Vapor | |
| °C | Kg/dm^3 | M. Abas. | PSI. Abs |
| 0 | 0,9998 | 0,062 | 0,088 |
| 5 | 1,0000 | 0,089 | 0,127 |
| 10 | 0,9996 | 0,125 | 0,178 |
| 15 | 0,9990 | 0,174 | 0,247 |
| 20 | 0,9982 | 0,238 | 0,338 |
| 25 | 0,9970 | 0,323 | 0,459 |
| 30 | 0,9955 | 0,432 | 0,614 |
| Disminución de la Presión atmosférica | | | |
| Altura sobre el nivel del mar | | Presión atmosférica (Pa) | |
| m | ft | m | Pa |



| | | | |
|-----|------|-------|-------|
| 0 | 0 | 10,33 | 14,69 |
| 250 | 820 | 10,03 | 14,26 |
| 500 | 1640 | 9,73 | 13,83 |

Fuente: Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. CEPIS, 2005.

Anexo 5: Curvas Características de las Bombas



| Optional Impeller Impulsor optativo | | |
|--|--------------|--------------------------|
| Ordering Code Código de pedido | Dia. Diá. | Shaft Dia. Shaft Dia. |
| A | 8 1/16" | 7/8" |
| C | 7 7/8" | |
| E | 6 3/4" | |
| G | 5 1/4" | |

NOTE: Pump will pass a sphere to 3/16" diameter.

NOTA: La bomba dejará pasar una esfera de hasta 3/16 de pulgada de diámetro.

Fuente: Catálogo Bombas Centrífugas. Bombas GOULDS (pg. 19)

Anexo 6: Esquemas de los Sistemas de Abastecimiento

Esquema 1: Sistema de Abastecimiento desde Tanquero Fluvial.

Esquema 2: Sistema de Abastecimiento desde Río Guayas.



Anexo 7: Valores de diseño para Tanques de Almacenamiento

Tabla 1. Variación horaria para el Diseño del Tanque de Almacenamiento N° 1..

| Hora | Demanda (l/s) | Volumen (m ³) | Vol. Acumulado (m ³) | Suministro (m ³) | Suministro acumulado (m ³) | Diferencia (m ³) |
|------|---------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0,05 | 0,18 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | -0,18 |
| 4 | 0,15 | 0,54 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | -0,72 |
| 5 | 0,25 | 0,9 | 1,62 | 0,00 | 0,00 | -1,62 |
| 6 | 0,33 | 1,188 | 2,81 | 0,00 | 0,00 | -2,81 |
| 7 | 0,38 | 1,368 | 4,18 | 0,00 | 0,00 | -4,18 |
| 8 | 0,45 | 1,62 | 5,80 | 8,35 | 8,35 | 2,56 |
| 9 | 0,52 | 1,872 | 7,67 | 8,35 | 16,70 | 9,04 |
| 10 | 0,66 | 2,376 | 10,04 | 8,35 | 25,06 | 15,01 |
| 11 | 0,78 | 2,808 | 12,85 | 8,35 | 33,41 | 20,56 |
| 12 | 0,86 | 3,096 | 15,95 | 8,35 | 41,76 | 25,81 |
| 13 | 0,85 | 3,06 | 19,01 | 8,35 | 50,11 | 31,10 |
| 14 | 0,84 | 3,024 | 22,03 | 0,00 | 50,11 | 28,08 |
| 15 | 0,78 | 2,808 | 24,84 | 0,00 | 50,11 | 25,27 |
| 16 | 0,72 | 2,592 | 27,43 | 0,00 | 50,11 | 22,68 |
| 17 | 0,65 | 2,34 | 29,77 | 0,00 | 50,11 | 20,34 |
| 18 | 0,51 | 1,836 | 31,61 | 0,00 | 50,11 | 18,50 |
| 19 | 0,37 | 1,332 | 32,94 | 0,00 | 50,11 | 17,17 |
| 20 | 0,3 | 1,08 | 34,02 | 0,00 | 50,11 | 16,09 |
| 21 | 0,25 | 0,9 | 34,92 | 0,00 | 50,11 | 15,19 |
| 22 | 0,2 | 0,72 | 35,64 | 0,00 | 50,11 | 14,47 |
| 23 | 0,18 | 0,648 | 36,29 | 0,00 | 50,11 | 13,82 |
| 24 | 0,15 | 0,54 | 36,83 | 0,00 | 50,11 | 13,28 |

Tabla 2. Variación horaria para el Diseño del Tanque de Almacenamiento N° 2.

| Hora | Demanda (l/s) | Volumen (m ³) | Vol. Acumulado (m ³) | Suministro (m ³) | Suministro acumulado (m ³) | Diferencia (m ³) |
|------|---------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| 1 | 0,1 | 0,36 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | -0,36 |
| 2 | 0,21 | 0,756 | 1,12 | 0,00 | 0,00 | -1,12 |
| 3 | 0,32 | 1,152 | 2,27 | 0,00 | 0,00 | -2,27 |
| 4 | 0,48 | 1,728 | 4,00 | 0,00 | 0,00 | -4,00 |
| 5 | 0,68 | 2,448 | 6,44 | 0,00 | 0,00 | -6,44 |
| 6 | 0,85 | 3,06 | 9,50 | 0,00 | 0,00 | -9,50 |
| 7 | 0,97 | 3,492 | 13,00 | 0,00 | 0,00 | -13,00 |



| | | | | | | |
|----|------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 8 | 1,1 | 3,96 | 16,96 | 13,50 | 13,50 | -3,46 |
| 9 | 1,15 | 4,14 | 21,10 | 13,50 | 27,00 | 5,90 |
| 10 | 1,21 | 4,356 | 25,45 | 0,00 | 27,00 | 1,55 |
| 11 | 1,29 | 4,644 | 30,10 | 0,00 | 27,00 | -3,10 |
| 12 | 1,37 | 4,932 | 35,03 | 0,00 | 27,00 | -8,03 |
| 13 | 1,4 | 5,04 | 40,07 | 13,50 | 40,50 | 0,43 |
| 14 | 1,38 | 4,968 | 45,04 | 13,50 | 54,00 | 8,96 |
| 15 | 1,27 | 4,572 | 49,61 | 0,00 | 54,00 | 4,39 |
| 16 | 1,17 | 4,212 | 53,82 | 0,00 | 54,00 | 0,18 |
| 17 | 1,15 | 4,14 | 57,96 | 0,00 | 54,00 | -3,96 |
| 18 | 1,01 | 3,636 | 61,60 | 0,00 | 54,00 | -7,60 |
| 19 | 0,95 | 3,42 | 65,02 | 13,50 | 67,50 | 2,48 |
| 20 | 0,89 | 3,204 | 68,22 | 13,50 | 81,00 | 12,78 |
| 21 | 0,81 | 2,916 | 71,14 | 13,50 | 94,50 | 23,36 |
| 22 | 0,78 | 2,808 | 73,94 | 13,50 | 108,00 | 34,06 |
| 23 | 0,61 | 2,196 | 76,14 | 0,00 | 108,00 | 31,86 |
| 24 | 0,5 | 1,8 | 77,94 | 0,00 | 108,00 | 30,06 |

Anexo 8. Esquemas de Tanques de Almacenamiento.

Esquema 1: Tanque de Almacenamiento N°1.

Esquema 2: Tanque de Almacenamiento N°2.



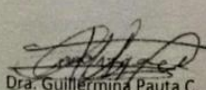
Anexo 9. Análisis y Pruebas de Laboratorio



Tabla 1: Parámetros Calidad de Agua

| LABORATORIO DE SANITARIA | | | |
|--|---|------------------|----------------|
| RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA | | | |
| Muestra procedencia: | Río Guayas.- Puerto Roma.- Provincia del Guayas | | |
| Tipo de fuente: | Agua de Mar | | |
| Fecha de toma: | 20 de Octubre de 2016 | | |
| Fecha de Análisis: | 20 de Octubre de 2016 | | |
| Análisis solicitado por: | Rocío Vázquez - Victoria Gutiérrez | | |
| PARAMETROS | Río Guayas | UNIDAD | OBSERVACIONES |
| PARÁMETROS FÍSICOS | | | |
| TEMPERATURA | 24,0 | °C. | in situ |
| OXIGENO DISUELTO (in situ) | 6,8 | mg/l | |
| SALINIDAD (in situ) | 21,2 | mg/l | |
| TURBIEDAD | 330 | NTU, FTU | |
| COLOR APARENTE | 1050,0 | UC, Pt Co | |
| COLOR REAL | 46,0 | UC, Pt Co | |
| CONDUCTIVIDAD | 36100,0 | microsiemens/ cm | |
| SOLIDOS DISUELTOS TOTALES | 23826,0 | mg/l | por cálculo |
| PARÁMETROS QUÍMICOS | | | |
| pH | 7,70 | | |
| ALCALINIDAD TOTAL | 220,0 | mg/l, CaCO3 | |
| ALCALINIDAD F. | 0,0 | mg/l, CaCO3 | |
| DUREZA TOTAL | 4492,0 | mg/l, CaCO3 | |
| Ca ⁺⁺ | 303,2 | mg/l | |
| Mg ⁺⁺ | 907,4 | mg/l | por cálculo |
| HIERRO TOTAL | 0,01 | mg/l | |
| TANINOS Y LIGNINAS | 13,10 | mg/l | |
| MANGANESO | 0,0 | mg/l | |
| COBRE | 0,0 | mg/l | |
| SILICIO | 2,70 | mg/l | |
| FLORUROS | 0,36 | mg/l | |
| P. ORTOFOSFATOS DISUELTOS. | 0,09 | mg/l | como Fósforo |
| CLORUROS | 13250,0 | mg/l | |
| SULFATOS | 2564,04 | mg/l | |
| AMONIO | 0,01 | mg/l | |
| N. NITRITOS | 5,38 | ug/l | como Nitrógeno |
| N. NITRATOS | 0,661 | mg/l | como Nitrógeno |
| DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO | 1,82 | mg/l | |
| PARÁMETROS BIOLÓGICOS | | | |
| RECuento EN PLACA | 0,0 | U.F.C./ml | 37°C. 24H |
| PSEUDOMONA AERUGINOSA | 0,0 | U.F.C./100ml | 42°C. 24H |
| MOHOS Y LEVADURAS | 0,0 | U.F.C./100ml | 35,5°C. 5D |
| COLIFORMES TOTALES | <1,8 | NMP/100ml | 37°C. 24H |
| E. COLI | <1,8 | NMP/100ML | 37°C. 24H |

Responsable:


