PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DAMIÁN CHALÁN ANDREÍNA BELÉN

DIRECTOR: ING. PABLO DAZA

QUITO, ENERO 2020

AGRADECIMIENTO

Que el trabajo de tus manos sea un signo de gratitud y reverencia a la condición humana.

Mahatma Gandhi

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a mi madre María Auxiliadora por acompañarme en toda la carrera. A mis padres, Raúl y Ema, que con su experiencia como ingenieros civiles pudieron guiarme durante estos casi seis años de carrera.

A la PUCE y a quienes fueron mis profesores, gracias por brindarme la mejor enseñanza y permitirme convertir en una gran profesional.

A mi director de tesis, Pablo Daza, por la dedicación, el apoyo, la comprensión y sobre todo la confianza depositada en mi desde el inicio de este gran proyecto.

Al departamento de Planta Física de la PUCE por el apoyo a esta iniciativa en beneficio para el medio ambiente.

Al Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL), en especial a su directora administrativa MSc. María de Lourdes Torres C., por brindarme todas las facilidades para el desarrollo de mi trabajo de titulación.

A mis amigos de carrera, gracias por permitirme compartir buenos y malos momentos durante toda la carrera, pero en especial a Emily Murillo que fue la amiga más incondicional.

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Raúl y Ema, y a mis hermanas, Sofía y Martina.

Contenido

AGRADECIMIENTO i

DEDICATORIA ii

RESUMEN xv

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN. 1

1.1. Antecedentes. 1

1.2. Justificación. 1

1.3. Objetivos. 2

1.3.1. Objetivo General. 2

1.3.2. Objetivos Específicos. 2

1.4. Alcance. 3

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. 4

2.1. Procedencia de las aguas residuales. 4

2.2. Sistema de recolección y disposición de aguas residuales. 5

2.3. Características de las aguas residuales. 6

2.3.1. Características físicas. 6

2.3.2. Características químicas. 7

2.3.3. Características microbiológicas. 10

2.4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales. 12

2.4.1. Tratamiento preliminar. 12

2.4.2. Tratamiento primario. 14

2.4.3. Tratamiento secundario. 16

2.4.4. Tratamiento terciario. 35

2.5. Normativa aplicable. 36

2.5.1. Normativa para descargas. 36
2.5.2. Normativa y guías para diseño. 37
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y DE LOS SISTEMAS EXISTENTES DE SUMINISTRO DE AGUA Y DESCARGA EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE. 39
3.1. Información general. 39
3.1.1. Ubicación 39
3.1.2. Condiciones climáticas. 40
3.1.3. Topografía. 44
3.1.4. Uso de suelo 46
3.1.5. Acceso a servicios públicos. 47
3.2. Descripción del campus Nayón de la PUCE. 50
3.2.1. Superficie. 50
3.2.2. Infraestructura existente en el campo. 50
3.2.3. Infraestructura proyectada. 55
3.3. Descripción del sistema de agua potable y alcantarillado. 57
3.3.1. Agua Potable 57
3.3.2. Alcantarillado 57
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PILOTO. 60
4.1. Descripción y caracterización de efluentes a tratar. 60
4.1.1. Origen 60
4.1.2. Producción de aguas residuales 60
4.1.3. Caracterización 64
4.2. Definición y prediseño de alternativas de tratamiento secundario seleccionadas. 69
4.2.1. Humedales Artificiales 69

4.2.2. Lechos de Turba. 73
4.3. Comparación y selección del proceso de tratamiento secundario. 75
4.4. Concepción del sistema de tratamiento. 78
4.4.1. Justificación técnica, ambiental y financiera del sitio de implantación de la planta de tratamiento piloto. 78
4.4.2. Selección del tratamiento preliminar. 85
4.4.3. Selección del tratamiento primario. 85
4.4.4. Selección del tratamiento secundario. 85
4.4.5. Concepción general del sistema. 86
4.5. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales piloto 89
4.5.1. Caudal de diseño. 89
4.5.2. Obra de llegada. 94
4.5.3. Tratamiento preliminar. 100
4.5.4. Tratamiento primario. 102
4.5.5. Tratamiento secundario. 105
4.5.6. Obras de conexión entre etapas de tratamiento. 136
4.5.7. Obras de descarga. 137
4.6. Planos de construcción. 141
4.7. Especificaciones técnicas. 141
4.8. Especificaciones técnicas 141
4.9. Programación de obra. 141
CAPÍTULO V: PLAN DE EXPERIMENTACIÓN. 142
5.1. Objetivo 142
5.2. Diseño del plan de experimentación. 142
5.2.1. Seguridad del personal 142

5.2.2. Experimentación en la PTAR piloto. 144
5.2.3. Prácticas recomendadas dentro de la PTAR piloto. 152
CAPÍTULO VI: PLAN DE MANTENIMIENTO. 161
7.1. Objetivo. 161
7.2. Diseño del plan de mantenimiento. 161
7.2.1. Seguridad del personal 161
7.2.2. Mantenimiento de las estructuras 161
7.2.3. Formato de seguimiento del mantenimiento. 165
7.3. Costos. 167
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENCIONES 168
7.1. Conclusiones. 168
7.2. Recomendaciones. 170
Referencias 171
Anexo No. 1 - Temperaturas medias. 181
Anexo No. 2 - Precipitaciones totales mensuales. 184
Anexo No. 3 - Humedades Relativas 186
Anexo No. 4 - Topografía del campus Nayón PUCE 188
Anexo No. 5 - Informe de Registro Metropolitano del campus Nayón de la PUCE 190
Anexo No. 6 - Registros de ingresos a los baños del edificio del CISeAL. 193
Anexo No. 7 - Registros de ingresos al edificio de CISeAL 197
Anexo No. 8 - Informe de Resultados de Aguas Residuales. 199
Anexo No. 9 - Parámetros comunes de las ARD. 206
Anexo No. 10 - Criterios de calidad para el reuso y descarga de aguas residuales. 208
Anexo No. 11 - Manual de instalación y mantenimiento de biotanque. 210
Anexo No. 12 - Formato para el mantenimiento de la PTAR piloto. 217

Anexo No. 13 - Especificaciones Técnicas.....220
1. REPLANTEO Y NIVELACIÓN.....221
2. DESBROCE Y LIMPIEZA. 221
3. EXCAVACIONES.....222
4. RASANTEO DE ZANJAS Y ESTRUCTURAS 226
5. RELLENOS.....227
6. ACARREO Y TRANSPORTE DE MATERIALES.....229
7. READOQUINADO DE CAMINERÍA 232
8. INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA.....232
9. SUB BASE CLASE III (TENDIDO Y CONFORMACIÓN).....234
9.2. Especificaciones.....234
10. CAJA DE REVISIÓN 0.60 m x 0.60 m.....236
11. HORMIGÓN SIMPLE f'c= 210 kg/cm^2.....237
12. MALLA ELECTROSOLDADA 150X150X5mm 240
13. REPLANTILLO DE HORMIGÓN f'c=180 Kg/cm^2 e=7.5cm.....241
14. TUBERÍAS POLICLORURO DE VINILO (PVC) PARA ALCANTARILLADO Di= 110 - 160 mm.....242
15. REJILLA, VARILLA 10 mm, ESPACIAMIENTO LIBRE 25 mm.....245
16. TUBERÍA PERFORADA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE Di= 110 mm 246
17. PUNTOS DE MUESTREO Di = 110 mm.....247
18. BIODIGESTOR 248
19. VEGETACIÓN PARA TRATAMIENTO.....250
20. TURBA (INCLUYE TRANSPORTE).....251
Anexo No. 14 - Memoria de Cálculo.....253
DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PILOTO....254

Anexo No. 15 – Análisis de impactos ambientales. 308
1. Descripción del proyecto 309
2. Línea base 322
3. Identificación de factores ambientales 329
4. Valoración cualitativa. 330
5. Análisis de impactos 332
6. CONCLUSIONES 335
Anexo No. 16 - Valoración cualitativa del impacto ambiental 337
Anexo No. 17 - Presupuesto y análisis de precios unitarios. 341
Anexo No. 18 – Cronograma y ruta crítica 444
Anexo No. 19 - Planos 451

Índice de Tablas

Tabla No. 1 - Clasificación de tratamiento secundario. 17
Tabla No. 2 - Tipos de tratamiento por aplicación del suelo tipo superficial. 21
Tabla No. 3- Principales aspectos para el diseño tratamiento por aplicación del suelo tipo superficial. (Álvarez Vega, 2002) 23
Tabla No. 4 - Tipos de tratamiento de aplicación tipo subsuperficial del terreno. (Comisión Nacional del Agua, 2016) 25
Tabla No. 5 - Tipos de Lagunas de Estabilización. 29
Tabla No. 6 - Macrófitas Flotantes (Martelo & Lara Borrero, 2012). 32
Tabla No. 7 - Clasificación de Humedales Artificiales Subsuperficiales 35
Tabla No. 8 - Normativa de descarga. 37
Tabla No. 9 - Normativa/Guía para el diseño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. 38

Tabla No. 10 - Registros de temperaturas anuales de la estación M1156 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012).....41

Tabla No. 11 - Clasificación de los climas en el Ecuador. Adaptado de: (Pourrut, Róvere, Romo, & Villacrés, 1995).....44

Tabla No. 12 - Clasificación de terrenos con equidistancias de 10 m. (Organiciación de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009) 45

Tabla No. 13 - Uso de Suelo Campus Nayón PUCE. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2019).....46

Tabla No. 14 – Acceso a servicios públicos del campus Nayón de la PUCE. 50

Tabla No. 15 - Infraestructura proyectada. (Dirección de Comunicación institucional y Relaciones Públicas PUCE, 2010).....56

Tabla No. 16 - Ingresos a los cuartos de baño del edificio del CISeAL. 61

Tabla No. 17 - Resultados de los ingresos promedios por día al edificio del CISeAL.....61

Tabla No. 18 - Resultados de los ingresos en días laborables al edificio del CISeAL 62

Tabla No. 19 - Dotaciones típicas según la actividad. (Metcalf & Eddy Inc., 2014, pág. 158) 63

Tabla No. 20 - Dotaciones para uso específico de oficina y universidades. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda & Cámara de la Construcción de Quito, 2011) 63

Tabla No. 21 - Resultados del análisis de agua residual del edificio del CISeAL. Adaptado de: Anexo No. 8 - Informe de Resultados de Aguas Residuales. 65

Tabla No. 22 - Valores de pH para la subsistencia de macrófitas emergentes. (Environmental Protection Agency, 1988).....68

Tabla No. 23 - Porosidad de lechos granulares. 73

Tabla No. 24 - Dotaciones para poblaciones menores de 5000 habitantes. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992) 74

Tabla No. 25 - Comparación de los procesos de tratamiento secundario. (Salas, Pidre, & Fahd, 2007; Environmental Protection Agency, 1988; Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010) 76

Tabla No. 26 - Sistema de distribución y recolección de las aguas. Adaptado de: (Salas, Pidre, & Sánchez, 2007; Tilley, y otros, 2018)..... 77

Tabla No. 27 - Resumen de costos de inversión..... 82

Tabla No. 28 - Costos del equipo de protección personal. 83

Tabla No. 29 - Costos de materiales para la operación..... 83

Tabla No. 30 - Costos de experimentación de prácticas. 84

Tabla No. 31 – Coordenadas de inicio y fin de tubería..... 95

Tabla No. 32 – Caudales para el diseño de la tubería de conexión..... 96

Tabla No. 33 - Condiciones hidráulica de la tubería de entrada a la PTAR piloto..... 98