 Dra. Guillermina Pauta C.
 QUIMICO-ANALISTA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
 Facultad de Ingeniería
 LABORATORIO DE
 INGENIERIA SANITARIA



Tabla 2: Prueba de Jarras

LABORATORIO DE SANITARIA

1. DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE

Muestra procedencia: Río Guayas.- Ciudad Guayaquil.- Provincia del Guayas
Fecha de recepción y análisis: 20 de marzo de 2017
Solicita: Rocío Vázquez, estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil

Características de la muestra:

| | | |
|----------------|-------|-------------------------|
| Turbiedad | 272 | NTU (FTU) |
| Color Aparente | 2310 | U.C. (Pt-Co) |
| Color Real | 71 | U.C. (Pt-Co) |
| Conductividad | 163,1 | uSiemens/cm |
| pH | 7,14 | |
| Alcalinidad | 57,6 | mg/l, CaCO ₃ |
| Hierro total | 0,04 | mg/l |
| Manganeso | 0,1 | mg/l |

Condiciones del ensayo:

Coagulante: Solución de sulfato de aluminio, al 1%
Mezla rápida: 300 rpm; 1 min
Mezcla lenta: 45 rpm; 15 min
Sedimentación: 20 min.

| Jarra #: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Dosis de coagulante: mg/l | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| Agua sedimentada | | | | | | |
| Color | 1300 | 275 | 109 | 60 | 51 | 55 |
| Turbiedad | 190 | 56,1 | 22,1 | 10,6 | 7,90 | 7,96 |
| Alcalinidad | 50,8 | 48,4 | 43,2 | 39,2 | 34,8 | 31,6 |
| pH | 7,18 | 6,98 | 6,84 | 6,72 | 6,53 | 6,49 |
| Agua filtrada | | | | | | |
| Color | | | | | 23 | |
| Turbiedad | | | | | 2,41 | |

Dosis óptima de coagulante: 60 mg/l

2. DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA DE POLIMERO

Condiciones del ensayo:

Coagulante: Solución de sulfato de aluminio, al 1%
Polímero: Praestro, ligeramente catiónico, al 0,05%
Mezla rápida: 300 rpm; 1 min
Mezcla lenta: 45 rpm; 15 min
Sedimentación: 20 min.

| Jarra #: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| Dosis de coagulante: mg/l | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Dosis de polímero: mg/l | 0,125 | 0,25 | 0,375 | 0,5 | 0,625 | 0,75 |
| Agua sedimentada | | | | | | |
| Color | 50 | 28 | 35 | 11 | 22 | 13 |
| Turbiedad | 9 | 7,15 | 4,94 | 1,98 | 3,46 | 2,5 |
| pH | 6,44 | 6,4 | 6,44 | 6,44 | 6,42 | 6,44 |
| Agua filtrada | | | | | | |
| Color | | | | 7 | | |
| Turbiedad | | | | 0,595 | | |

Dosis óptima de polímero: 0,5 mg/l

Atentamente,

Dra. Guillermina Paula C.
QUIMICO-ANALISTA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
LABORATORIO DE
INGENIERIA SANITARIA



Tabla 3. Criterios de calidad de aguas para aguas para fines recreativos mediante contacto primario*

| PARÁMETRO | EXPRESADO COMO | UNIDAD | CRITERIO DE CALIDAD |
|---|--|-----------------|---------------------|
| Parásitos Nemátodos Intestinales | | | Ausencia |
| Coliformes fecales | NMP | NMP/100ml | 200 |
| Coliformes Totales | NMP | NMP/100ml | 2000 |
| Compuestos fenólicos | Fenol | mg/l | 0,002 |
| Grasas y aceites | Película visible | | Ausencia |
| Material Flotante | Visible | | Ausencia |
| Oxígeno Disuelto | OD | % de saturación | >80 |
| Ph | Ph | | 6,5-8,3 |
| Relación Nitrógeno-Fósforo total | | | 15:01 |
| Tensoactivos | Sustancias activas al azul de metileno | mg/l | 0,5 |
| La visibilidad al disco Secchi será de por lo menos 2m de profundidad | | | |
| *Siempre y cuando no se refiera a piscinas | | | |

Fuente: Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua.

Anexo 10. Valores de diseño del Sedimentador

Tabla 1. Propiedades del Agua

| Densidad y Viscosidad del Agua | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Temperatura ° C | Densidad (gr/cm ³) | Viscosidad Cinemática |
| 15 | 0,99913 | 1,1457 |
| 16 | 0,99897 | 1,1168 |
| 17 | 0,9988 | 1,0888 |
| 18 | 0,99862 | 1,0618 |
| 19 | 0,99843 | 1,0356 |
| 20 | 0,99823 | 1,0105 |
| 21 | 0,99802 | 0,9863 |
| 22 | 0,9978 | 0,9629 |
| 23 | 0,99757 | 0,9403 |
| 24 | 0,99733 | 0,9186 |
| 25 | 0,99707 | 0,8975 |
| 26 | 0,99681 | 0,8774 |
| 27 | 0,99654 | 0,8581 |

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales, G. Rivas Mijares, 1978

Anexo 11. Esquema Sedimentador.



Anexo 12: Esquema y diseño Red de Distribución de Agua

Esquema1. Red de Distribución de Agua

Tabla 1. Diámetros de diseño para Red de distribución, tuberías PVC.

| Descripción | Espesor (mm) | Diámetros (mm) | Presión (MPa) |
|-------------|--------------|----------------|---------------|
| DN20 | 1.50 | 17.0 | 2.00 |
| DN25 | 1.50 | 22.0 | 1.60 |
| DN32 | 1.50 | 29.0 | 1.25 |
| DN40 | 1.50 | 37.0 | 1.00 |
| DN50 | 1.50 | 47.0 | 1.00 |
| DN63 | 3.00 | 57.0 | 1.25 |
| DN75 | 2.30 | 70.4 | 0.80 |
| DN90 | 3.50 | 83.0 | 1.00 |
| DN110 | 5.20 | 99.6 | 1.25 |

Fuente: Catálogo Plastigama, tuberías PVC.

Tabla 2. Propiedades Físicas del Agua

| Propiedades Físicas del Agua | | | |
|-------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------|
| Temperatura | Peso específico | Densidad | Viscosidad Cinemática |
| ° C | N/m^3 | Kg/m^3 | m^2/s |
| 15 | 9798 | 999,1 | 1,141 |
| 20 | 9789 | 998,2 | 1,007 |
| 25 | 9779 | 997,1 | 0,897 |
| 30 | 9767 | 995,7 | 0,804 |

Fuente: Propiedades Físicas del Agua, Víctor L. Streeter, 1975

Tabla 3. Valores de diseño asignados a cada nodo

| | | | |
|---------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| QMH (l/s) | 1,40 | Población (hab) | 1200 |
| Qi (l/s/hab) | 0,0012 | Densidad (Hab/casa) | 7 |
| NODO # | Nro. Viviendas | # hab | Q(Nudo) |
| NC1 | 9 | 63 | 0,074 |
| NC2 | 8 | 56 | 0,065 |
| NC3 | 11 | 77 | 0,090 |
| NC4 | 11 | 77 | 0,090 |
| NC5 | 8 | 56 | 0,065 |
| NC6 | 9 | 63 | 0,074 |
| NC7 | 11 | 77 | 0,090 |
| NC8 | 9 | 63 | 0,074 |
| NC9 | 9 | 63 | 0,074 |
| NC10 | 9 | 63 | 0,074 |
| NC11 | 8 | 56 | 0,065 |
| NC12 | 11 | 77 | 0,090 |
| NC13 | 5 | 35 | 0,041 |
| NC14 | 8 | 56 | 0,065 |
| NC15 | 8 | 56 | 0,065 |
| NC16 | 8 | 56 | 0,065 |
| Escuela | 250 | | 0,292 |
| TOTAL | | 1200 hab | 1,40 m³/s |



Anexo 13. Identificadores de Buzones y Tramos de la Red de Alcantarillado para la Comunidad de Puerto Roma.

Tabla 1: Identificadores de Buzones y Tramos, Características Geométricas y Áreas Tributarias que componen la Red de Alcantarillado para la Comunidad de Puerto Roma

| Descripción | Buzón Inicial | Buzón Final | Tramo | Observación | Cota Inicio | Cota de Fin | Longitud Planta | Longitud Real | Área Tributaria |
|--------------------|---------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------------|
| | | | | | (m) | (m) | (m) | (m) | (m ²) |
| Colector Principal | Bz-1 | Bz-2 | T1_2 | cabecera | 9.44 | 9.01 | 29.43 | 29.43 | 1,637.63 |
| Colector Principal | Bz-2 | Bz-3 | T2_3 | _ | 9.01 | 7.63 | 46.50 | 46.48 | 1,330.50 |
| Colector Principal | Bz-3 | Bz-4 | T3_4 | _ | 7.63 | 6.00 | 44.94 | 44.91 | 2,763.69 |
| Colector Principal | Bz-4 | Bz-5 | T4_5 | _ | 6.00 | 7.27 | 56.76 | 56.75 | 2,231.06 |
| Colector Principal | Bz-5 | Bz-6 | T5_6 | _ | 7.27 | 7.72 | 71.02 | 71.02 | - |
| Colector Principal | Bz-6 | Bz-7 | T6_7 | _ | 7.72 | 7.75 | 90.75 | 90.75 | - |
| Colector Principal | Bz-7 | Bz-8 | T7_8 | _ | 7.75 | 5.09 | 71.77 | 71.72 | - |
| Colector Principal | Bz-8 | Bz-9 | T8_9 | _ | 5.09 | 7.44 | 151.61 | 151.59 | - |
| Secundaria 1 | Bz-10 | Bz-2 | T10_2 | cabecera | 10.98 | 9.01 | 68.20 | 68.17 | 772.47 |
| Secundaria 2 | Bz-11 | Bz-3 | T11_3 | cabecera | 11.36 | 7.63 | 87.44 | 87.36 | 1,369.44 |
| Secundaria 3 | Bz-12 | Bz-3 | T12_3 | cabecera | 7.97 | 7.63 | 109.38 | 109.38 | 1,447.93 |
| Secundaria 4 | Bz-13 | Bz-4 | T13_4 | cabecera | 10.83 | 6.00 | 93.75 | 93.63 | 1,184.27 |
| Secundaria 5 | Bz-14 | Bz-4 | T14_4 | cabecera | 7.56 | 6.00 | 90.88 | 90.87 | 4,311.52 |
| Secundaria 6 | Bz-15 | Bz-5 | T15_5 | cabecera | 10.82 | 7.27 | 115.67 | 115.62 | 2,896.40 |
| Secundaria 7 | Bz-16 | Bz-17 | T16_17 | cabecera | 9.45 | 8.68 | 105.36 | 105.36 | 1,262.16 |
| Secundaria 7 | Bz-17 | Bz-18 | T17_18 | _ | 8.68 | 6.83 | 34.93 | 34.88 | 1,362.56 |
| Secundaria 7 | Bz-18 | Bz-7 | T18_7 | _ | 6.83 | 7.75 | 106.06 | 106.06 | 5,898.54 |
| Secundaria 8 | Bz-19 | Bz-18 | T19_18 | cabecera | 8.98 | 6.83 | 103.27 | 103.25 | 1,702.34 |
| Secundaria 9 | Bz-20 | Bz-22 | T20_22 | cabecera | 11.08 | 5.91 | 120.36 | 120.25 | 3,869.76 |
| Secundaria 9 | Bz-22 | Bz-8 | T22_8 | _ | 5.91 | 8.42 | 57.36 | 57.31 | 5,226.05 |
| Secundaria 10 | Bz-21 | Bz-22 | T21_22 | cabecera | 6.76 | 5.91 | 93.59 | 93.59 | 1,427.37 |
| Secundaria 11 | Bz-23 | Bz-22 | T23_22 | cabecera | 7.69 | 5.91 | 123.65 | 123.64 | 3,338.87 |
| Secundaria 12 | Bz-24 | Bz-25 | T24_25 | cabecera | 9.31 | 8.99 | 91.83 | 91.83 | 4,705.15 |
| Secundaria 12 | Bz-25 | Bz-8 | T25_8 | _ | 8.99 | 8.42 | 33.37 | 33.37 | 4,564.61 |
| Secundaria 13 | Bz-26 | Bz-25 | T26_25 | cabecera | 9.15 | 8.99 | 117.14 | 117.14 | 6,305.63 |



Anexo 14. Cálculos Hidráulicos de la Red de Alcantarillado

Tabla 1: Cálculos Hidráulicos de la Red de Alcantarillado y Valores de Diseño Iniciales.

| Tramo | POBLACIÓN | | | INFILTRACION | | | AGUAS RESIDUALES | | | | | VALORES REALES DE DISEÑO | | |
|--------|-----------|--------|----------|--------------|-------|--------|------------------|-----------|------|---------|---------|--------------------------|-----------------|---------------------|
| | Actual | Atrás | Acumu. | Act | Atrás | Acumu. | Qmd AR | Fact. May | Q.AR | Q. Calc | Q. Adop | Pendiente Natural m/m | % Pend. Adoptad | Diámetro Nominal mm |
| T1_2 | - | 33.00 | 33.00 | - | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 9.89 | 0.29 | 0.34 | 1.50 | 0.01 | 1.46 | 75 |
| T2_3 | 49.00 | 27.00 | 76.00 | 0.07 | 0.11 | 0.18 | 0.07 | 8.37 | 0.56 | 0.74 | 1.50 | 0.03 | 2.97 | 75 |
| T3_4 | 133.00 | 56.00 | 189.00 | 0.25 | 0.26 | 0.52 | 0.17 | 6.98 | 1.16 | 1.70 | 1.70 | 0.04 | 3.63 | 75 |
| T4_5 | 300.00 | 45.00 | 345.00 | 0.67 | 0.48 | 1.16 | 0.30 | 6.19 | 1.88 | 3.07 | 3.07 | -0.02 | 0.50 | 100 |
| T5_6 | 403.00 | - | 403.00 | 1.24 | 0.56 | 1.80 | 0.35 | 6.00 | 2.13 | 3.96 | 3.96 | -0.01 | 0.65 | 100 |
| T6_7 | 403.00 | - | 403.00 | 1.80 | 0.56 | 2.37 | 0.35 | 6.00 | 2.13 | 4.53 | 4.53 | 0.00 | 0.84 | 100 |
| T7_8 | 610.00 | - | 610.00 | 2.82 | 0.85 | 3.67 | 0.54 | 5.52 | 2.96 | 6.69 | 6.69 | 0.04 | 3.71 | 150 |
| T8_9 | 1,203.00 | - | 1,203.00 | 5.06 | 1.68 | 6.74 | 1.06 | 4.82 | 5.10 | 11.95 | 11.95 | -0.02 | 0.75 | 150 |
| T10_2 | - | 16.00 | 16.00 | - | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 11.43 | 0.16 | 0.18 | 1.50 | 0.03 | 2.89 | 75 |
| T11_3 | - | 28.00 | 28.00 | - | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 10.22 | 0.25 | 0.29 | 1.50 | 0.04 | 4.27 | 75 |
| T12_3 | - | 29.00 | 29.00 | - | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 10.15 | 0.26 | 0.30 | 1.50 | 0.00 | 0.57 | 75 |
| T13_4 | - | 24.00 | 24.00 | - | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 10.54 | 0.22 | 0.26 | 1.50 | 0.05 | 5.15 | 75 |
| T14_4 | - | 87.00 | 87.00 | - | 0.12 | 0.12 | 0.08 | 8.15 | 0.62 | 0.75 | 1.50 | 0.02 | 1.72 | 75 |
| T15_5 | - | 58.00 | 58.00 | - | 0.08 | 0.08 | 0.05 | 8.84 | 0.45 | 0.54 | 1.50 | 0.03 | 3.07 | 75 |
| T16_17 | - | 26.00 | 26.00 | - | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 10.37 | 0.24 | 0.28 | 1.50 | 0.01 | 0.57 | 75 |
| T17_18 | 26.00 | 28.00 | 54.00 | 0.04 | 0.08 | 0.11 | 0.05 | 8.96 | 0.43 | 0.54 | 1.50 | 0.05 | 5.30 | 75 |
| T18_7 | 89.00 | 118.00 | 207.00 | 0.16 | 0.29 | 0.45 | 0.18 | 6.85 | 1.25 | 1.72 | 1.72 | -0.01 | 0.70 | 75 |
| T19_18 | - | 35.00 | 35.00 | - | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 9.78 | 0.30 | 0.35 | 1.50 | 0.02 | 2.08 | 75 |
| T20_22 | - | 78.00 | 78.00 | - | 0.11 | 0.11 | 0.07 | 8.33 | 0.57 | 0.69 | 1.50 | 0.04 | 4.30 | 75 |
| T22_8 | 174.00 | 105.00 | 279.00 | 0.24 | 0.39 | 0.63 | 0.25 | 6.45 | 1.58 | 2.24 | 2.24 | -0.04 | 0.50 | 100 |
| T21_22 | - | 29.00 | 29.00 | - | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 10.15 | 0.26 | 0.30 | 1.50 | 0.01 | 0.57 | 75 |
| T23_22 | - | 67.00 | 67.00 | - | 0.09 | 0.09 | 0.06 | 8.59 | 0.51 | 0.61 | 1.50 | 0.01 | 1.44 | 75 |
| T24_25 | - | 95.00 | 95.00 | - | 0.13 | 0.13 | 0.08 | 8.01 | 0.67 | 0.81 | 1.50 | 0.00 | 0.57 | 75 |
| T25_8 | 222.00 | 92.00 | 314.00 | 0.31 | 0.44 | 0.75 | 0.28 | 6.30 | 1.74 | 2.52 | 2.52 | 0.02 | 1.71 | 75 |
| T26_25 | - | 127.00 | 127.00 | - | 0.18 | 0.18 | 0.11 | 7.55 | 0.84 | 1.03 | 1.50 | 0.00 | 0.57 | 75 |



Anexo 15. Diseño y esquemas de la red de Alcantarillado

Tabla 1: Consideraciones Finales Geométricas del Diseño de Alcantarillado Sanitario para la Comunidad de Puerto Roma