Tabla No. 34 - Condiciones de la obra de llegada de la PTAR piloto. 99

Tabla No. 35 - Características del tratamiento preliminar de la PTAR piloto. 102

Tabla No. 36 - Cargas hidráulica recomendadas para humedales FWS. 110

Tabla No. 37 - Porosidad de las canteras Pifo y Pomasqui-San Antonio. (Domenech & Espinoza, 2016, pág. 41) 119

Tabla No. 38 - Conductividad hidráulica (m/d) de los lechos granulares. 120

Tabla No. 39 - Cargas hidráulicas recomendadas para humedales SSF. 124

Tabla No. 40 - Coeficiente de uniformidad y porcentaje de finos de las canteras Pifo y Pomasqui-San Antonio. (Domenech & Espinoza, 2016) 130

Tabla No. 41 - Coordenadas para el diseño de la tubería de salida. 139

Tabla No. 42 - Clasificación de estructuras para mantenimiento..... 162

Tabla No. 43 - Acciones de mantenimiento..... 165

Tabla No. 44 - Calificación del estado de la estructura. 167

Tabla No. 45 - Costos estimados del mantenimiento. 167

Tabla No. 46 - Temperaturas medias. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012) 183

Tabla No. 47 - Precipitaciones Totales Mensuales (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012). 185

Tabla No. 48 - Humedades Relativas Medias (%) (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012). 187

Tabla No. 49 - Número de ingresos a los baños del edificio del CISeAL 194

Tabla No. 50 - Registros de poblaciones: a) cálculo de la población con todos los días, b) cálculo de la población sin considerar sábados, domingos y feriados (celdas sombreadas) 198

Tabla No. 51 - Parámetros comunes de las ARD. 207

Tabla No. 52 - Límites máximos permisibles para el reuso y descarga de aguas residuales. Adaptado de: Norma de Calidad Ambiental y de Descargar de Efluente: Recurso de Agua (2017). 209

Índice de Figuras

Figura No. 1- Tipo de tratamiento por aplicación del suelo superficial: a) Infiltración Lenta / Filtro Verde / Irrigación, b) Filtración Rápida, c) Escorrentía Superficial (Romero, 2005) 22

Figura No. 2 - a) Disposición de los elementos para el funcionamiento de un lecho de turba, b) Corte transversal de un lecho de turba. Adaptado de: (Gustafson, Anderson, & Christopherson, 2001, p. 2) 27

Figura No. 3 - Proceso de actuación lecho de turba. (Salas, Pidre, & Fahd, 2007, pág. 29) . 28

Figura No. 4 - Lagunas de estabilización (Tilley, y otros, 2018, pág. 110). 30

Figura No. 5 - Esquema de un humedal con macrófitas enraizadas flotantes. Adaptado de: (Fernández, Beascoecha, Muñoz, & Curt, 2014, pág. 83) 33

Figura No. 6 - a) Humedal de flujo superficial, b) Humedal de flujo subsuperficial horizontal, c) Humedal de flujo subsuperficial vertical. (Tilley, y otros, 2018, págs. 114, 116, 118) 34

Figura No. 7 - Accesos al campus PUCE de Nayón. Elaborado por: (Enriquez & López, 2019, pág. 25) 40

Figura No. 8 - Esquema de las instalaciones de desagüe. Edificio CISeAL, Nivel 0+000..... 59

Figura No. 9 - Esquema de implantación de la tubería que conecta la última caja de revisión con el proyecto. 79

Figura No. 10 - Consulta de Actividades Ambientales a través del SUIA. (Ministerio del Ambiente, Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), 2019) 81

Figura No. 11 - Concepción General del sistema. 87

Figura No. 12 - Esquema de la obra de llegada. 87

Figura No. 13 - Esquema tratamiento primario. 88

Figura No. 14 - Esquema de tratamiento secundario. Adaptado de: (Salas, Pidre, & Sánchez, 2007) 89

Figura No. 15 - Obra de descarga. 89

Figura No. 16 – Características hidráulicas de la tubería circular. Adaptado de: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 104) 96

Figura No. 17 - Obra de llegada y tratamiento preliminar. 100

Figura No. 18 - Características de una rejilla. 101

Figura No. 19 - Biodigestor Autolimpiable Rotoplas. (Rotoplas Ecuador, 2019) 103

Figura No. 20 - Características del carrizo. (asturnatura.com, 2006) 107

Figura No. 21 - Circulación de flujo a través de un humedal. (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 45) 113

Figura No. 22 - Sistema de distribución humedales. Elaborado por: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 47) 113

Figura No. 23 - Caja de revisión a la salida del efluente de la laguna No. 1. Elaborado por: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 46) 114

Figura No. 24 - Capas que compone el humedal FWS. 115

Figura No. 25 - Corte longitudinal del humedal FWS. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018) 115

Figura No. 26 - Corte transversal del humedal FWS. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018) 116

Figura No. 27 - Inclinación de talud en laguna. 116

Figura No. 28 - Vista en planta del humedal. 117

Figura No. 29 - Capas del humedal SSF. 126

Figura No. 30 - Sección longitudinal humedal SFF horizontal. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018) 127

Figura No. 31 - Sección transversal humedal SSF horizontal. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018) 127

Figura No. 32 - Detalle de entrada y salida del humedal SFF horizontal. 127

Figura No. 33 - Vista en planta del humedal SSF horizontal. 128

Figura No. 34 - Esquema de la distribución del agua sobre al humedal. Adaptado de: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 47) 132

Figura No. 35 - Capas del humedal SSF de flujo vertical. 133

Figura No. 36 - Sección longitudinal de un humedal SSF de flujo vertical. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018) 133

Figura No. 37 - Parte inicial y final del humedal SSF de flujo vertical. 134

Figura No. 38 - Sistema de distribución y recolección del humedal SSF de flujo vertical. 135

Figura No. 39 - Caja de evacuación de los humedales. 137

Figura No. 40 - Esquema de cajas de descarga. 138

Figura No. 41 - Vista en planta de la caja de revisión de llegada. 138

Figura No. 42 - Plataforma para secado de lodos. 140

Figura No. 43 - Distribución de espacios para mantenimiento. 166

Figura No. 42 - Plataforma para secado de lodos. 307

Índice de Gráficas

Gráfica No. 1 - Clasificación de los TNC. Elaboración propia. Basado en: (Secretariado Alianza por el Agua, 2008) 19

Gráfica No. 2 - Clasificación de los Humedales Artificiales. Elaboración Propia. Adaptado de: (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010, pág. 9) 31

Gráfica No. 4 - Temperaturas medias mensuales de la estación M1156-Granja Santa Ana Nayón – PUCE (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012). 42

Gráfica No. 5 - Eficiencia vs. Área 122

Gráfica No. 6 - Temperatura vs. Área a una eficiencia del 85% 122

Índice de ortofotografías

Ortofotografía No. 1 - Ubicación del Campus PUCE Nayón (Google Inc.) 39

Ortofotografía No. 2 - Tipo de terreno. Adaptado de: (Google Inc.) 45

Ortofotografía No. 3 – Sitio de implantación del proyecto. Adaptado de: (Google Inc.) 78

Índice de mapas

Mapa No. 1 - Ubicación de la infraestructura existente en el campus Nayón PUCE. 54

Mapa No. 2 - Plan Maestro Campus PUCE Nayón. (Dirección de Comunicación institucional y Relaciones Públicas PUCE, 2010) 55

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza el diseño de una Planta De Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) piloto ubicada en el campus Nayón de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), el sistema está basado en tecnologías alternativas naturales y de bajo costo cuyo propósito es ser utilizado como un espacio para la investigación científica.

En el campus Nayón de la PUCE se encuentra en funcionamiento el edificio del Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL) que posee áreas administrativas y de laboratorios. Tiene la proyección de que en un futuro se traten las aguas residuales domésticas y las provenientes de laboratorios, cuenta con instalaciones sanitarias de desagüe separadas en 3 partes: (i) las provenientes de oficinas, salas y cafeterías, (ii) aguas lluvia y (iii) laboratorios. Las características de las instalaciones del CISeAL (separación de aguas residuales) y del terreno (gradiente y espacio) facilitan la implementación de una PTAR piloto para investigaciones científicas, lo cual además beneficiará al medioambiente dado que en la actualidad el sistema público de alcantarillado no cuenta con una PTAR.

El tratamiento biológico del agua residual es un proceso complejo y sensible a una serie de variables, por lo que su investigación científica es necesaria. Sin embargo, en el país existen escasos espacios o recursos para la investigación de tecnologías no convencionales y de bajo costo para el tratamiento de agua residual, por lo que el desarrollo e investigación ha sido muy limitado. Por otro lado, el costo de los sistemas de tratamiento es alto, por lo que es mejor probar los sistemas a una escala reducida antes de llevar a escala real.

La creación de plantas de tratamiento de aguas residuales a escala piloto permitirá dar un espacio a los investigadores para el desarrollo de nuevas tecnologías que pueden ser implementadas permitiendo mejorar su eficiencia y reducir el impacto que estas tienen en el medio ambiente, mejorando el paisaje, la calidad de vida de las poblaciones, pues se reducirán las enfermedades de origen hídrico, y la conservación del medio ambiente.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.

En 1914 los ingenieros Edward Arden y William T. Lockett crearon uno de los sistemas de tratamiento naturales más utilizados en la actualidad: los lodos activos. Sin embargo, entonces en Estados Unidos (EE. UU.) no se tomaba en cuenta aún la importancia de tratar las aguas residuales pues las aguas producidas eran relativamente insignificantes comparadas a las grandes masas de aguas a donde eran vertidas, pero a partir del siglo XX, los daños causados por las aguas sin tratamiento comenzaron a ser evidentes con el incremento de enfermedades de origen hídrico en las poblaciones cercanas a los lugares en donde ser vertían las aguas. Con ello EE. UU. comenzó a inventar, diseñar y analizar sistemas que permitan mejorar la calidad de los efluentes (Metcalf & Eddy Inc., 1995).

En el informe Proceso Regional de las Américas - Foro Mundial del Agua (2018) se asegura que solo entre el 25% y 30% de aguas residuales urbanas producidas en América Latina y el Caribe son tratadas antes del vertido a un cuerpo hídrico. Esto evidencia el poco interés y con ello la falta de investigación en la región sobre el tratamiento de aguas residuales

En el Ecuador, el tratamiento de aguas residuales es una competencia de los municipios, ejercida en ocasiones por sus empresas públicas. Las ciudades grandes en las que tratan las aguas residuales son Quito, Guayaquil y Cuenca. Esta última trata el 95% de las aguas de la ciudad, mientras que las otras dos tratan una cantidad producida por menos de 50.000 habitantes (Sánchez A. , 2014).

1.2. Justificación.

El tratamiento de agua residual en el Ecuador está dictado por ley, entre ellas: Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua (LORHUA), el Código Orgánico del Ambiente (COA), Código Orgánico Integral Penal (COIP), los cuales prohíben y sancionan las descargas contaminantes directas a los cuerpos hídricos. Sin embargo, los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) encargados de las descargas de aguas residuales no implementan este tipo de infraestructura debido a distintas razones como, por ejemplo, el alto costo de inversión y la falta de conciencia y control por parte de las autoridades competentes.

Para el año 2015, la Secretaría del Agua (SENAGUA) presentó la Estrategia Nacional del Agua Potable y Saneamiento (ENAS), en el cual se afirma que solo el 10% de las aguas residuales producidas dentro del Ecuador son tratadas.

Según lo presentado en el ENAS, la principal causa por la que no existe agilidad en los procesos de inversión para obras de tratamiento de aguas residuales es la limitada capacidad técnica e investigación que existe en el país, debido a que los proyectos de este tipo no son tan comunes en el Ecuador sobre todo aquellos que aplican tecnologías no convencionales y de bajo costo.

La implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) piloto en la PUCE a escala piloto permitirá dar un espacio a los investigadores para el desarrollo de nuevas tecnologías sobre tratamiento secundario en base de tecnologías no convencionales de bajo costo con procesos biológicos naturales que pueden ser implementadas permitiendo mejorar su eficiencia y reducir el impacto que las aguas residuales tienen en el medio ambiente, mejorando el paisaje, la calidad de vida de las poblaciones, pues se reducirán las enfermedades de origen hídrico, y permitiendo la conservación del medio ambiente.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales basado en tecnologías alternativas naturales y de bajo costo que pueda ser utilizado como una planta piloto para la investigación científica.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Realizar una revisión bibliográfica sobre tecnologías alternativas y naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas e identificar las necesidades de investigación en este campo.
- Seleccionar la ubicación más idónea para implementar el sistema en campus Nayón de la PUCE.
- Diseñar el sistema a escala piloto de tratamiento de aguas residuales.
- Diseñar el plan de experimentación a llevar a cabo cuando la PTAR piloto sea construida y entre en funcionamiento.
- Diseñar el plan de mantenimiento de la PTAR piloto.

1.4. Alcance.

Se diseñará una PTAR piloto que incluirá, tratamiento preliminar, primario y secundario. El tratamiento primario consistirá en una unidad prefabricada disponible comercialmente a nivel local. Para el tratamiento secundario se diseñarán 3 estanques en paralelo que permitan la operación simultánea de los siguientes tipos de tratamiento biológico: (i) estanque con plantas macrófitas flotantes, (ii) humedal artificial y (iii) lecho de turba. El dimensionamiento de todos los componentes se detallará en una memoria de cálculo.

Se diseñará la PTAR piloto para que en un principio trate las aguas residuales provenientes del bloque de baños del Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL), las cuales se conducirán por gravedad hacia la ubicación seleccionada. Se obtendrá tres muestras con la finalidad de caracterizar las aguas residuales domésticas (ARD) mediante las características físicas, químicas y biológicas más importantes (pH, sólidos suspendidos, sólidos totales, DBO_5, DBO, nitrógeno, coliformes fecales, huevos de parásitos).

Se diseñará una planta que tendrá una vida útil suficiente para desarrollar proyectos de investigación en el mediano plazo (entre 5 y 10 años), por lo que se seleccionará el método constructivo procurando reducir costos y facilitar el montaje y desmontaje del sistema.

Además, se diseñará un sistema que permita la extracción de muestras de las unidades de tratamiento al inicio, al final y, de ser factible, en puntos intermedios de cada estanque de manera que se pueda obtener datos para distintos periodos de retención. Además, se diseñará el sistema de descarga del efluente de la planta teniendo como opciones la descarga al alcantarillado público y eventualmente el aprovechamiento paisajístico (p.ej. riego de jardines, lagunas ornamentales).

Se definirá la ubicación de la planta dentro del campus Nayón de la PUCE en la que tomará las cartas topográficas provistos por la Dirección de Planta Física de la PUCE tomando en cuenta la pendiente del terreno para facilitar la conducción por gravedad y evitando impactar negativamente a actividades vecinas con posibles malos olores y afectación al paisaje, considerando de igual manera las ordenanzas municipales con respecto al uso de suelo. Se utilizarán datos existentes de topografía y del análisis de suelos. Finalmente, se presentarán los documentos que permitan la construcción del proyecto tales como planos, especificaciones técnicas y presupuesto referencial a base de un análisis de costos unitarios.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. Procedencia de las aguas residuales.

Las aguas residuales (AR) son aquellas que, por el uso del agua de abastecimiento en diversas actividades domésticas, industriales, agrícolas y de pesca, sus características originales han sido modificadas. (Vásquez, 2013)

Las características de las aguas residuales son comunes entre todas, sin embargo, las concentraciones cambian dependiendo de la procedencia de las AR que a su vez dependerá del lugar del que proviene el agua. Según Ramalho (2003), la clasificación de las aguas residuales según su origen es el siguiente:

- **Aguas residuales domésticas (ARD)**

Son aquellas que provienen de los hogares, oficinas, edificios comerciales e institucionales donde el agua es utilizada con fines de limpieza e higiene de los usuarios. Están compuestas por: (i) excretas humanas, (ii) agua proveniente de cocinas, lavamanos, lavanderías, fregaderos, duchas (iii) agua proveniente de la limpieza y lavado de sitios de uso público (Seoánez, 2005).

- **Aguas residuales industriales (ARI)**

Son aquellas que provienen de las descargas de las industrias manufactureras, es decir, las actividades donde su proceso de producción y transformación se utiliza agua (Romero, 2005). Los efluentes pueden ser (i) orgánicos, (ii) inorgánicos, (iii) con materiales en suspensión y (iv) de refrigeración. En general son líquidos residuales de disoluciones de productos químicos y aguas de refrigeración cuyo contaminante es la temperatura con la que se descarga (Metcalf & Eddy Inc., 2014).

- **Aguas residuales agrícolas**

Son aquellas que provienen de la producción agrícola, estas arrastran pesticidas y fertilizantes (Romero, 2005). Estas aguas son las más contaminantes para lagos y pantanos debido a que acelera el proceso de eutrofización, que es el enriquecimiento de los nutrientes del agua, lo cual genera un crecimiento de algas y disminución del oxígeno disuelto causando un impacto posterior a la ecología acuática de un cuerpo hídrico (Ramalho, 2003).

- **Aguas residuales pluviales (ARP)**

Son aquellas que provienen de la escorrentía de las precipitaciones, sin que necesariamente hayan sido utilizadas por el ser humano, cuya intensidad y características dependen del área que se estudie, son conducidas a las alcantarillas arrastrando con ellas todos los sedimentos que se encuentren en la capa de rodadura, basura y lodos (Ramalho, 2003).

2.2. Sistema de recolección y disposición de aguas residuales.

- **Sistema de recolección**

El alcantarillado es necesario donde existen sistemas de agua potable ya que las aguas residuales son un producto directo del consumo de agua potable (Castro, 2017).

La forma de evacuación, según la INEN (1992) establece que dependerá de varios factores, entre ellos: análisis técnico-económico, un sistema existente, el régimen de lluvias, el cuerpo hídrico receptor, características de la cuenca hidrográfica y la normativa técnica vigente.

Las normas técnicas ecuatorianas establecen tres formas de recolección: (i) alcantarillado separado, (ii) alcantarillado combinado y (iii) alcantarillado mixto (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992). Se describen de la siguiente forma:

a) **Alcantarillado separado:** consiste en redes independientes, la primera red se encarga de la recolección de las ARD y ARI previamente tratadas, y la segunda red recolecta las ARP.
b) **Alcantarillado combinado:** consiste en una única red que recolecta y transporta las ARD, ARP y ARI con previo tratamiento.
c) **Alcantarillado mixto:** es el sistema que consiste en un sistema que combina los dos sistemas anteriormente mencionados en un mismo sector.

El ENAS (2016) establece que la disposición deseable en los medios urbanos es el alcantarillado mientras que para los medios rurales se posee una infinidad de posibilidades. Según el mismo informe se establece que menos del 65% del país en sus zonas urbanas poseen alcantarillado y que menos del 55% en zonas rurales poseen un sistema de recolección y disposición de las ARD.

Por otro lado, la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos, US EPA por sus siglas en inglés, prohíbe los sistemas de alcantarillado combinado desde mediados del siglo XX debido a que estas encarecen los sistemas de tratamiento y reutilización de agua.

- **Disposición de aguas residuales**

La disposición final es un proceso en el que las aguas residuales con previo tratamiento son descargadas a los cuerpos hídricos receptores, que pueden ser aguas superficiales o subterráneas. Además, el agua residual puede ser destinada al reuso para riego agrícola en zonas rurales.

Las aguas superficiales son el sitio de disposición más común para las aguas residuales, debido a la facilidad de vertido y disolución en el cauce de los ríos y lagos en ciudades que se encuentran en las cadenas montañosas y en los océanos para poblaciones costeras (Valdez & Vázquez, 2003).

Como se ha resumido anteriormente, es necesario que las aguas residuales antes de su disposición final tengan un tratamiento con una serie de procesos en los que se modifican las características; con la finalidad de que su calidad sea apta para la descarga a los cuerpos receptores como ríos, lagos u océanos. Es decir, un sistema de recolección y disposición de aguas residuales debe ser integral. Los procesos de tratamiento serán discutidos más adelante en este capítulo.

2.3. Características de las aguas residuales.

2.3.1. Características físicas.

- **Sólidos Totales**

Se define como sólidos totales a la cantidad de residuos que se obtiene después de someter al agua a un proceso de evaporación y secado, en el que el agua es sometida a una temperatura entre 103° C y 105° C (Metcalf & Eddy Inc., 2014).

Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos y los sólidos suspendidos, estos son identificados mediante un proceso de filtración donde los sólidos suspendidos son los retenidos debido a su tamaño mayor a 1.2 μm; este parámetro es de suma importancia ya que esta permite determinar la cantidad de lodos que se producirá en el sistema de tratamiento (Romero, 2005).

- **Color**

Esta característica física es de carácter cualitativo junto con el olor, esta permite determinar de cierto modo la edad del agua residual. Generalmente las ARD frescas son de color gris y

conforme pasa el tiempo estas toman una tonalidad de gris oscuro para luego ser de color negro (Metcalf & Eddy Inc., 2014).

- **Olor**

El olor característico de las AR es desagradable esto es generalmente producido por los gases liberados en el proceso de la transformación de la materia orgánica, conforme el paso del tiempo el olor suele ser mucho más fuerte, debido a la liberación del sulfuro de hidrógeno (H_2S) que proviene de la descomposición de los sulfuros en condiciones anaerobias (Metcalf & Eddy Inc., 2014).

- **Turbiedad**

Es una medida de la cantidad de luz que puede ser transmitida a través del agua (Metcalf & Eddy Inc., 1995). Generalmente las aguas residuales son turbias debido a que tienen una cantidad considerable de material suspendido que obstaculiza el paso de luz (Romero, 2005).

- **Temperatura**

La temperatura de las AR es mucho mayor que la temperatura del aire, de las masas de agua cercanas y del agua de abastecimiento, esto se da debido a la incorporación de agua caliente que provienen de las actividades humanas (Metcalf & Eddy Inc., 1995). Además de las industrias pueden incorporarse líquidos residuales de enfriamiento lo que hace incrementar considerablemente la temperatura.

Los parámetros como la concentración de saturación de oxígeno disuelto, la velocidad de las reacciones químicas, la actividad bacteriana y la tasa de sedimentación de los sólidos son los que se ven más afectados por la temperatura (Romero, 2005).

- **Densidad**

Es la cantidad de masa por unidad de volumen, medido en kg/m^3 (Metcalf & Eddy Inc., 2014).

2.3.2. Características químicas.

Las características químicas se clasifican en tres grupos: (i) materia orgánica, (ii) materia inorgánica y (iii) gases.

- **Materia orgánica**

Son compuestos de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y en ocasiones nitrógeno (N). Usualmente las aguas residuales consisten en “proteínas entre el 40 al 60%, carbohidratos entre el 25 al 50% y grasas y aceites del 8 al 12%” (Metcalf & Eddy Inc., 2014, pág. 80).

La medición de este contenido orgánico puede dividirse en aquellos (i) en que se mide la materia orgánica cuyos constituyentes similares que no pueden identificarse por separado y (ii) componentes orgánicos que pueden ser medidos individualmente (Metcalf & Eddy Inc., 2014).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): se mide en miligramos de oxígeno requerido por litro de agua (mg/l) y es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer o degradar la materia orgánica biodegradable presente, en condiciones aerobias (Castro, 2017).