| Tramo | Sección Llena | | | | | Relaciones Parcialmente Llena | | | | Consideraciones Finales | | | Prof. Exc | Cota Inicio | Cota Inicio |
|--------|-------------------|-------|--------|-----------|----------------------|-------------------------------|------|------|------|-------------------------|-----------|----------------------|-----------|-------------|-------------|
| | Area | Radio | Caudal | Velocidad | F. Tractiva | q/Q | v/V | d/D | r/D | Vel. Real | Calado, d | F.Tract.Sem | | | |
| | (m ²) | (m) | (l/s) | (m/s) | (kg/m ²) | | | | | (m/s) | (cm) | (kg/m ²) | | | |
| T1_2 | 0.00 | 0.02 | 2.54 | 0.64 | 0.26 | 0.59 | 1.04 | 0.55 | 1.06 | 0.66 | 3.94 | 0.28 | 0.60 | 8.84 | 8.77 |
| T2_3 | 0.00 | 0.02 | 3.62 | 0.91 | 0.53 | 0.41 | 0.95 | 0.45 | 0.93 | 0.86 | 3.20 | 0.49 | 0.60 | 8.41 | 8.34 |
| T3_4 | 0.00 | 0.02 | 4.01 | 1.00 | 0.65 | 0.42 | 0.96 | 0.45 | 0.94 | 0.96 | 3.24 | 0.61 | 0.60 | 7.03 | 6.96 |
| T4_5 | 0.01 | 0.02 | 3.58 | 0.46 | 0.12 | 0.86 | 1.12 | 0.71 | 1.19 | 0.52 | 7.07 | 0.15 | 0.60 | 5.40 | 5.30 |
| T5_6 | 0.01 | 0.02 | 4.08 | 0.53 | 0.16 | 0.97 | 1.14 | 0.80 | 1.22 | 0.60 | 7.89 | 0.20 | 0.60 | 6.67 | 6.57 |
| T6_7 | 0.01 | 0.02 | 4.63 | 0.60 | 0.21 | 0.98 | 1.14 | 0.80 | 1.22 | 0.68 | 7.93 | 0.25 | 0.60 | 7.12 | 7.02 |
| T7_8 | 0.02 | 0.04 | 27.18 | 1.63 | 1.35 | 0.25 | 0.83 | 0.34 | 0.75 | 1.35 | 4.91 | 1.01 | 0.60 | 7.15 | 7.00 |
| T8_9 | 0.02 | 0.04 | 12.23 | 0.73 | 0.27 | 0.98 | 1.14 | 0.80 | 1.22 | 0.83 | 11.65 | 0.33 | 0.60 | 4.49 | 4.34 |
| T10_2 | 0.00 | 0.02 | 3.58 | 0.89 | 0.52 | 0.42 | 0.96 | 0.45 | 0.93 | 0.85 | 3.22 | 0.48 | 0.60 | 10.38 | 10.31 |
| T11_3 | 0.00 | 0.02 | 4.34 | 1.09 | 0.76 | 0.35 | 0.91 | 0.41 | 0.86 | 0.98 | 2.89 | 0.66 | 0.60 | 10.76 | 10.69 |
| T12_3 | 0.00 | 0.02 | 1.59 | 0.40 | 0.10 | 0.94 | 1.14 | 0.77 | 1.21 | 0.45 | 5.52 | 0.12 | 0.60 | 7.37 | 7.30 |
| T13_4 | 0.00 | 0.02 | 4.77 | 1.19 | 0.92 | 0.31 | 0.89 | 0.39 | 0.83 | 1.06 | 2.75 | 0.77 | 0.60 | 10.23 | 10.16 |
| T14_4 | 0.00 | 0.02 | 2.76 | 0.69 | 0.31 | 0.54 | 1.02 | 0.53 | 1.03 | 0.70 | 3.75 | 0.32 | 0.60 | 6.96 | 6.89 |
| T15_5 | 0.00 | 0.02 | 3.69 | 0.92 | 0.55 | 0.41 | 0.95 | 0.44 | 0.92 | 0.87 | 3.17 | 0.51 | 0.60 | 10.22 | 10.15 |
| T16_17 | 0.00 | 0.02 | 1.59 | 0.40 | 0.10 | 0.94 | 1.14 | 0.77 | 1.21 | 0.45 | 5.52 | 0.12 | 0.60 | 8.85 | 8.78 |
| T17_18 | 0.00 | 0.02 | 4.84 | 1.21 | 0.95 | 0.31 | 0.88 | 0.38 | 0.83 | 1.07 | 2.73 | 0.78 | 0.60 | 8.08 | 8.01 |
| T18_7 | 0.00 | 0.02 | 1.76 | 0.44 | 0.12 | 0.98 | 1.14 | 0.80 | 1.22 | 0.50 | 5.70 | 0.15 | 0.60 | 6.23 | 6.16 |
| T19_18 | 0.00 | 0.02 | 3.04 | 0.76 | 0.37 | 0.49 | 1.00 | 0.50 | 0.99 | 0.76 | 3.54 | 0.37 | 0.60 | 8.38 | 8.31 |
| T20_22 | 0.00 | 0.02 | 4.36 | 1.09 | 0.77 | 0.34 | 0.91 | 0.40 | 0.86 | 0.99 | 2.88 | 0.66 | 0.60 | 10.48 | 10.41 |
| T22_8 | 0.01 | 0.02 | 3.58 | 0.46 | 0.12 | 0.63 | 1.06 | 0.57 | 1.09 | 0.49 | 5.69 | 0.13 | 0.60 | 5.31 | 5.21 |
| T21_22 | 0.00 | 0.02 | 1.59 | 0.40 | 0.10 | 0.94 | 1.14 | 0.77 | 1.21 | 0.45 | 5.52 | 0.12 | 0.60 | 6.16 | 6.09 |
| T23_22 | 0.00 | 0.02 | 2.52 | 0.63 | 0.26 | 0.59 | 1.04 | 0.55 | 1.06 | 0.66 | 3.96 | 0.27 | 0.60 | 7.09 | 7.02 |
| T24_25 | 0.00 | 0.02 | 1.59 | 0.40 | 0.10 | 0.94 | 1.14 | 0.77 | 1.21 | 0.45 | 5.52 | 0.12 | 0.60 | 8.71 | 8.64 |
| T25_8 | 0.00 | 0.02 | 2.75 | 0.69 | 0.30 | 0.92 | 1.13 | 0.75 | 1.21 | 0.78 | 5.38 | 0.37 | 0.60 | 8.39 | 8.32 |
| T26_25 | 0.00 | 0.02 | 1.59 | 0.40 | 0.10 | 0.94 | 1.14 | 0.77 | 1.21 | 0.45 | 5.52 | 0.12 | 0.60 | 8.55 | 8.48 |



Anexo 16. Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Tabla 1: Diseño de Pozo Séptico (Sedimentador 01) para la Comunidad de Puerto Roma

| SEDIMENTADOR 01 | | | |
|--|-----------|----------|---------------------|
| DATOS | | | |
| Población | P | 403.00 | hab |
| Dotación | q | 95.00 | l/hab/d |
| Temperatura. Ambiente | T | 23.00 | ° C |
| Intervalo de remoción de lodos | n | 2.00 | años |
| VOLUMENES CALCULADOS | | | |
| Tasa de acumulación de lodos digeridos | r | 0.06 | m ³ /hab |
| Periodo de Retención | TRH | 0.13 | d |
| Vol. Requerido Sedimentación | Vs | 4.79 | m ³ |
| Tiempo de digestión Anaerobia solidos sedimentados | td | 45.33 | d |
| Vol. De lodos producido | Vd | 9.13 | m ³ |
| Vol. de almacenamiento lodos | Vsl | 48.36 | m ³ |
| Vol. General Depósito. Efectivo | V | 81.63 | m ³ |
| DIMENSIONAMIENTO | | | |
| DESCRIPCIÓN | VAL. CALC | VAL. DIS | UNIDAD |
| Profundidad | 3.00 | 8.00 | m |
| Área Superficial | 27.21 | 3.50 | m ² |
| Ancho | 3.01 | 3.00 | m |
| Largo | 9.03 | 84.00 | m |
| Altura libre | 0.60 | 0.60 | m |
| Altura Nata He | 0.03 | 0.10 | m |
| Altura Sedimento Hs | 0.17 | 0.20 | m |
| Prof. Libre de lodo | 1.73 | 1.80 | m |
| Altura de lodos | 0.33 | 0.30 | m |
| Prof. Total | 2.85 | 3.00 | m |



Tabla 64: Diseño de Pozo Séptico (Sedimentador 02) para la Comunidad de Puerto Roma

| SEDIMENTADOR 02 | | | |
|--|-----------|----------|---------------------|
| DATOS | | | |
| Población | P | 207.00 | hab |
| Dotación | q | 95.00 | l/hab/d |
| Temperatura. Ambiente | T | 23.00 | ° C |
| Intervalo de remoción de lodos | n | 2.00 | años |
| VOLUMENES CALCULADOS | | | |
| Tasa de acumulación de lodos digeridos | r | 0.06 | m ³ /hab |
| Periodo de Retención | RT | 0.21 | d |
| Vol. Requerido Sedimentación | Vs | 4.17 | m ³ |
| Tiempo de digestión Anaerobia solidos sedimentados | td | 45.33 | d |
| Vol. De lodos producido | Vd | 4.69 | m ³ |
| Vol. de almacenamiento lodos | Vsl | 24.84 | m ³ |
| Vol. General Depósito. Efectivo | V | 43.63 | m ³ |
| DIMENSIONAMIENTO | | | |
| DESCRIPCIÓN | VAL. CALC | VAL. DIS | UNIDAD |
| Profundidad | 2.00 | 8.00 | m |
| Área Superficial | 21.82 | 2.80 | m ² |
| Ancho | 2.70 | 2.00 | m |
| Largo | 8.09 | 44.80 | m |
| Altura libre | 0.30 | 0.30 | m |
| Altura Nata He | 0.03 | 0.10 | m |
| Altura Sedimento Hs | 0.19 | 0.20 | m |
| Prof. Libre de lodo | 1.11 | 1.10 | m |
| Altura de lodos | 0.21 | 0.30 | m |
| Prof. Total | 1.84 | 2.00 | m |



Tabla 65: Tabla 66: Diseño de Pozo Séptico (Sedimentador 03) para la Comunidad de Puerto Roma

| SEDIMENTADOR 03 | | | |
|--|------------------|-----------------|---------------------|
| DATOS | | | |
| Población | P | 279.00 | hab |
| Dotación | q | 95.00 | l/hab/d |
| Temperatura. Ambiente | T | 23.00 | ° C |
| Intervalo de remoción de lodos | n | 2.00 | años |
| VOLUMENES CALCULADOS | | | |
| Tasa de acumulación de lodos digeridos | r | 0.06 | m ³ /hab |
| Periodo de Retención | RT | 0.17 | d |
| Vol. Requerido Sedimentación | Vs | 4.59 | m ³ |
| Tiempo de digestión Anaerobia solidos sedimentados | td | 45.33 | d |
| Vol. De lodos producido | Vd | 6.32 | m ³ |
| Vol. de almacenamiento lodos | Vsl | 33.48 | m ³ |
| Vol. General Depósito. Efectivo | V | 57.78 | m ³ |
| DIMENSIONAMIENTO | | | |
| DESCRIPCIÓN | VAL. CALC | VAL. DIS | UNIDAD |
| Profundidad | 2.00 | 8.00 | m |
| Área Superficial | 28.89 | 3.70 | m ² |
| Ancho | 3.10 | 2.00 | m |
| Largo | 9.31 | 59.20 | m |
| Altura libre | 0.30 | 0.30 | m |
| Altura Nata He | 0.02 | 0.10 | m |
| Altura Sedimento Hs | 0.15 | 0.20 | m |
| Prof. Libre de lodo | 1.13 | 1.10 | m |
| Altura de lodos | 0.21 | 0.30 | m |
| Prof. Total | 1.82 | 2.00 | m |



Tabla 4: Tabla 67: Diseño de Pozo Séptico (Sedimentador 04) para la Comunidad de Puerto Roma

| SEDIMENTADOR 04 | | | |
|--|-----------|----------|---------------------|
| DATOS | | | |
| Población | P | 314.00 | hab |
| Dotación | q | 95.00 | l/hab/d |
| Temperatura. Ambiente | T | 23.00 | °C |
| Intervalo de remoción de lodos | n | 2.00 | años |
| VOLUMENES CALCULADOS | | | |
| Tasa de acumulación de lodos digeridos | r | 0.06 | m ³ /hab |
| Periodo de Retención | RT | 0.16 | d |
| Vol. Requerido Sedimentación | Vs | 4.70 | m ³ |
| Tiempo de digestión Anaerobia solidos sedimentados | td | 45.33 | d |
| Vol. De lodos producido | Vd | 7.12 | m ³ |
| Vol. de almacenamiento lodos | Vsl | 37.68 | m ³ |
| Vol. General Depósito. Efectivo | V | 64.57 | m ³ |
| DIMENSIONAMIENTO | | | |
| DESCRIPCIÓN | VAL. CALC | VAL. DIS | UNIDAD |
| Profundidad | 3.00 | 8.00 | m |
| Área Superficial | 21.52 | 2.70 | m ² |
| Ancho | 2.68 | 3.00 | m |
| Largo | 8.04 | 64.80 | m |
| Altura libre | 0.60 | 0.60 | m |
| Altura Nata He | 0.03 | 0.10 | m |
| Altura Sedimento Hs | 0.22 | 0.20 | m |
| Prof. Libre de lodo | 1.74 | 1.80 | m |
| Altura de lodos | 0.33 | 0.30 | m |
| Prof. Total | 2.92 | 3.00 | m |