Para el tratamiento de agua el parámetro requerido es la DBO_5 que es el oxígeno consumido por las bacterias en los 5 primeros días de biodegradación a una temperatura de 20 °C, generalmente este es el del 60 al 70% de la DBO total requerida para biodegradar el total de la materia orgánica en aguas residuales domésticas típicas a 20°C (Castro, 2017).

En las últimas décadas este es el parámetro más utilizado para el tratamiento de aguas residuales debido a que: (i) se puede determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para que la materia orgánica se estabilice biológicamente, (ii) facilita la determinación del tamaño de las unidades de tratamiento, (iii) permite la medición de la eficiencia de los procesos biológicos de tratamiento y (iv) verifica el cumplimiento de los parámetros de descarga de las aguas residuales (Metcalf & Eddy Inc., 2014).

Su medición consiste en colocar la botella Whinkler una cantidad de agua residual, a esta se le agrega una cantidad de agua saturada con oxígeno disuelto y nutriente, se tapa la botella y se incuba a 20 °C por 5 días, pasado este tiempo se mide la concentración de oxígeno disuelto (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010). Al ser dependiente de las bacterias presentes en la muestra de agua tomada este ensayo no es reproducible, ya que cada muestra es complemente distinta.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): es “la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer químicamente, la materia orgánica degradable y biodegradable” (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010, pág. 85). Este parámetro permite determinar la toxicidad

de las aguas a la vida biológica, el ensayo es más reproducible debido a que depende de un agente químico y no de un organismo vivo como es el caso de la DBO.

Aceites y grasas: en las ARD provienen de aceites de cocina, mantequilla, grasa de las carnes, manteca. Según Romero (2005) afirma que los aceites vegetales y animales son biodegradables, mientras que los de origen mineral requieren un pretratamiento antes de llegar al tratamiento biológico.

- **Materia inorgánica**

Son importantes para determinar el acoplamiento del agua con los tratamientos y con ello, el uso del agua después del tratamiento (Metcalf & Eddy Inc., 1995).

pH: Es la concentración de hidrógeno, las altas concentraciones dificultan el tratamiento biológico por lo que es recomendable tener valores típicos de entre 6 a 9 debido a que permitirá la proliferación y desarrollo de la vida biológica (Metcalf & Eddy Inc., 1995).

Romero (2005) asegura que el pH óptimo para el crecimiento de las bacterias debe estar entre 6.5 a 7.5 aunque las bacterias toleran valores no mayores a 9.5 y no menores a 4.

Nitrógeno: Es considerado un bioestimulador debido a que incentiva el crecimiento de protistas y plantas, con ello permite determinar si un agua industrial o doméstica puede ser tratada mediante procesos biológicos (Metcalf & Eddy Inc., 1995).

Fósforo: Al igual que el nitrógeno, estimula el crecimiento de plantas. Actualmente las investigaciones tienen el objetivo de limitar este parámetro para evitar la proliferación de algas en aguas superficiales (Metcalf & Eddy Inc., 1995).

- **Gases**

Según Metcalf & Eddy (1995) aseguran que “los gases con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoniaco (NH_3), y el metano (CH_4)”. (pág. 101)

Oxígeno Disuelto (OD): es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, este es el gas más importante en lo que se refiere a tratamientos biológicos debido a que sirve para la respiración de los microorganismos aerobios (Metcalf & Eddy Inc., 1995).

Las fuentes de las que se obtiene el oxígeno es principalmente el absorbido directamente de la atmósfera y las plantas acuáticas (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

La no disponibilidad de este gas dificulta la autodepuración de los cuerpos de agua razón por la cual las aguas residuales deben ser tratadas antes de ser arrojadas a lo cuerpo hídricos (Romero, 2005).

2.3.3. Características microbiológicas.

Las características biológicas del agua son de suma importancia debido a que estas permiten controlar las enfermedades causadas por los organismos patógenos y además de encargarse de la descomposición y estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2000).

Los organismos patógenos son los de mayor importancia en la caracterización de las ARD debido a que su origen está en los desechos humanos y animales. Estos se clasifican en: (i) bacterias, (ii) virus, (iii) protozoos y (iv) helmintos.

- **Bacterias**

Son organismos procariotas unicelulares, importantes para la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Su actividad reproductiva está condicionada por la naturaleza de la bacteria, la temperatura, el medio, la disminución de OD y variaciones del pH (Seoánez, 2005).

Las bacterias, en función de su necesidad de oxígeno, se pueden clasificar en:

a) Bacterias aerobias: son aquellas que sin OD no pueden subsistir, consumen oxígeno para la descomposición y estabilización de materia orgánica donde no existe presencia de malos olores (Seoánez, 2005).

b) Bacterias aerobias: son aquellas que en la presencia de OD no pueden subsistir, se caracterizan por la presencia de malos olores en los procesos de descomposición y estabilización de materia orgánica (Seoánez, 2005).

c) Bacterias facultativas: aquellas que pueden adaptarse al medio opuesto, por ejemplo, una bacteria aerobia puede subsistir sin la presencia de OD (Seoánez, 2005).

La bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*) es considerada como un indicador de la contaminación cuyo origen son las heces fecales humanas, de la misma manera se consideran a los estreptococos como indicador, ya que es una bacteria bastante común en las aguas residuales (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

- **Virus**

Es el riesgo más importante que atenta contra la salud, son agentes productores de enfermedades. Su origen viene del tracto gastrointestinal de humanos y/o animales infectados (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2000).

A diferencia de las bacterias, los virus no se reproducen en el medio ambiente ya que requieren de un huésped, existen mil tipos de virus que son expulsados en las heces humanas, es ahí donde nace la dificultad de identificación y medición de la concentración.

Para que sea consumido por el ser humano requiere exterminarlos con dosis de cloro superiores al punto de quiebre, lo cual hace necesario declorar las aguas residuales (Romero, 2005).

- **Protozoos o Protozoarios**

Son microorganismos protistas unicelulares que se alimentan de bacterias y de otros microorganismos por lo que se convierten en fundamentales en el tratamiento biológico de las aguas residuales, en los fangos activados que eliminan coliformes y que constituyen el 5% de la biomasa (Metcalf & Eddy Inc., 2014).

Los protozoos que resultan perjudiciales para la salud humana son Cryptosporidium y Giardia lamblia estos debilitan el sistema inmunológico de las personas causando dolores de estómago severos, diarreas y vómitos (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

- **Helmintos**

Son definidos colectivamente como gusanos, estos son los organismos más resistentes a las condiciones ambientales y los procesos de tratamiento de desinfección de agua, pero pueden ser eliminados con tratamientos como la sedimentación, filtración y lagunas de estabilización (Metcalf & Eddy Inc., Wastewater Engineering: Treatment and Resource, 2014).

Estos microrganismos son los causantes de una variedad de enfermedades que, aunque no son mortales, son extremadamente dolorosas, entre las enfermedades con base en el agua se encuentran: ascariasis, dracunculosis, paraginimiasis, clonorquiasis y esquistosomiasis (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2000).

2.4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Los niveles de tratamiento de aguas residuales están en función de objetivos de remoción, Romero (2005) considera que los lineamientos o prioridades iniciales principales del tratamiento de aguas residuales son: remoción de (i) DBO, (ii) sólidos suspendidos, y (iii) patógenos.

Posteriormente, las prioridades son: (iv) remoción de nitrógeno y fósforo; y para finalizar: (v) remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes, (vi) metales pesados y (vii) sustancias inorgánicas.

Según estas prioridades de tratamiento, se establecen los siguientes niveles de tratamiento de aguas residuales:

2.4.1. Tratamiento preliminar.

Es también conocido como pretratamiento, tiene como objetivo remover objetos que impidan la operación y el mantenimiento de los posteriores procesos (Comisión Nacional del Agua, 2016). Lo que busca el pretratamiento es eliminar los materiales gruesos, arenas y grasas aceites excesivas mediante procesos físicos y mecánicos cuya selección dependerá del tipo y características de las aguas residuales (Environmental Protection Agency, 2004).

Para el tratamiento preliminar se puede emplear los siguientes procesos: cribado o rejillas, desarenadores, tamizadores, desengrasadores, medidor de caudal.

- **Cribado o rejillas**

Consiste en hacer pasar el agua residual a través de rejillas donde quedarán atrapados sólidos de pequeño y mediano tamaño. Según el tamaño de la abertura entre barrotes de las rejillas estas pueden clasificarse en rejillas gruesas que son aquellas iguales o mayores a ¼” (6.4 mm) mientras que las menores a 6.4 mm serán consideradas como rejillas finas (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Así también las rejillas se pueden clasificar en limpieza manual y mecánica, que a más de la forma de limpieza se diferencia en la inclinación de la rejilla. Cuando la limpieza es manual esta deberá tener una inclinación con respecto a la vertical de 30° a 45° mientras que la limpieza mecánica puede tener una inclinación de 0° a 30° con respecto a la vertical (Romero, 2005).

- **Desarenador**

Remueve arenas, gravas, partículas minerales, así como elementos de origen orgánico con ello, evita la abrasión y el desgaste de los equipos a utilizar además de la acumulación de arena en las tuberías y canales, el diseño de los desarenadores busca eliminar partículas con un tamaño de partícula 0.21 mm, con peso específico de 2.65 y a una temperatura de 15.5°C (Comisión Nacional del Agua, 2016).

- **Tamizador**

Consiste en hacer pasar el agua a través de tamices que pueden ser estáticos, rotativos y deslizantes. Los más utilizados son los tamices estáticos compuestos por barras de acero ordenadas de manera horizontal y que al igual que las rejillas de limpieza manual deben poseer un ángulo de inclinación de 45° a 65° con el fin de que los sólidos retenidos rueden hasta un contenedor que se encuentra en la parte inferior del mismo (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

- **Desengrasador**

Se eliminan grasas y sólidos menos densos que el agua, este proceso consiste generalmente en hacer pasar el agua a través depósito con un tabique haciendo que el agua salga por la parte inferior y con ello atrapando en la parte superior a los elementos más ligeros que el agua (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

- **Medidor de caudal**

Aunque esta parte no realiza ninguna función para mejorar la calidad del agua, es una parte fundamental debido a que permiten comparar el caudal a tratar teórico y el tratado realmente y con ello ajustar las condiciones operativas (Secretariado Alianza por el Agua, 2008)

Los medidores de caudal más utilizados son el canal Parshall y el vertedero triangular, estas estructuras hidráulicas son utilizadas generalmente en plantas de tratamiento de bajo costo (Valdez & Vázquez, 2003).

Según Metcalf & Eddy (2014), para seleccionar el tipo de medidor de caudal está en función de la aplicación que se le dará, las características del flujo, la necesidad de precisión, pérdidas de cargas y los periodos de mantenimiento.

2.4.2. Tratamiento primario.

El principal objetivo de los tratamientos primarias se enfoca en eliminar sólidos en suspensión mediante procesos físico químicos, esto permite eliminar una parte de la contaminación biodegradable debido a que parte de los sólidos eliminados están constituidos por materia orgánica (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

Las acciones que se suelen realizar para este tipo de tratamiento son: sedimentación, coagulación y floculación (Ortiz, 2011).

- **Sedimentación primaria**

Este proceso de tratamiento primario se enfoca en concentrar y remover los sólidos orgánicos suspendidos en el agua (Castro, 2017).

Para ser removidos los sólidos es necesario mantener el agua residual en un tanque rectangular o circular entre 30 minutos a 3 horas o más, logrando con ello que lo sólidos se acumulen en el fondo formando una capa de materia que luego debe ser removida y tratada como lodos para evitar que estos empiecen un proceso de descomposición formando burbujas e interrumpiendo la sedimentación, si el proceso es correctamente realizado se puede remover entre el 40% al 65% de estos sólidos (Valdez & Vázquez, 2003).