Tabla 5: Valores Iniciales de Diseño de Reactor UASB para la Comunidad de Puerto Roma

| CONSIDERACIONES PARA DISEÑO DE REACTOR UASB | | |
|--|--------------------|---------|
| DESCRIPCION | UNIDAD | VALOR |
| Población | hab | 1200 |
| Dotación | l/hab*d | 95 |
| Temperatura | ° C | 23 |
| Factor de retorno | R | 0.8 |
| Caudal promedio | m ³ /d | 91.2 |
| Factor Mayoración | - | 1.83 |
| Caudal Máximo | m ³ /d | 166.896 |
| DBO afluente | mg/l | 200 |
| DQO afluente | mg/l | 300 |
| Coeficiente Y (SS) | kgSST/kgDQOapl | 0.18 |
| Coeficiente Y (DQO) | kgDQOlodo/kgDQOapl | 0.21 |
| Concentración lodo | - | 0.04 |
| Densidad lodo | kg/m ³ | 1020 |



Tabla 68: Cálculo de los Valores de Diseño para Reactor UASB en la Comunidad de Puerto Roma

| 1. CARGA DQO AFLUENTE | | |
|---|------------------------------------|--------|
| Caudal | m ³ /d | 91.20 |
| Concentración DQO | mg/l | 300.00 |
| Carga DQO afluyente | kg/d | 27.36 |
| 2. TIEMPO DE RETENCIÓN | | |
| Tiempo de retención (asumido) | h | 7.00 |
| 3. VOLUMEN TOTAL DEL REACTOR | | |
| Volumen del reactor | m ³ | 26.60 |
| 4. NUMERO DE MÓDULOS | | |
| # De módulos asumidos | - | 2.00 |
| Volumen por módulo | m ³ | 13.30 |
| 5. ALTURA ASUMIDA | | |
| Altura (medida asumida) | m | 3.50 |
| 6. ÁREA DE MÓDULO | | |
| Área de cada módulo | m ² | 3.80 |
| 7. GEOMETRÍA DE CADA MÓDULO | | |
| Largo | m | 4.00 |
| Ancho | m | 1.00 |
| Área corregido c/módulo | m ² | 4.00 |
| Volumen corregido de c/módulo | m ³ | 14.00 |
| Tiempo de retención corregido c/módulo | h | 7.37 |
| 8. VERIFICACIÓN DE CARGAS | | |
| Carga volumétrica hidráulica VHL | m ³ / m ³ *d | 3.26 |
| Carga volumétrica orgánica Lv | Kg.DQO/m ³ .d | 0.98 |
| 9. VERIFICACIÓN DE VELOCIDADES ASCENDENTES | | |
| Caudal promedio | m/h | 0.48 |
| Caudal máximo | m/h | 1.74 |
| 10. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN | | |
| Área influencia c/distribuidor | m ² | 2.00 |
| # de distribuciones c/módulo calculado (Nd) | - | 2.00 |
| # de distribuciones x/módulo asumido | - | 2.00 |
| Área influencia corregida | m ² | 2.00 |
| 11. ESTIMACIÓN DE REMOCIÓN DE M.O. | | |
| Eficiencia remoción DQO | % | 66.20 |
| Eficiencia remoción DBO | % | 74.21 |
| DBO efluente | mg/l | 51.58 |
| DQO efluente | mg/l | 101.40 |
| 12. EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN DE METANO | | |
| DQO (CH ₄) | kgDQO/d | 12.37 |
| K (t) | kgDQO/m ³ | 2.63 |
| Q (CH ₄) | m ³ /d | 4.69 |
| Producción total de biogas(1/0.75metano) | m ³ /d | 6.26 |
| 13. TAMAÑO DE LOS COLECTORES DE GAS | | |
| Número de colectores /módulo | - | 1.00 |
| Longitud de colectores /módulo | m | 4.00 |
| Longitud total de los colectores | m | 8.00 |
| Ancho de cada colector parte superior | m | 0.03 |
| Área total de colectores de gas(contacto g-l) | m ² | 0.24 |
| Verificación de la tasa de emanación de gas | m ³ /m ² *h | 1.09 |
| 14. TAMAÑO DE LAS APERTURAS DEL SEDIMENTADOR | | |
| Número de separadores /módulo | - | 1.00 |



| | | |
|--|-------------------|-------|
| Aperturas dobles por módulo | - | 1.00 |
| Aperturas simples por módulo | - | 2.00 |
| Longitud de cada apertura | m | 4.00 |
| Longitud total de aperturas | m | 8.00 |
| Ancho de cada apertura | m | 2.50 |
| Área total de aperturas | m ² | 20.00 |
| Verificación de velocidades en aperturas | | |
| Caudal promedio | m/h | 0.19 |
| Caudal máximo | m/h | 0.35 |
| 15. TAMAÑO DEL SEDIMENTADOR | | |
| Número de cámaras de sedimentación | - | 1.00 |
| Longitud de cada cámara | m | 4.00 |
| Longitud total de sedimentadores | m | 8.00 |
| Ancho total de cada colector de gas | m | 0.10 |
| Ancho bruto de cada sedimentador | m | 1.00 |
| Ancho efectivo de cada sedimentador | m | 0.90 |
| Área total de sedimentadores | m ² | 7.20 |
| Verificación de carga hidráulica superficial de los sedimentadores | | |
| Caudal promedio | m/h | 0.53 |
| Caudal máximo | m/h | 0.97 |
| 16. EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LODO. | | |
| Producción de sólidos Ps | kgSST/d | 4.92 |
| Producción volumétrica de sólidos Vs | m ³ /d | 0.12 |

Anexo 17. Esquemas de los Tanques Sépticos, Reactor UASB y Humedal Artificial

Tabla 1: Valores obtenidos en el Cálculo del Reactor UASB

| DISEÑO DE HUMEDAL ARTIFICIAL | | | |
|---|--------------------|--------------|-----------------|
| DESCRIPCIÓN | ABREVIATURA | VALOR | UNIDAD |
| T. del Humedal | K23 | 0.81 | d ⁻¹ |
| Área Superficial Requerida | As | 699.11 | m ² |
| Tiempo de retención hidráulica | TRH | 1.99 | d |
| Ancho | W | 15.27 | m |
| Ancho asumido | Wa | 15.00 | m |
| Largo | L | 45.00 | m |
| Área Superficial Real | A | 675.00 | m ² |
| Carga Hidráulica | CH | 13.51 | cm/d |
| Concentración de SSTe | SSTe | 35.67 | mg/l |
| Constante dependiente de la temperatura | KT | 0.25 | d ⁻¹ |
| Área para nitrificación | Asn | 3,920.32 | m ² |
| tiempo de retención hidráulica | t | 11.18 | d |

Tabla 2: Consideraciones Iniciales en el Diseño de un Humedal Artificial

| DATOS INICIALES HUMEDAL ARTIFICIAL | | | |
|---|--------------------|--------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN | ABREVIATURA | VALOR | UNIDAD |
| DBO afluente | DBOa | 250 | mg/l |
| DBO efluente | DBOe | 50 | mg/l |
| SST entrada | SSTa | 250 | mg/l |



| | | | |
|-------------|------|---------|-------------------|
| Población | P | 1200 | hab |
| Caudal | Q | 91.2 | m ³ /d |
| Vegetación | v | Scirpus | |
| Profundidad | h | 40 | cm |
| Porosidad | p | 0.65 | |
| T. med AR | Tmed | 23 | ° C |
| T. min AR | Tmin | 20 | ° C |

Esquema1.Tanques sépticos (Tanques Sedimentadores 1, 2, 3, 4)

Esquema2.Reactor UASB

Esquema3.Humedal Artificial de Flujo Superficial

Anexo 18. Diseño del Manual de Manejo de Desechos Sólidos



Anexo 19. Descripción de Cantidades de Obra

Tabla 1. Descripción de Cantidades de Obra para el Sistema de Abastecimiento de Agua

| | | |
|---------------|---|-------------|
| 1.001.001 | Sistema de Bombeo | |
| | Bomba centrífuga P:1HP. Modelo. Marca GOULDS | |
| 1.001.001.001 | Unidades | 2 |
| | Total (U) | 2 |
| | Cuadro de control para 2 bombas, caja de poliéster. Marca EBARA | |
| 1.001.001.002 | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| | Interruptor magneto térmico de protección individual para cada bomba. | |
| 1.001.001.003 | Unidades | 2 |
| | Total (U) | 2 |
| | Cuenta horas individual. Fabricante EBARRA | |
| 1.001.001.004 | Unidades | 2 |
| | Total (U) | 2 |
| | Voltímetro general. Fabricante EBARRA | |
| 1.001.001.005 | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| | Cable tetrapolar sección 6mm ² con recubrimiento de XLPE | |
| 1.001.001.006 | Longitud | 3 |
| | Total (M) | 3 |
| | Válvula de compuerta cierre elástico. DN 110 | |
| 1.001.001.007 | Unidades | 4 |
| | Total (U) | 4 |
| | Válvula de retención. DN 110 | |
| 1.001.001.008 | Unidades | 2 |
| | Total (U) | 2 |
| | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=110mm Perforada | |
| 1.001.001.009 | Longitud | 3 |
| | Factor de mayoración | 15% |
| | Total (M) | 3,45 |
| | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=90mm | |
| 1.001.001.010 | Longitud | 7,7 |
| | Factor de mayoración | 15% |
| | Total (M) | 8,86 |
| | Suministro e Instalación de Accesorios de Entrada D= 4" | |
| 1.001.001.011 | Boquilla | 1 |
| | Unión universal | 1 |
| | Codo PVC 90 ^a | 4 |
| | Reducción PVC | 2 |