- **Tanque Imhoff**

Es un sistema de tratamiento anaerobio, consta de dos compartimientos uno inferior para la digestión de sólidos sedimentados y uno superior que es el de sedimentación. El proceso consiste en que el agua residual circula a través de la cámara superior donde los sólidos sedimentados pasarán a través de una abertura que conduce a una cámara de digestión mientras que los gases producidos del proceso de digestión se conducen a través las zonas de ventilación (Romero, 2005).

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2005) establece que para comunidades de menos de 5.000 habitantes, deben ser los tanques Imhoff los preferenciales para el tratamiento de ARD.

Los tanques tienen una eficiencia remueven sólidos entre el 45% al 70% y una reducción de la DBO de 25 al 50% en un tiempo de dos horas (Romero, 2005), estos porcentajes son variables ya que dependen de las características iniciales y del pretratamiento aplicado a las aguas residuales.

El equipo no requiere de un mantenimiento complicado, pero si de un mantenimiento periódico que consiste en el retiro de lodos con equipo y personal capacitado, el no mantenimiento de este sistema puede causar las deficiencias del sistema (Tilley, y otros, 2018)

- **Tanque séptico**

Los tanques sépticos es tener estabilidad hidráulica, es decir, que su objetivo es crear una cámara donde por gravedad los sólidos se sedimenten formando una capa de lodo que debe extraerse periódicamente, son utilizados en localidades rurales y urbanas que no cuenten con los servicios de alcantarillado (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005).

A diferencia de los tanques Imhoff el proceso de la sedimentación y digestión ocurren en una sola cámara, son mucho más fáciles de construir y además de que en el mercado existen ya tanques prefabricados.

La remoción de sólidos sediméntales totales puede ir del 50% al 70% mientras que la de DBO puede removerse entre el 40% al 62% en un tiempo de remoción de uno a tres días (Rodríguez García, García Ubaque, & Pardo Pinzón, 2015).

- **Unidades prefabricadas para tratamiento primario**

Son unidades que permiten tratar las aguas residuales su característica principal es que son construidas en un sitio distinto al que va a ser implantado, generalmente estas unidades son diseñadas y construidas con normas de fabricación.

Miranda M. (2013) presenta un análisis comparativo entre la fosa séptica convencional con respecto a un sistema séptico prefabricado, en la que se puede concluir que los tanques prefabricados podrían ser aplicados en las comunidades rurales debido: (i) al hermetismo que tiene con ello reduciendo las posibles infiltraciones que pueden producirse en los sistemas convencionales, (ii) al bajo impacto ambiental, (iii) los bajos costo de instalación, operación y mantenimiento y (iv) a la vida útil de más de 20 años.

Generalmente los procesos del tratamiento primario son construidos en sitio, pero existen ocasiones en las que se dificulta el transporte de los elementos necesarios para la construcción por lo que se da solución son unidades prefabricadas, generalmente tanques de fibra de vidrio o de polietileno (Aguirre, Vargas, Zefron, Cruz, & Flores-Gómez, 2018).

Las dimensiones vienen prestablecidas de fábrica de lo cual dependerá la capacidad de depuración que puede 600 a los 7.000 litros. Fabricantes afirman que la eficiencia de remoción

se encuentra, entre el 80%-90% de DBO con un tiempo de retención de un día (Rotoplas Ecuador, 2019), aunque no se han encontrado investigaciones que corroboren estos valores.

En el Ecuador se comercializan dos tipos de tanques, ambos conocidos como biodigestores, tanques herméticos en los que se deposita materia orgánica, principalmente estiércol, que mediante la fermentación anaerobia se produce gas metano y se logra estabilizar la materia orgánica sedimentable (Red de Biodigestores para América Latina y el Caribe, 2019).

2.4.3. Tratamiento secundario.

El tratamiento secundario tiene como objetivo remover los compuestos orgánicos esto lo hace mediante procesos físico-químicos o biológicos (Metcalf & Eddy Inc., 1995).

Los procesos físico-químicos incluyen operaciones como la coagulación, micro cribado, filtración, oxidación química, adsorción con carbono y otros procesos que contemplan una inversión inicial y operaciones de costos muy elevados por lo que los municipios optan por depurar las aguas residuales mediante procesos biológicos (Valdez & Vázquez, 2003).

El tratamiento de aguas residuales mediante procesos bilógicos consiste en remover los contaminantes mediante la actividad biológica, que se encargarán de remover sustancias orgánicas biodegradables, partículas coloidales, entre otros, convirtiéndolos en gases y células biológicas conocidas como biomasa (Romero, 2005).

En la siguiente tabla se explica de manera breve la clasificación de los sistemas de tratamiento secundario:

Clasificación	Tipo	Características	Ejemplo de proceso
Por su naturaleza	**Aerobio**	Remueve los compuestos orgánicos en presencia de oxígeno mediante bacterias aerobias (Castro, 2017). En este proceso se obtiene tanta energía como para sintetizar un nuevo tejido celular (Romero, 2005).	- Filtro percolador - Lodos activados
	Anaerobio	Es el proceso de descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno libre, este es menos eficiente para producir energía que el aerobio ya que las sustancias descompuestas aún quedan como productos finales como en metano obteniendo una cantidad menor de biomasa, este es el proceso más sensible puesto que requieren condiciones óptimas en bacterias, temperatura, DBO, pH para su desarrollo (Romero, 2005).	- Lagunas anaerobias - Lecho expandido - Manto de lodos
Por microrganismos	**Suspendidos**	Los microorganismos están suspendidos individualmente o en flóculos, es decir, la biomasa está en mezcla con el agua residual (Valdez & Vázquez, 2003).	- Digestión aerobia y anaerobia - Lodos activados
	Adheridos	El cultivo de bacterias se encuentra adherido a una superficie formando así una “biopelícula” (Valdez & Vázquez, 2003).	- Filtro percolador - Torres biológicas - Discos biológicos

Tabla No. 1 - Clasificación de tratamiento secundario.

2.4.3.1. Tratamiento convencional.

Los tratamientos convencionales (TC) son sistemas compuestos por obras civiles (tanques) y equipos mecánicos (reactores) que se encuentran dispuestos de manera secuencial.

El Secretariado de Ecología y Desarrollo (2008) de España establece que las tecnologías de los tratamientos convencionales poseen costos energéticos que corresponden aproximadamente a un tercio de los costos de operación y mantenimiento, pero que puede variar dependiendo del tamaño de la planta de tratamiento y de las características de las AR.

Los procesos convencionales se enfocan en procesos biológicos: aerobios, anaerobios y procesos combinados (Metcalf & Eddy Inc., 1995). Así también estos dependen del régimen de flujo predominante que puede continuo o intermitente y del tipo de mezcla: (i) completa, (ii) flujo pistón o (iii) flujo arbitrario (Romero, 2005).

Ese tipo de tratamiento, entre los más representativos, puede incluir tratamientos como:

- **Lecho Fijo:** Son sistemas que consisten en que una biopelícula se encuentra adherida a un medio sólido, que puede ser de diversos materiales como grava o PVC y que permiten que el agua residual reaccione con las bacterias y así logrando degradar la materia orgánica (Romero, 2005). Las estructuras de lecho fijo más utilizadas se encuentran el filtro percolador y los biodiscos.
- **Lagunas aireadas:** Las lagunas aireadas son estanques de 2 a 5 metros de profundidad que poseen aireación mecánica con el fin de proveer de oxígeno y mezclar el agua residual llegando a un 90% de remoción de DBO y de coliformes fecales del 90 al 95% (Romero, 2005).

2.4.3.2. Tratamiento no convencional.

Los tratamientos no convencionales (TNC) son alternativas de tratamiento de AR para pequeñas comunidades de la forma más económica posible adaptándose a las necesidades de estas (Comisión Nacional del Agua, 2016).

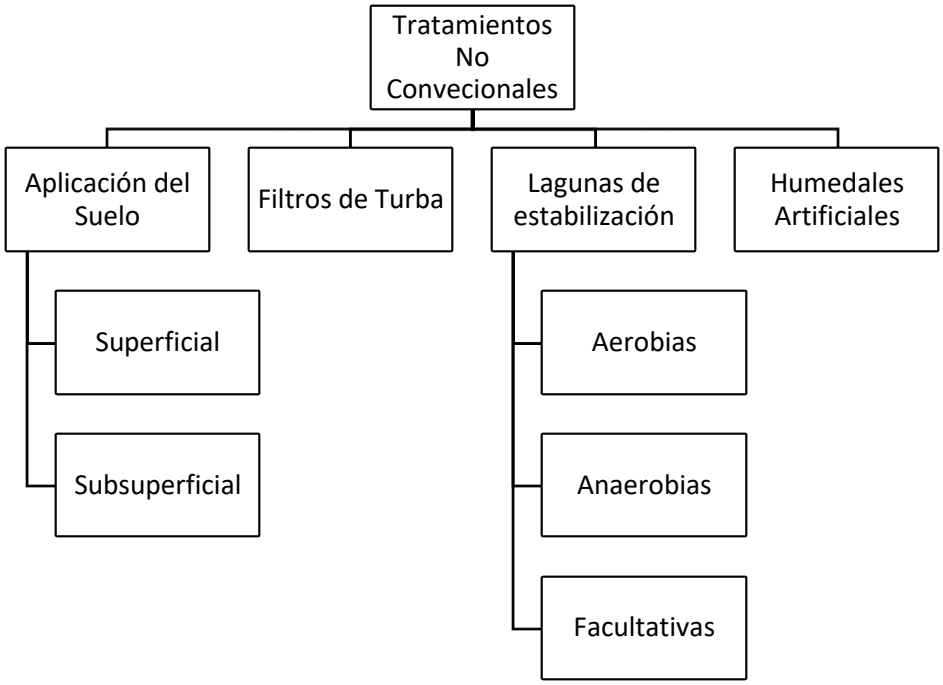
Los TCN deben ser utilizadas cuando los asentamientos humanos cumplen con las siguientes características: (i) los efluentes a descargar deben cumplir con criterios muy estrictos, (ii) son pequeñas y/o dispersas poblaciones, que como consecuencia de su tamaño conducen a que los costos de implantación, operación y mantenimiento sean muy elevados y (iii) poca capacidad técnica y económica para la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de AR.

Los procesos de los TCN utilizan procesos de las tecnologías convencionales como la degradación biológica, filtración, sedimentación. La diferencia entre los TC y TNC es la velocidad de tratamiento: los TC suceden en velocidades aceleradas mientras que los TCN ocurren en velocidades naturales (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

Esto es una ventaja para los TNC debido a que necesitan significativamente menos energía que los TC. Sin embargo, la desventaja es que requieren una superficie más extensa que los TC.

En resumen, los TNC (i) presentan un gasto energético mínimo o nulo, (ii) requieren operaciones y mantenimiento muy simples, (iii) son eficaces para el tratamiento de agua residual, (iv) el tratamiento de los lodos es simple y (iv) tienen bajo impacto ambiental.

En la siguiente gráfica se presenta la clasificación de los TNC:



Gráfica No. 1 - Clasificación de los TNC. Elaboración propia. Basado en: (Secretariado Alianza por el Agua, 2008)

2.4.3.2.1. Tratamientos por aplicación del suelo

Su objetivo es depurar las AR mediante el uso del suelo como medio depurador, este tipo de tratamiento se clasifica en aplicación superficial y subsuperficial.

- **Superficial**

Los métodos utilizados dentro de esta clasificación son: (i) infiltración rápida, (ii) escorrentía superficial y (iii) filtro verde.