| | | |
|---------------|---|---------------|
| | Total (U) | 8 |
| | Suministro e Instalación de Accesorios de Salida D= 3" | |
| 1.001.001.012 | Tee PVC D:3" | 1 |
| | Llave de paso | 2 |
| | Medidor | 1 |
| | Codo PVC 90ª | 2 |
| | Soporte Tubería | 2 |
| | Total (U) | 8 |
| | Suministro e Instalación de Accesorios de Limpieza D=3" | |
| 1.001.001.013 | Codo PVC 90ª | 2 |
| | Tee PVC D:3" | 1 |
| | Total (U) | 3 |
| 1.001.002 | <i>Tanque de Almacenamiento</i> | |
| 1.001.002.001 | Acero estructural. Columnas | |
| | Correa G200x50x15x4 | |
| | Peso lineal (kg/m) | 9,43 |
| | Longitud total (m) | 60 |
| | PESO TOTAL (kg) | 565,8 |
| 1.001.002.002 | Cerramiento perimetral | |
| | Diámetro (m) | 2,5 |
| | Ancho corredor (m) | 0,6 |
| | Longitud (m) | 19,48 |
| 1.001.002.003 | Encofrado recto | |
| | Radio tanque (m) | 2,5 |
| | Número de caras | 2 |
| | Número de tapas | 2 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 78,54 |
| 1.001.002.004 | Encofrado curvo | |
| | Radio tanque (m) | 2,5 |
| | Ancho paredes (m) | 0,2 |
| | Altura tanque (m) | 2 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 60,32 |
| 1.001.002.005 | Malla Armex R - 188 | |
| | Área total encofrado curvo | 60,32 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 60,32 |
| 1.001.002.006 | Acero de Refuerzo | |
| | Acero referencia tanque de 30M3 | 372,22 |
| | PESO TOTAL (kg) | 372,22 |
| 1.001.002.007 | Hormigón simple f"=210kg/cm2 | |
| | Volumen tanque (M3) | 6,03 |
| | Ancho tapas (m) | 0,15 |
| | Volumen tapas (M3) | 5,89 |
| | VOLUMEN TOTAL H (M3) | 11,92 |



| | | |
|---------------|---|--------------|
| 1.001.002.008 | Mortero cemento arena 1:2 | |
| | Mortero referencia tanque de 30M3 | 32,69 |
| | PESO TOTAL (kg) | 32,69 |
| 1.001.002.009 | Enlucido 1:2 e=2.5 cm con impermeabilizante | |
| | Superficie cara interna | 70,69 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 70,69 |
| 1.001.002.010 | Enlucido exterior con mortero 1:3 | |
| | Superficie cara externa | 68,17 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 68,17 |
| 1.001.002.011 | Pintura interior exterior dos manos | |
| 1.001.002.012 | Pintura impermeabilizante (Tipo Sika Ward) | |
| | Pinturas referencia tanque de 30M3 | 8 |
| | VOLUMEN (GLB) | 8 |
| 1.001.002.013 | Candado Tipo Barril 80 mm | |
| | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| 1.001.002.014 | Escalera HG D=3/4" | |
| | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| 1.001.002.015 | Suministro e instalación de tubería de ventilación PVC sanitario d=50mm | |
| | Longitud (m) | 1 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 1 |
| 1.001.002.016 | Suministro e Instalación de Accesorios del Tanque de Reserva | |
| | Tee PVC D:3" | 3 |
| | Llave de paso | 2 |
| | Medidor | 1 |
| | Codo PVC 90 ^a | 4 |
| | Soporte Tubería | 2 |
| | Total (U) | 12 |
| 1.001.002.017 | Suministro e instalación de tubería Salida PVC sanitario d=32mm | |
| | Longitud (m) | 6 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 6 |
| 1.001.002.018 | Suministro e instalación de tubería de limpieza PVC sanitario d=50mm | |
| | Longitud (m) | 7 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 7 |
| 1.001.002.019 | Tapa metálica (Tol galvanizado 70*70) | |
| | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| 1.001.003 | Cerramiento L=35m(11x6,5) | |
| 1.001.003.001 | Encofrado recto | |
| | Longitud (m) | 11 |



| | | |
|----------------|--|---------------|
| | Ancho (m) | 6,5 |
| | Ancho mampostería | 0,3 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 67 |
| | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | |
| 1.001.003.002 | Altura mampostería | 1,5 |
| | Volumen mampostería | 15,21 |
| | %Hormigón | 35 |
| | VOLUMEN HORMIGON | 5,32 |
| | Enlucido mortero 1:5 | |
| 1.001.003.003 | Altura bordillo (m) | 0,15 |
| | AREA ENLUCIDO (M2) | 10,5 |
| | Malla cerramiento h= 1.5 m | |
| 1.001.003.004 | Perímetro (m) | 35 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 35 |
| | Tubo HG para cerramiento D=2" | |
| 1.001.003.005 | Separación tubos (m) | 2,5 |
| | Altura tubos (m) | 1,5 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 21 |
| | Mampostería de piedra con mortero 1:4 | |
| 1.001.003.006 | Volumen mampostería | 15,21 |
| | %Mampostería | 65 |
| | VOLUMEN MAMPOSTERIA (M3) | 9,8865 |
| | Puerta peatonal malla | |
| 1.001.003.007 | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| | Candado | |
| 1.001.003.008 | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | |
| 10.010.030.109 | Profundidad excavación (m) | 0,4 |
| | Sección excavación (m) | 1,1 |
| | VOLUMEN EXCAVACION (M3) | 15,4 |
| | Relleno compactado man. Mat: de sitio | |
| 1.001.003.010 | Volumen excavación (M3) | 15,4 |
| | VOLUMEN RELLENO (M3) | 15,4 |
| 1.001.004 | <i>Caseta de máquinas</i> | |
| | Replanteo de piedra e= 20 cm | |
| 1.001.004.001 | Longitud (m) | 3,5 |
| | Ancho (m) | 2,6 |
| | AREA REPLANTILLO (M2) | 9,1 |
| | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | |
| 1.001.004.002 | Volumen referencia caseta 3x3m | 5,5 |



| | | |
|---------------|---|--------------|
| | VOLUMEN HORMIGON (M3) | 5,5 |
| | Encofrado recto | |
| 1.001.004.003 | Altura caseta (m) | 2 |
| | Ancho paredes (m) | 0,2 |
| | AREA ENCOFRADO (M2) | 48,8 |
| | Mampostería de bloque Ho e= 10 cm | |
| 1.001.004.004 | AREA MAMPOSTERIA (M2) | 24,4 |
| | Cubierta de fibrocemento | |
| 1.001.004.005 | AREA CUBIERTA (M2) | 13,12 |
| | Puerta peatonal malla | |
| 1.001.004.006 | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | |
| 1.001.004.007 | Profundidad excavación (m) | 0,7 |
| | VOLUMEN EXCAVACION (M3) | 6,37 |
| | Relleno compactado material de sitio | |
| 1.001.004.008 | Volumen excavación (M3) | 6,37 |
| | VOLUMEN RELLENO (M3) | 6,37 |
| 1.002 | CAPTACIÓN RÍO GUAYAS | |
| 1.002.001 | <i>Caja de anclaje de hormigón (60*60*60)</i> | |
| | Replanteo de piedra e= 20 cm | |
| 1.002.001.001 | Longitud (m) | 0,6 |
| | Ancho(m) | 0,6 |
| | AREA REPLANTILLO(M2) | 0,36 |
| | Encofrado recto | |
| 1.002.001.002 | Altura (m) | 0,6 |
| | AREA ENCOFRADO (M2) | 2,16 |
| | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | |
| 1.002.001.003 | VOLUMEN TOTAL (M3) | 0,216 |
| | Enlucido 1:2 + impermeabilizante | |
| 1.002.001.004 | AREA ENLUCIDO (M2) | 2,16 |
| | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | |
| 1.002.001.005 | Profundidad excavación (m) | 1,8 |
| | VOLUMEN EXCAVACION (M3) | 3,53 |
| | Relleno compactado material de sitio | |
| 1.002.001.006 | VOLUMEN RELLENO (M3) | 3,53 |
| 1.002.002 | <i>Sistemas de Bombeo</i> | |
| | Bomba centrífuga P:1HP. Modelo. Marca GOULDS | |
| 1.002.002.001 | Unidades | 4 |
| | Total (U) | 4 |
| | Cuadro de control para 2 bombas, caja de poliéster. Marca EBARA | |
| 1.002.002.002 | Unidades | 4 |



| | | |
|---------------|---|--------------|
| | Total (U) | 4 |
| 1.002.002.003 | Interruptor magneto térmico de protección individual para cada bomba. | |
| | Unidades | 4 |
| | Total (U) | 4 |
| 1.002.002.004 | Cuenta horas individual. Fabricante EBARRA | |
| | Unidades | 4 |
| | Total (U) | 4 |
| 1.002.002.005 | Voltímetro general. Fabricante EBARRA | |
| | Unidades | 2 |
| | Total (U) | 1 |
| 1.002.002.006 | Cable tetrapolar sección 6mm2 con recubrimiento de XLPE | |
| | Longitud | 6 |
| | Total (M) | 6 |
| 1.002.002.007 | Válvula de compuerta cierre elástico. DN 110 | |
| | Unidades | 8 |
| | Total (U) | 8 |
| 1.002.002.008 | Válvula de retención. DN 110 | |
| | Unidades | 4 |
| | Total (U) | 4 |
| 1.002.002.009 | Válvula de Pie. DN 110 | |
| | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| 1.002.002.010 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=110mm Perforada | |
| | Longitud | 13 |
| | Factor de mayoración | 15% |
| | Total (M) | 14,95 |
| 1.002.002.011 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=90mm | |
| | Longitud | 16,8 |
| | Factor de mayoración | 15% |
| | Total (M) | 19,32 |
| 1.002.002.012 | Suministro e Instalación de Accesorios de Entrada D= 4" | |
| | Boquilla | 2 |
| | Unión universal | 2 |
| | Codo PVC 90 ^a | 8 |
| | Reducción PVC | 4 |
| | Total (U) | 16 |
| 1.002.002.013 | Suministro e Instalación de Accesorios de Salida D= 3" | |
| | Tee PVC D:3" | 2 |
| | Llave de paso | 4 |
| | Medidor | 2 |
| | Codo PVC 90 ^a | 4 |
| | Soporte Tubería | 4 |



| | | |
|---------------|---|---------------|
| | Total (U) | 16 |
| | Suministro e Instalación de Accesorios de Limpieza D=3" | |
| 1.002.002.014 | Codo PVC 90 ^a | 4 |
| | Tee PVC D:3" | 2 |
| | Total (U) | 6 |
| 1.002.003 | <i>Tanque de Almacenamiento</i> | |
| | Acero estructural. Columnas | |
| | Correa G200x50x15x4 | |
| 1.002.003.001 | Peso lineal (kg/m) | 9,43 |
| | Longitud total (m) | 120 |
| | PESO TOTAL (kg) | 1131,6 |
| | | |
| | Cerramiento perimetral | |
| 1.002.003.002 | Diámetro (m) | 2,5 |
| | Ancho corredor (m) | 0,6 |
| | Longitud (m) | 19,48 |
| | Encofrado recto | |
| 1.001.003.003 | Radio tanque (m) | 2,5 |
| | Número de caras | 2 |
| | Número de tapas | 2 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 78,54 |
| | Encofrado curvo | |
| 1.001.003.004 | Radio tanque (m) | 2,5 |
| | Ancho paredes (m) | 0,2 |
| | Altura tanque (m) | 2,2 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 66,35 |
| | Malla Armex R - 188 | |
| 1.001.003.005 | Área total encofrado curvo | 66,35 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 66,35 |
| | Acero de Refuerzo | |
| 1.001.003.006 | Acero referencia tanque de 30M3 | 372,22 |
| | PESO TOTAL (kg) | 372,22 |
| | Hormigón simple f'c=210kg/cm2 | |
| 1.001.003.007 | Volumen tanque (M3) | 6,64 |
| | Ancho tapas (m) | 0,15 |
| | Volumen tapas (M3) | 5,89 |
| | VOLUMEN TOTAL H (M3) | 12,53 |
| | Mortero cemento arena 1:2 | |
| 1.001.003.008 | Mortero referencia tanque de 30M3 | 32,69 |
| | PESO TOTAL (kg) | 32,69 |
| | Enlucido 1:2 e=2.5 cm con impermeabilizante | |
| 1.001.003.009 | Superficie cara interna | 73,83 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 73,83 |



| | | |
|---------------|---|--------------|
| | Enlucido exterior con mortero 1:3 | |
| 1.001.003.010 | Superficie cara externa | 71,06 |
| | ÁREA TOTAL (m2) | 71,06 |
| 1.001.003.011 | Pintura interior exterior dos manos | |
| | Pintura impermeabilizante (Tipo Sika Ward) | |
| 1.001.003.012 | Pinturas referencia tanque de 30M3 | 8 |
| | VOLUMEN (GLB) | 8 |
| 1.001.003.013 | Candado Tipo Barril 80 mm | |
| | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| 1.001.003.014 | Escalera HG D=3/4" | |
| | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| 1.001.003.015 | Suministro e instalación de tubería de ventilación PVC sanitario d=50mm | |
| | Longitud (m) | 1 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 1 |
| 1.001.003.016 | Suministro e Instalación de Accesorios del Tanque de Reserva | |
| | Tee PVC D:3" | 3 |
| | Llave de paso | 2 |
| | Medidor | 1 |
| | Codo PVC 90° | 4 |
| | Soporte Tubería | 2 |
| | Total (U) | 12 |
| 1.001.003.017 | Suministro e instalación de tubería Salida PVC sanitario d=32mm | |
| | Longitud (m) | 12 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 12 |
| 1.001.003.018 | Suministro e instalación de tubería de limpieza PVC sanitario d=50mm | |
| | Longitud (m) | 12 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 12 |
| 1.001.003.019 | Tapa metálica (Tol galvanizado 70*70) | |
| | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| 1.002.004 | Tanque de Sedimentación | |
| | Replanteo de piedra e= 20 cm | |
| 1.002.004.001 | Longitud (m) | 11 |
| | Ancho (m) | 2 |
| | AREA REPLANTILLO (M2) | 22 |
| 1.002.004.002 | Encofrado recto | |
| | Alto (m) | 2 |
| | Espesor paredes (m) | 0,15 |
| | AREA ENCOFRADO (M2) | 104 |
| 1.002.004.003 | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm2 | |



| | | |
|---------------|--|----------------|
| | VOLUMEN HORMIGON (M3) | 7,62 |
| 1.002.004.004 | Enlucido 1:2 + impermeabilizante | |
| | AREA ENLUCIDO | 104 |
| 1.002.004.005 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | |
| | Profundidad excavación (m) | 1 |
| | Sección excavación | 2,8 |
| | VOLUMEN EXCAVACION (M3) | 30,8 |
| 1.002.004.006 | Relleno compactado material de sitio | |
| | VOLUMEN RELLENO COMPACTADO | 30,8 |
| 1.002.004.007 | Accesorios salida tanque | |
| | Codo 90 PVC D:110mm | 1 |
| | TOTAL (U) | 1 |
| 1.002.004.008 | Accesorios limpieza y salida de lodos | |
| | Tubería PVC D:110mm. L:3m | 1 |
| | Llave de cierre D:110mm | 1 |
| | TOTAL (U) | 2 |
| 1.002.005 | Cerramiento $L=57m(22 \times 6,5)$ | |
| 1.002.005.001 | Encofrado recto | |
| | Longitud (m) | 22 |
| | Ancho (m) | 6,5 |
| | Ancho mampostería | 0,3 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 111 |
| 1.002.005.002 | Hormigón Simple $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ | |
| | Altura mampostería | 1,5 |
| | Volumen mampostería | 25,11 |
| | %Hormigón | 35 |
| | VOLUMEN HORMIGON | 8,7885 |
| 1.002.005.003 | Enlucido mortero 1:5 | |
| | Altura bordillo (m) | 0,15 |
| | AREA ENLUCIDO (M2) | 17,1 |
| 1.002.005.004 | Malla cerramiento $h= 1.5 \text{ m}$ | |
| | Perímetro (m) | 57 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 57 |
| 1.002.005.005 | Tubo HG para cerramiento $D=2''$ | |
| | Separación tubos (m) | 2,5 |
| | Altura tubos (m) | 1,5 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 34,2 |
| 1.002.005.006 | Mampostería de piedra con mortero 1:4 | |
| | Volumen mampostería | 25,11 |
| | %Mampostería | 65 |
| | VOLUMEN MAMPOSTERIA (M3) | 16,3215 |
| 1.002.005.007 | Puerta peatonal malla | |



| | | |
|---------------|--|--------------|
| | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| | Candado | |
| 1.002.005.008 | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | |
| 1.002.005.009 | Profundidad excavación (m) | 0,4 |
| | Sección excavación (m) | 1,1 |
| | VOLUMEN EXCAVACION (M3) | 25,08 |
| | Relleno compactado material de sitio | |
| 1.002.005.010 | Volumen excavación (M3) | 25,08 |
| | VOLUMEN RELLENO (M3) | 25,08 |
| 1.002.006 | Casetas de máquinas | |
| | Replanteo de piedra e= 20 cm | |
| 1.002.006.001 | Longitud (m) | 3,5 |
| | Ancho (m) | 2,6 |
| | AREA REPLANTILLO (M2) | 9,1 |
| | Hormigón Simple f'c= 210 kg/cm ² | |
| 1.002.006.002 | Volumen referencia caseta 3x3m | 5,5 |
| | VOLUMEN HORMIGON (M3) | 5,5 |
| | Encofrado recto | |
| 1.002.006.003 | Altura caseta (m) | 2 |
| | Ancho paredes (m) | 0,2 |
| | AREA ENCOFRADO (M2) | 48,8 |
| | Mampostería de bloque Ho e= 10 cm | |
| 1.002.006.004 | AREA MAMPOSTERIA (M2) | 24,4 |
| | Cubierta de fibrocemento | |
| 1.002.006.005 | AREA CUBIERTA (M2) | 13,12 |
| | Puerta peatonal malla | |
| 1.002.006.006 | Unidades | 1 |
| | Total (U) | 1 |
| | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | |
| 1.002.006.007 | Profundidad excavación (m) | 0,7 |
| | VOLUMEN EXCAVACION (M3) | 6,37 |
| | Relleno compactado material de sitio | |
| 1.002.006.008 | Volumen excavación (M3) | 6,37 |
| | VOLUMEN RELLENO (M3) | 6,37 |
| 1.002.007 | Red de distribución | |
| | Replanteo y Nivelación km | |
| 1.002.007.001 | Longitud total tubería | 1,43 |
| | LONGITUD TOTAL (KM) | 1,43 |
| 1.002.007.002 | Excavación a mano en suelo sin clasificar de 0 - 2 m. | |



| | | |
|---------------|---|----------------|
| | Sección promedio | 0,6 |
| | Profundidad promedio | 0,7 |
| | Volumen total excavación | 600,6 |
| | % Sin clasificar | 0,8 |
| | VOLUMEN EXC. SIN CLASIF (M3) | 480,48 |
| 1.002.007.003 | Excavación a mano en terreno conglomerado de 0 - 2 m | |
| | %Conglomerado | 0,2 |
| | VOLUMEN EXCAVACIÓN CONGLOMERADO (M3) | 120,12 |
| 1.002.007.004 | Suministro e Instalación de Tubería de PVC E/C D=50 mm. 1.25 MPa. | |
| | Long. D:50mm | 54,32 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 54,32 |
| 1.002.007.005 | Suministro e Instalación de Tubería de PVC E/C D=32 mm. 1.25 MPa. | |
| | Long. D:32mm | 33,82 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 33,82 |
| 1.002.007.006 | Suministro e Instalación de Tubería de PVC E/C D=25 mm. 1.25 MPa. | |
| | Long. D:25mm | 94,18 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 94,18 |
| 1.002.007.007 | Suministro e Instalación de Tubería de PVC E/C D=20 mm. 1.25 MPa. | |
| | Long. D:20mm | 1249,68 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 1249,68 |
| 1.002.007.008 | Relleno compactado manual con material de sitio en zanjas | |
| | VOLUMEN RELLENO (M3) | 600,6 |

Tabla 2. Descripción de Cantidades de Obra para el Sistema de Alcantarillado

| | | |
|------------|--|---------------|
| 0.2 | SISTEMA DE ALCANTARILLADO | |
| 02.01.001 | Replanteo y nivelación | |
| | LONGITUD TOTAL (KM) | 2,11 |
| 02.01.002 | Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar | |
| | Profundidad media excavación (m) | 0,6 |
| | Sección promedio excavación (m) | 0,5 |
| | Volumen total excavación (M3) | 634,29 |
| | % Sin clasificar | 0,85 |
| | VOLUMEN EXC SIN CLASIFICAR (M3) | 539,15 |
| 02.01.003 | Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material conglomerado | |
| | % Conglomerado | 0,15 |
| | VOLUMEN EXC CONGLOMERADO (M3) | 95,14 |
| 02.01.004 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | |
| | Profundidad excavación manual | 0,15 |
| | Volumen total excavación manual | 158,57 |
| | % Sin clasificar | 0,85 |
| | VOLUMEN EXC MAN SIN CLASIFICAR (M3) | 134,79 |
| 02.01.005 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material conglomerado | |
| | % Conglomerado | 0,15 |



| | | |
|-----------|---|----------------|
| | VOLUMEN EXC CONGLOMERADO (M3) | 23,79 |
| 02.01.006 | Relleno compactado material de sitio en zanjas | |
| | VOLUMEN RELLENO (M3) | 634,29 |
| 02.01.007 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=75mm | |
| | Longitud D: 75mm | 1615,18 |
| | Factor mayoración | 0,15 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 1857,46 |
| 02.01.008 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=100mm | |
| | Longitud D: 100mm | 275,82 |
| | Factor mayoración | 0,15 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 317,19 |
| 02.01.009 | Suministro e instalación de tubería PVC sanitario d=150mm | |
| | Longitud D: 150mm | 223,31 |
| | Factor mayoración | 0,15 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 256,81 |
| 02.01.010 | Replanto de piedra e:15cm | |
| | Sección Replanto | 0,5 |
| | AREA TOTAL REPLANTILLO (M2) | 1057,16 |
| 02.01.011 | Tee PVC para conexión domiciliar | |
| | Número de viviendas | 120 |
| | TOTAL UNIDADES (U) | 120 |