La experimentación y utilización de estos métodos han sido realizados en zonas áridas como una alternativa para el riego de cultivos y reciclaje de agua de una manera sostenible (Alvarez Bernal, Contreras Ramos, & Poggi Varaldo, 2002)

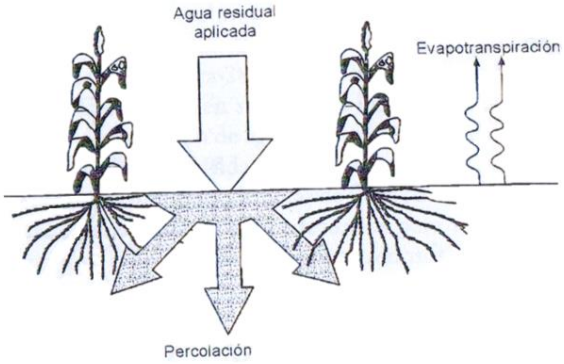
Este tipo de sistemas requieren un pretratamiento:

- Filtros verdes e infiltración rápida requieren de una sedimentación primaria
- Escorrentía superficial se requiere de un desbaste

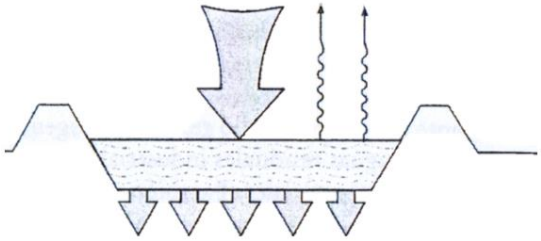
En la siguiente tabla se presenta la descripción de los tipos de tratamiento por aplicación del suelo superficial:

	Filtro Verde/ Irrigación/ Infiltración Lenta	Infiltración Rápida	Escorrentía Superficial	Fuente
Descripción	Mediante un método de riego se aplica las AR sobre un terreno con vegetación, el agua abona sus constituyentes al suelo.	Se inunda con AR un terreno con gran permeabilidad.	Las AR se aplica sobre un terreno con vegetación y que después son recogidas mediante zanjas de recolección.	(Romero, 2005)
Área requerida (m^2/hab)	8-20	2-20	2.5-6	(Universidad Técnica Particular de Loja, 2010)
Pendiente del terreno	<20% terrenos cultivados, <40% en no cultivados	No es crítica	1-8 %	(Secretariado Alianza por el Agua, 2008)
Vegetación	Necesaria	Opcional	Necesaria	(Alvarez Bernal, Contreras Ramos, & Poggi Varaldo, 2002)
Permeabilidad del suelo	Moderadamente permeable 0.2-50 cm/h	De alta permeabilidad > 5 cm/h	Baja permeabilidad <0.5 cm/h	(Romero, 2005)
Calidades esperadas				
DBO (mg/l)	< 2	2	10	(Romero, 2005)
SS (mg/l)	<1	2	15	
N_{total}	3	10	5	
P_{total}	<0.1	1	4	

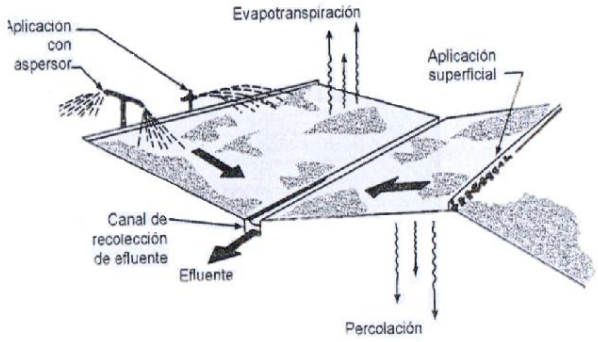
Tabla No. 2 - Tipos de tratamiento por aplicación del suelo tipo superficial.



a) Infiltración Lenta / Filtro Verde / Irrigación



b) Infiltración Rápida



c) Escorrentía Superficial

Figura No. 1- Tipo de tratamiento por aplicación del suelo superficial: a) Infiltración Lenta / Filtro Verde / Irrigación, b) Filtración Rápida, c) Escorrentía Superficial (Romero, 2005)

Para el diseño de estos sistemas se debe tener en cuenta dos parámetros:

Carga hidráulica	Es el volumen de AR aplicadas por unidad de área de terreno en un determinado tiempo. Este puede ser calculado en función: - Cultivo, cuando existe. - Capacidad de adaptación del suelo.
Superficie	Es el área a ocupar por el sistema de tratamiento, está en función de la carga hidráulica.

Tabla No. 3- Principales aspectos para el diseño tratamiento por aplicación del suelo tipo superficial. (Álvarez Vega, 2002)

La selección del terreno es el factor más importante de este tipo de tratamientos y depende de: (i) la permeabilidad del suelo, (ii) el tipo de cultivo o vegetación, (iii) la tasa de aplicación y (iv) el tratamiento previo (Environmental Protection Agency, 2004).

El bajo costo, el aumento de las producciones agrícolas, la recarga de acuíferos y la posibilidad de aplicación en lugares donde las temperaturas son bajo 0° C son las ventajas que presentan estos sistemas (Environmental Protection Agency, 2004).

Aunque estas son contrarrestadas por la posibilidad de la contaminación de los cuerpos hídricos cercanos cuando se realiza un mal diseño (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

- **Subsuperficial**

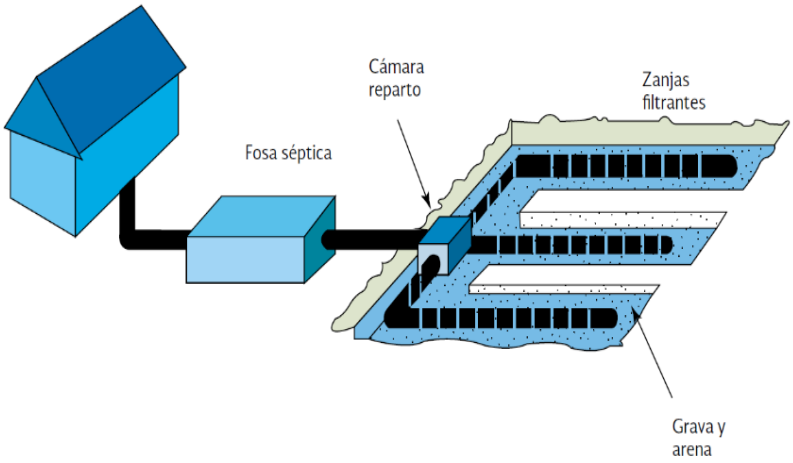
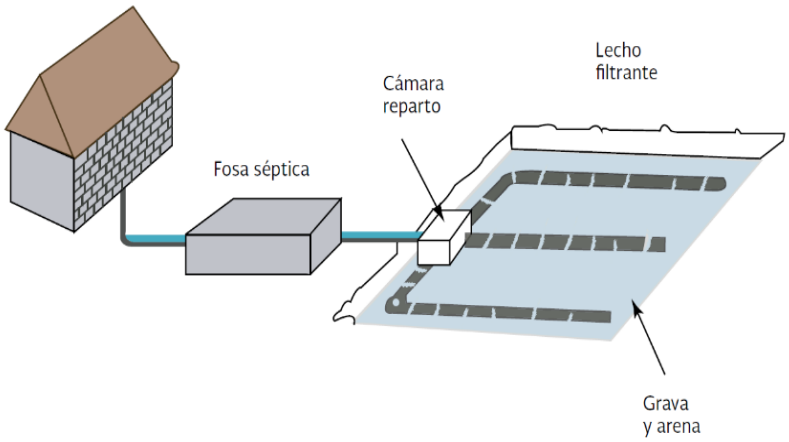
Las AR que se conducen a estos sistemas deben tener un tratamiento preliminar y primario (tanque séptico o tanque Imhoff, construidos en sitio o prefabricados) para que posteriormente el agua sea distribuida bajo la superficie mediante tuberías perforadas (Comisión Nacional del Agua, 2016).

La aplicación de estos sistemas se limita a aglomeraciones humanas muy pequeñas generalmente viviendas unifamiliares y vecindarios, generalmente son utilizadas como soluciones autónomas, es decir, que pueden ser usadas por una sola vivienda (Collado Lara, 2006).

El tratamiento es de manera aerobia por lo que el suelo no debe ser compactado y la aplicación de las AR debe ser de manera intermitente (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

Entre los sistemas de tratamiento subsuperficial se encuentra: (i) zanjas filtrantes, (ii) lechos filtrantes, (iii) pozos filtrantes y (iv) filtración intermitente de arena (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Se presenta la descripción de los tipos de métodos existentes para el tratamiento de aguas residuales por aplicación del suelo subsuperficial:

	Descripción	**Gráfica**
Zanjas	Sistemas poco profundos de gran superficie de implantación, compuesto por una serie de tuberías ubicadas dentro de zanjas con fondo de grava y arena, de máximo 1 m de profundidad.	
Lechos	Sistemas poco profundos de mediana superficie de implantación, compuesto por una serie de tuberías ubicadas dentro de un lecho de grava y arena.	

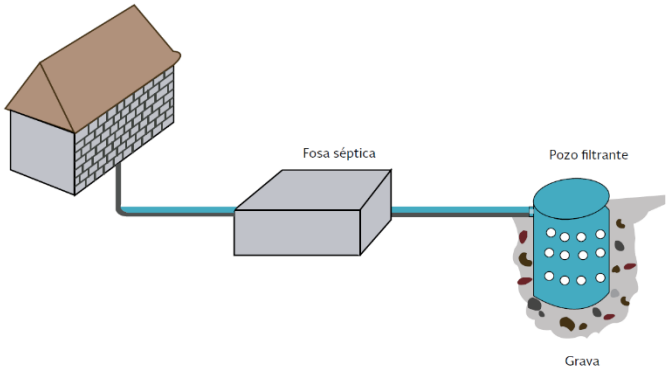
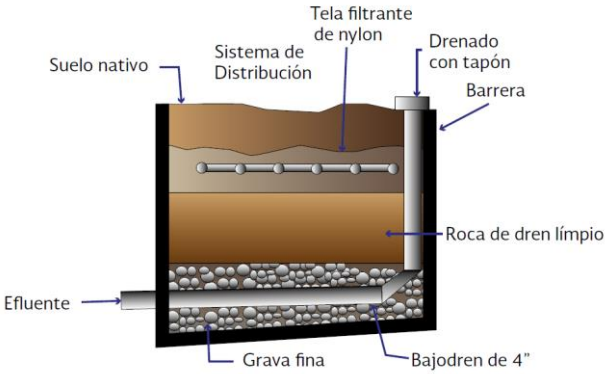
	Descripción	Gráfica
Pozos	Sistemas cuya superficie vertical filtrante es mayor a su superficie de implantación.	
Filtración intermitente con arena	Consiste en hacer pasar el agua a través de un lecho filtrante compuesto por vegetación, arena y otro material granular. El efluente tratado es recogido por tuberías subterráneas.	

Tabla No. 4 - Tipos de tratamiento de aplicación tipo subsuperficial del terreno. (Comisión Nacional del Agua, 2016)

2.4.3.2.2. Lechos de turba

También denominado filtros de turba, cosiste en la filtración del agua residual a través de turbas que es el que actúa como el material filtrante cuyo efluente es recogido en el inferior del sistema mediante algún mecanismo de recolección como pueden ser zanjas o tuberías de recolección (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

Este tipo de sistema requiere de un tratamiento preliminar y primario que puede ser un tanque séptico o un tanque Imhoff, está destinado desde viviendas unifamiliares hasta para 200.000 habitantes equivalentes (Monson & McCarthy, 1999).

La turba es el resultado de la descomposición lenta de las plantas debido a las condiciones excesivamente húmedas, toma entre 100 a 500 años producir 30 cm de turba (Gustafson, Anderson, & Christopherson, 2001).

La primera vez que se puso a prueba este sistema fue en la década de 1970 en Virginia-Minnesota, donde se observó que la remoción de DBO, sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes era mucho más efectiva que otros sistemas convencionales, además que se adaptaban a las condiciones del lugar (Monson & McCarthy, 1999).

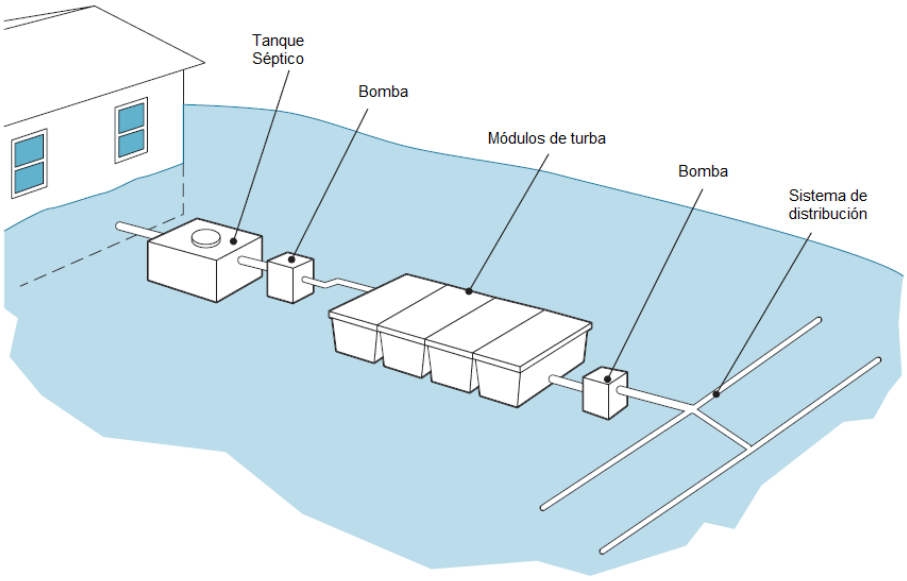
Según Salas, Pidre y Fahd (2007) establecen que, aunque la turba trabaje con el mismo principio que el de los tratamientos aplicados al suelo, la turba presenta una ventaja que esta al ser más porosa existe más espacio que puede ser ocupado por el agua y el aire, pero sufren el peligro de compactación por lo que es necesario determinar lo que puede provocar la compactación de la turba.

Los porcentajes de remoción de los lechos de turbas son DBO del 75% al 85%, sólidos en suspensión del 80% al 90%, nitrógeno del 40% al 50% y de fósforo del 20% al 30% (Salas, Pidre, & Fahd, 2007)

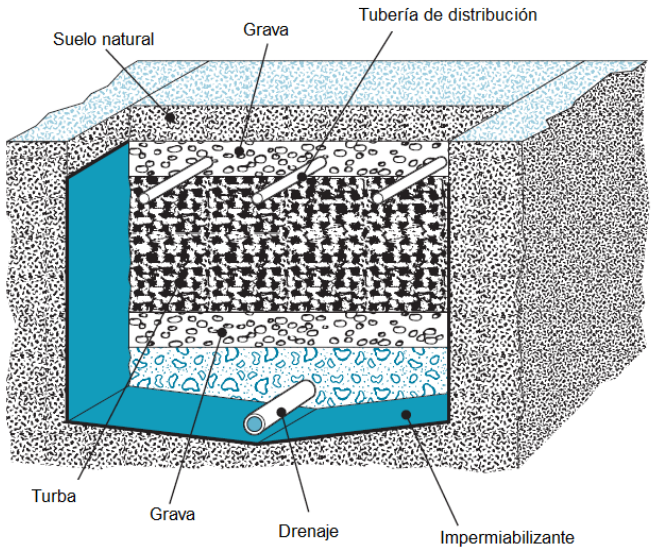
El sistema de lechos de turba es utilizado en lugares donde el suelo es impermeable o demasiado permeable, y pueden ser de dos tipos modulares y filtros alineados, ambos constan de tres partes: (i) sistema de distribución de agua residual, (ii) la turba y (iii) el sistema de recolección (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

La diferencia se presenta en que los tipos modulares son sistemas prefabricados de PVC mientras que los filtros alineados son construidos en el sitio, las profundidades de estos filtros van de 60 cm a 75 cm que se encuentran recubiertos por encima y debajo con capas de arena o grava de 10 cm a 20 cm (Gustafson, Anderson, & Christopherson, 2001).

En la Figura No. 2 - a) Disposición de los elementos para el funcionamiento de un lecho de turba, b) Corte transversal de un lecho de turba. Adaptado de: se puede apreciar la disposición del sistema de tratamiento por medio de turbas de tipo modular y de una vista en corte del lecho de turba.



a) Disposición de los elementos para el funcionamiento de un lecho de turba



b) Corte transversal de un lecho de turba

Figura No. 2 - a) Disposición de los elementos para el funcionamiento de un lecho de turba, b) Corte transversal de un lecho de turba. Adaptado de: (Gustafson, Anderson, & Christopherson, 2001, p. 2)

A medida que el sistema va funcionando la velocidad de infiltración de las aguas va disminuyendo por la obstrucción por lo que cada 10 a 12 días se debe detener el lecho y realizar el mantenimiento (Gustafson, Anderson, & Christopherson, 2001).

En la siguiente gráfica se presenta las etapas en las que funciona un lecho de turba:

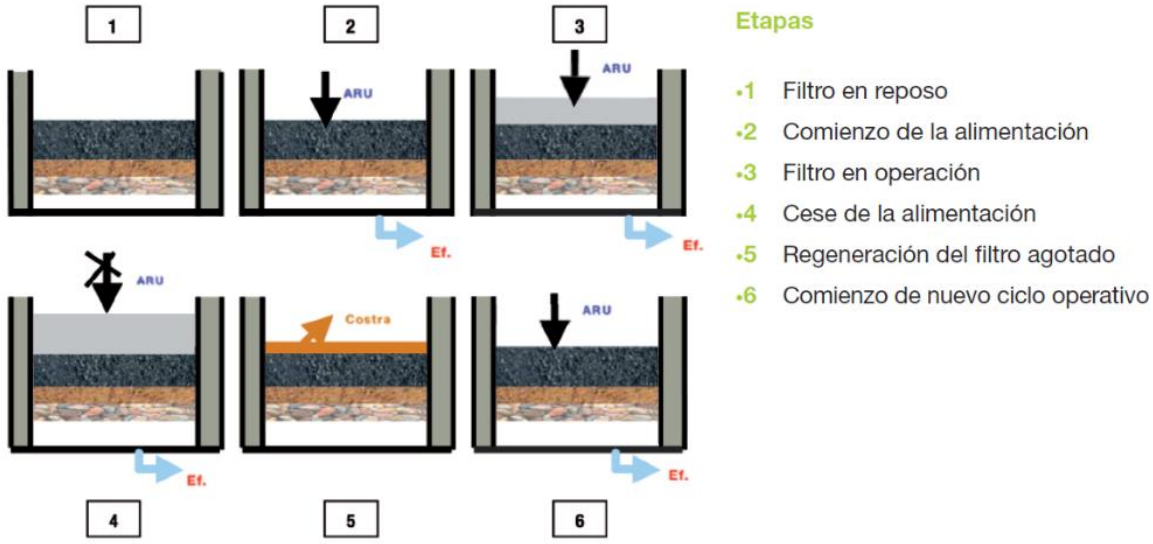


Figura No. 3 - Proceso de actuación lecho de turba. (Salas, Pidre, & Fahd, 2007, pág. 29)

2.4.3.2.3. Lagunas de estabilización

Este sistema se asemeja a la depuración natural que tienen los ríos y lagunas, consiste en un depósito construido en donde las AR reposan por un cierto tiempo de retención en el que se produce la estabilización de la materia orgánica mediante la acción de bacterias, algas y/u otros organismos (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Este tipo de tratamiento nació a inicios del siglo XX, cuando notaron que las aguas almacenadas en los embalses que eran destinadas para la agricultura tenían mejor calidad que las arrojadas a los cuerpos hídricos (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

Este tipo de tratamiento requiere que las AR pasen por un tratamiento preliminar y primario, para luego llegar a las lagunas de estabilización donde se recomienda que estas deben estar en serie de tres o más (Tilley, y otros, 2018).

Las lagunas de estabilización se pueden clasificar en función de varios aspectos, pero generalmente se las clasifica por reacción biológica dominante, es decir, que el tipo de microrganismos va a definir el tipo de laguna (Figura No. 4 - Lagunas de estabilización), entre ellas tenemos: (i) aerobia, (ii) facultativa y (iii) anaerobia (Comisión Nacional del Agua, 2016), cuyas características se presentan a continuación:

	Anaerobia	Facultativa	Aerobia/Maduración	Fuente
Descripción	La depuración de las AR se realiza en ausencia de oxígeno. La remoción de los sólidos se realiza mediante la sedimentación para posteriormente la digestión anaerobia dentro de los lodos que se encuentran en el fondo. Las bacterias anaerobias convierten el carbón orgánico en gas metano.	La estabilización de la materia orgánica se realiza en tres zonas. La superficial que es la que actúa en presencia de oxígeno, la zona del fondo que actúa de manera anaerobia y la intermedia en la que parcialmente actúan las bacterias anaerobias, aerobias y facultativas	Las AR son depuradas en la presencia de oxígeno, este tipo de lagunas garantiza la presencia de luz solar en toda su superficie con el fin de que las algas presentes puedan realizar la fotosíntesis, esto quiere decir que los niveles de oxígeno serán mayores durante el día. Aquí la producción de lodos es inexistente.	(Comisión Nacional del Agua, 2016)
Profundidad	2-5 m	1-2.5 m	0.5-1.5 m	(Tilley, y otros, 2018)
Objetivo	Retención de los sólidos sedimentables y flotantes. Estabilización de lodos.	Degradación de la materia orgánica por la presencia de oxígeno.	Remoción de patógenos mediante el elevado pH que se produce por la presencia de algas.	(Secretariado Alianza por el Agua, 2008)
Tiempo de retención	1-7 días	5-30 días	3-5 días	(Tilley, y otros, 2018)
pH	6-8	<9 últimos días de la tarde	<9.2 aprox. las 24 horas del día	(Comisión Nacional del Agua, 2016)
Calidades esperadas				
DBO	<70%	75-85%	80-95%	(Comisión Nacional del Agua, 2016)

Tabla No. 5 - Tipos de Lagunas de Estabilización.