Tabla 3. Descripción de Cantidades de Obra para la PTAR

| | | |
|--------------|---|---------------|
| 3.001 | FOSAS SÉPTICAS | |
| 3.001.001 | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | |
| | Profundidad media excavación (m) | 2,00 |
| | Longitud total fosas (m) | 32,00 |
| | Sección promedio excavación (m) | 4,20 |
| | Volumen total excavación (M3) | 201,60 |
| | VOLUMEN EXC SIN CLASIFICAR (M3) | 201,60 |
| 3.001.002 | Excavación manual, zanja 2-4 m, material sin clasificar | |
| | Profundidad media excavación (m) | 1,00 |
| | Sección promedio excavación (m) | 4,20 |
| | Volumen total excavación (M3) | 100,80 |
| | VOLUMEN EXC SIN CLASIFICAR (M3) | 100,80 |
| 3.001.003 | Replanto de piedra e = 20 cm | |
| | Sección promedio (m) | 3,50 |
| | ÁREA TOTAL REPLANTILLO (M2) | 84,00 |
| 3.001.004 | Encofrado recto | |
| | Área caras interiores | 203,47 |
| | Área caras exteriores | 214,67 |
| | Espesor paredes (m) | 0,15 |



| | | |
|-----------|---|---------------|
| | Altura promedio (m) | 2,33 |
| | Longitud promedio (m) | 8,00 |
| | AREA TOTAL ENCOFRADO (M2) | 418,13 |
| | Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cn2 | |
| 3.001.005 | Acero referencia fosa (3x10x2,5m) | 127,87 |
| | PESO TOTAL ACERO (KG) | 511,48 |
| | Hormigón Simple $f'c = 210$ kg/cm2 | |
| | Volumen tanque 1 | 10,08 |
| | Volumen tanque 2 | 6,30 |
| | Volumen tanque 3 | 6,84 |
| | Volumen tanque 4 | 9,36 |
| | Espesor tapas (m) | 0,15 |
| | Volumen tapas | 16,80 |
| | VOLUMEN TOTAL HORMIGON (M3) | 49,38 |
| | Tubo PVC D= 160 mm | |
| | Longitud entrada | 0,50 |
| | Longitud salida | 0,50 |
| | Número de tanques | 4,00 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 4,00 |
| | Tee PVC D= 160 mm | |
| | Unidades por tanque | 1,00 |
| | Número de tanques | 4,00 |
| | TOTAL UNIDADES (U) | 4,00 |
| | Codo PVC D= 160 mm | |
| | Unidades por tanque | 2,00 |
| | Número de tanques | 4,00 |
| | TOTAL UNIDADES (U) | 8,00 |
| | Relleno compactado material de sitio en zanjas | |
| | Volumen total excavación (M3) | 302,40 |
| | RELLENO TOTAL (M3) | 302,40 |
| | Aereadores L= 820 mm PVC | |
| | Unidades por tanque | 2,00 |
| | Número de tanques | 4,00 |
| | TOTAL UNIDADES (U) | 8,00 |
| 3.002 | REACTOR UASB | |
| | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | |
| | Profundidad media excavación (m) | 2,00 |
| | Longitud total (m) | 4,00 |
| | Sección promedio excavación (m) | 3,00 |
| | VOLUMEN EXC SIN CLASIFICAR (M3) | 24,00 |
| | Excavación manual, zanja 2-4 m, material sin clasificar | |
| | Profundidad media excavación (m) | 1,50 |



| | | |
|-----------|---|---------------|
| | Longitud total (m) | 4,00 |
| | Sección promedio excavación (m) | 3,00 |
| | VOLUMEN EXC SIN CLASIFICAR (M3) | 18,00 |
| | Replanto de piedra e = 20 cm | |
| 3.002.003 | Sección promedio (m) | 3,50 |
| | ÁREA TOTAL REPLANTILLO (M2) | 14,00 |
| | Encofrado recto | |
| | Área caras interiores | 65,80 |
| | Área caras exteriores | 42,00 |
| 3.002.004 | Espesor paredes (m) | 0,15 |
| | Altura promedio (m) | 3,50 |
| | Longitud promedio (m) | 4,00 |
| | AREA TOTAL ENCOFRADO (M2) | 107,80 |
| | Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cn ² | |
| 3.002.005 | Codo PVC D= 160 mm | 127,87 |
| | PESO TOTAL ACERO (KG) | 127,87 |
| | Hormigón Simple $f'_c = 210$ kg/cm ² | |
| | Volumen cámaras | 12,29 |
| 3.002.006 | Espesor tapas (m) | 0,15 |
| | Volumen tapas | 1,20 |
| | VOLUMEN TOTAL HORMIGON (M3) | 13,49 |
| | Tubería PVC D= 160 mm | |
| | Longitud entrada | 4,00 |
| 3.002.007 | Longitud salida lodos | 1,00 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 5,00 |
| | Tee PVC D= 160 mm | |
| | Unidades por tanque | 2,00 |
| 3.002.008 | TOTAL UNIDADES (U) | 2,00 |
| | Codo PVC D= 160 mm | |
| | Unidades por tanque | 2,00 |
| 3.002.009 | TOTAL UNIDADES (U) | 2,00 |
| | Relleno compactado material de sitio en zanjas | |
| | Volumen total excavación (M3) | 42,00 |
| 3.002.010 | RELLENO TOTAL (M3) | 42,00 |
| | Aereadores L= 820 mm PVC | |
| | Unidades por tanque | 4,00 |
| 3.002.011 | TOTAL UNIDADES (U) | 4,00 |
| 3.003 | HUMEDAL ARTIFICIAL | |
| | Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar | |
| | Profundidad media excavación (m) | 0,40 |
| 3.003.001 | Longitud total (m) | 45,00 |
| | Sección promedio excavación (m) | 15,00 |



| | | |
|-----------|---|---------------|
| | VOLUMEN EXC SIN CLASIFICAR (M3) | 270,00 |
| | Replanto de piedra e = 20 cm | |
| 3.003.002 | Sección promedio (m) | 15,00 |
| | ÁREA TOTAL REPLANTILLO (M2) | 675,00 |
| | Encofrado recto | |
| | Área caras interiores | 47,51 |
| | Área caras exteriores | 48,00 |
| 3.003.003 | Espesor paredes (m) | 0,15 |
| | Altura promedio (m) | 0,40 |
| | Longitud promedio (m) | 45,00 |
| | AREA TOTAL ENCOFRADO (M2) | 95,51 |
| | Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ² | |
| 3.003.004 | Codo PVC D= 160 mm | 127,87 |
| | PESO TOTAL ACERO (KG) | 255,74 |
| | Hormigón Simple $f'_c = 210$ kg/cm ² | |
| 3.003.005 | Volumen cámara | 7,16 |
| | VOLUMEN TOTAL HORMIGON (M3) | 7,16 |
| | Tubo PVC D= 160 mm | |
| 3.003.006 | Longitud entrada | 0,50 |
| | Longitud salida | 0,50 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 1,00 |
| | Tee PVC D= 160 mm | |
| 3.003.007 | Unidades por tanque | 2,00 |
| | TOTAL UNIDADES (U) | 2,00 |
| | Codo PVC D= 160 mm | |
| 3.003.008 | Unidades por tanque | 2,00 |
| | TOTAL UNIDADES (U) | 2,00 |
| | Relleno compactado material de sitio en zanjas | |
| 3.003.009 | Volumen total excavación (M3) | 270,00 |
| | RELLENO TOTAL (M3) | 270,00 |
| 3.004 | <i>Cerramiento L=150m(25x50)</i> | |
| | Encofrado recto | |
| 3.004.001 | Longitud (m) | 50,00 |
| | Ancho (m) | 25,00 |
| | Ancho mampostería | 0,30 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 297,00 |
| | Hormigón Simple $f'_c= 210$ kg/cm ² | |
| 3.004.002 | Altura mampostería | 1,50 |
| | Volumen mampostería | 66,96 |
| | %Hormigón | 35,00 |
| | VOLUMEN HORMIGON | 23,44 |
| 3.004.003 | Enlucido mortero 1:5 | |



| | | |
|-----------|--|---------------|
| | Altura bordillo (m) | 0,15 |
| | AREA ENLUCIDO (M2) | 45,00 |
| 3.004.004 | Malla cerramiento h= 1.5 m | |
| | Perímetro (m) | 150,00 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 150,00 |
| 3.004.005 | Tubo HG para cerramiento D=2" | |
| | Separación tubos (m) | 2,50 |
| | Altura tubos (m) | 1,50 |
| | LONGITUD TOTAL (M) | 90,00 |
| 3.004.006 | Mampostería de piedra con mortero 1:4 | |
| | Volumen mampostería | 66,96 |
| | %Mampostería | 65,00 |
| | VOLUMEN MAMPOSTERIA (M3) | 43,52 |
| 3.004.007 | Puerta peatonal malla | |
| | Unidades | 1,00 |
| | Total (U) | 1,00 |
| 3.004.008 | Candado | |
| | Unidades | 1,00 |
| | Total (U) | 1,00 |
| 3.004.009 | Excavación: manual, Prof: 0 - 2 m, Mat: sin clasificar | |
| | Profundidad excavación (m) | 0,40 |
| | Sección excavación (m) | 1,10 |
| | VOLUMEN EXCAVACION (M3) | 66,00 |
| 3.004.010 | Relleno compactado material de sitio | |
| | Volumen excavación (M3) | 66,00 |
| | VOLUMEN RELLENO (M3) | 66,00 |