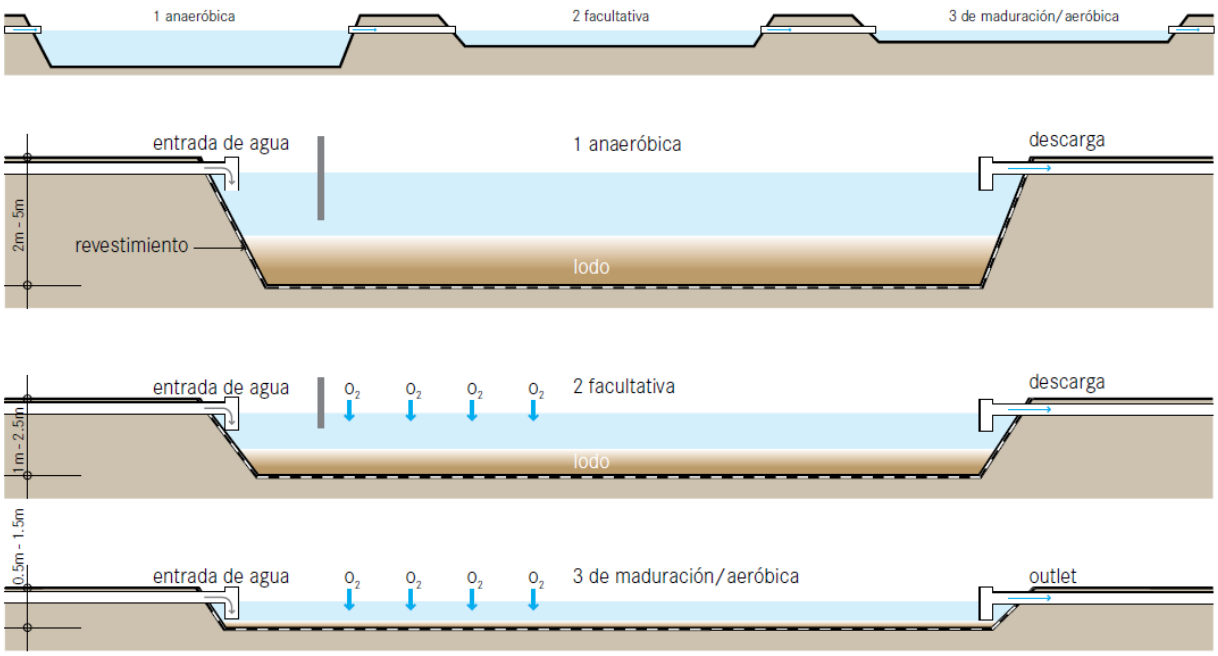


Figura No. 4 - Lagunas de estabilización (Tilley, y otros, 2018, pág. 110).

Para el diseño de las lagunas de estabilización se requiere: el caudal total, el valor de la DBO, la temperatura del mes más frío, la relación ancho-largo, entre otros parámetros (Castro, 2017).

Las lagunas de estabilización descritas en la Tabla No. 5 - Tipos de Lagunas de Estabilización., se puede evidenciar en Figura No. 4 - Lagunas de estabilización, de igual manera se puede apreciar el orden en el que se debe disponer las lagunas para llegar a un 99.6% de eficiencia en lo que respecta a tratamiento biológico (Tilley, y otros, 2018).

El mantenimiento de las lagunas consiste en la extracción de espumas que se pueden producir en la parte superior y de igual manera las plantas acuáticas, ya que pueden ser criadores de mosquitos (Tilley, y otros, 2018).

Cuando las lagunas de estabilización se combinan con otros sistemas se las conocen como lagunas con tratamientos complementarios. Entre estos tratamientos se encuentran: (i) Tratamientos por aplicación del suelo y (ii) Humedales artificiales (HA) (Comisión Nacional del Agua, 2016).

2.4.3.2.4. Humedales artificiales (HA)

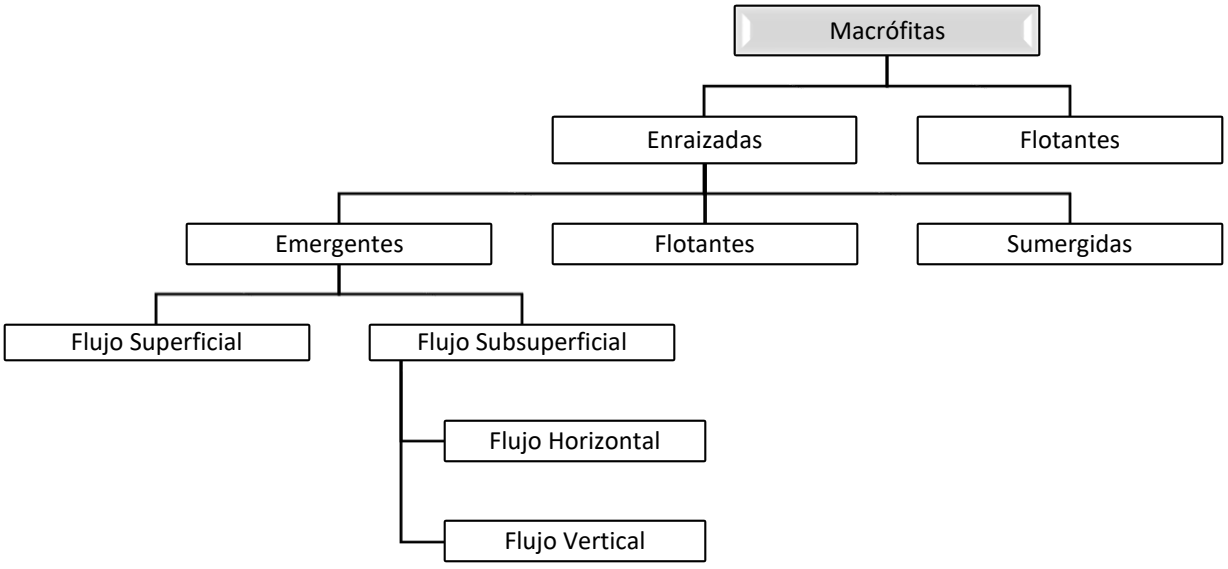
Los humedales naturales son ecosistemas importantes para el desarrollo de los seres vivos; se creía comúnmente que eran inundaciones de terreno, por lo que las aguas que reposaban en estos sitios eran drenadas, pero para la actualidad se conoce que las aguas mejoran su calidad debido al proceso de filtración que utiliza como medio de filtración a las plantas hidrófitas (Salas J. , 2018).

La observación sobre los humedales naturales determinó evidentemente que las aguas que eran vertidas mejoraban su calidad al salir a los cuerpos de agua, por lo que se comenzó la investigación sobre ellos con humedales construidos o más conocidos como humedales artificiales (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Los HA funcionan bajo tres fundamentos: (i) el aporte de oxígeno proveniente de los vegetales, (ii) la actividad biológica de los microorganismos y (iii) el lecho que sirve como material filtrante y como apoyo de las raíces de los vegetales (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

La vegetación empleada para la depuración de las AR en los HA se denomina macrófitas, que son aquellas plantas que pueden vivir en medios inundados durante largos periodos de tiempo (Fernández, Beascoecha, Muñoz, & Curt, 2014).

La clasificación de estos sistemas de tratamiento se realiza mediante el tipo de vegetación que se utiliza para la depuración, como se explica a continuación:



Gráfica No. 2 - Clasificación de los Humedales Artificiales. Elaboración Propia. Adaptado de: (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010, pág. 9)

El presente trabajo se enfocará en las macrófitas enraizadas flotantes y emergentes con su respectiva clasificación.

- **Macrófitas enraizadas flotantes**

Macrófitas enraizadas flotantes	
Descripción	El agua residual pasa a través de las raíces de la vegetación, por lo que la eficiencia de remoción se evalúa como un sistema de reactor tipo pistón.
Diseño	Los parámetros de diseño se toman de las condiciones de las lagunas anaerobias con ciertas modificaciones, debido a que la vegetación está dispuesta en toda la superficie del espejo del agua por lo que reducen la relación entre la luz y el oxígeno con el agua residual.
Ventaja y desventaja	La gran ventaja es que las raíces al estar en contacto directo con las AR permiten una gran actividad depurada esto se ve contrarrestado por la deficiencia de producción de biomasa debido a las condiciones anaerobias que se presentan esto representa periodos de retiro o cosecha cortos además de ser un criadero de moscos si no se produce el correcto mantenimiento.
Rendimientos	Los porcentajes de remoción: 90.2%-95% de DBO, 21%-91% sólidos suspendidos, 50%-80% de fósforo y nitrógeno.
Ejemplos de vegetación	Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), lechuga de agua (*Pistia strartiotes*), lentejas de agua (*LemnaSpp., Spirodella Spp.).*

Tabla No. 6 - Macrófitas Flotantes (Martelo & Lara Borrero, 2012).

El consumo de nutrientes por parte de las plantas puede aportar hasta un 10% de remoción de nutrientes (Romero, 2005) específicamente pueden consumir entre 6.50-26.57 g/m^2 de nitrógeno y entre 0.24-1.48 g/m^2 de fósforo (Haiming, y otros, 2015).

En la Figura No. 5 - Esquema de un humedal con macrófitas enraizadas flotantes. Adaptado de: se puede apreciar un esquema de un humedal con macrófitas enraizadas flotantes.

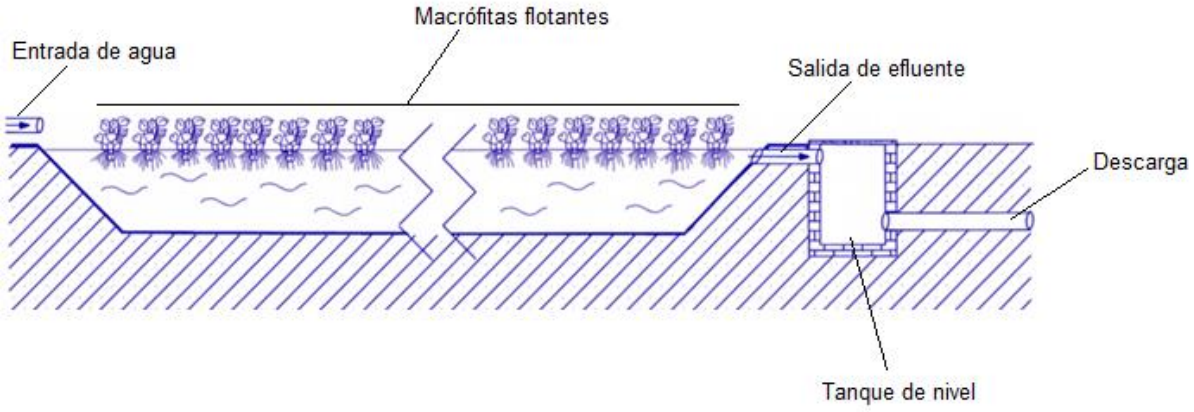


Figura No. 5 - Esquema de un humedal con macrófitas enraizadas flotantes. Adaptado de: (Fernández, Beascoecha, Muñoz, & Curt, 2014, pág. 83)

- **Macrófitas enraizadas emergentes**

Son los métodos más utilizados en Europa y Estados Unidos en lo que se refiere a tratamiento de AR con plantas acuáticas, por lo que se han desarrollado varios sistemas de depuración: (i) humedal artificial de flujo superficial (*Free Water Surface*, FWS) y (ii) humedal artificial de flujo subsuperficial (*Subsurface Flow*, SSF).

Ambos sistemas utilizan como vegetación la espadaña o enea (*Typha sp*.), el carrizo (*Phragmites australis*) o los juncos (*Juncus sp*.) para la depuración de aguas (Fernández, Beascoecha, Muñoz, & Curt, 2014).

La diferencia entre los sistemas FWS y SSF, es el por donde y cómo circulará el agua a tratar, pero ambos sistemas requieren de sistemas de pretratamiento y tratamiento primario estricto para el correcto funcionamiento (Comisión Nacional del Agua, 2016).

El sistema de HA debe considerar varios aspectos para la implantación, uno de los aspectos más importantes es el sitio de implantación las recomendaciones generales son que se debe conservar una distancia de 7-10 km del último registro de AR de una vivienda aunque este valor puede ir variando según el tamaño de la población y las características del agua a tratar (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Las condiciones climáticas afectan al funcionamiento de los HA, estos sistemas son óptimos para los sitios con climas tropicales o subtropicales (Dong-Qing, y otros, 2015) mientras que para los climas fríos según Mo, Dong-Qing, Jian Wen, & Soon Kea (2017) aseguran que los porcentajes de remoción de DBO y sólidos suspendidos se mantienen igual que los climas

cálidos; sin embargo, en lo que respeta a nitrógeno y fósforo las remoción es deficiente por lo que se debe tomar precauciones y además se sugiere que el diseño debe ser con la temperatura de congelamiento.

A continuación, un esquema de los tipos de HA:

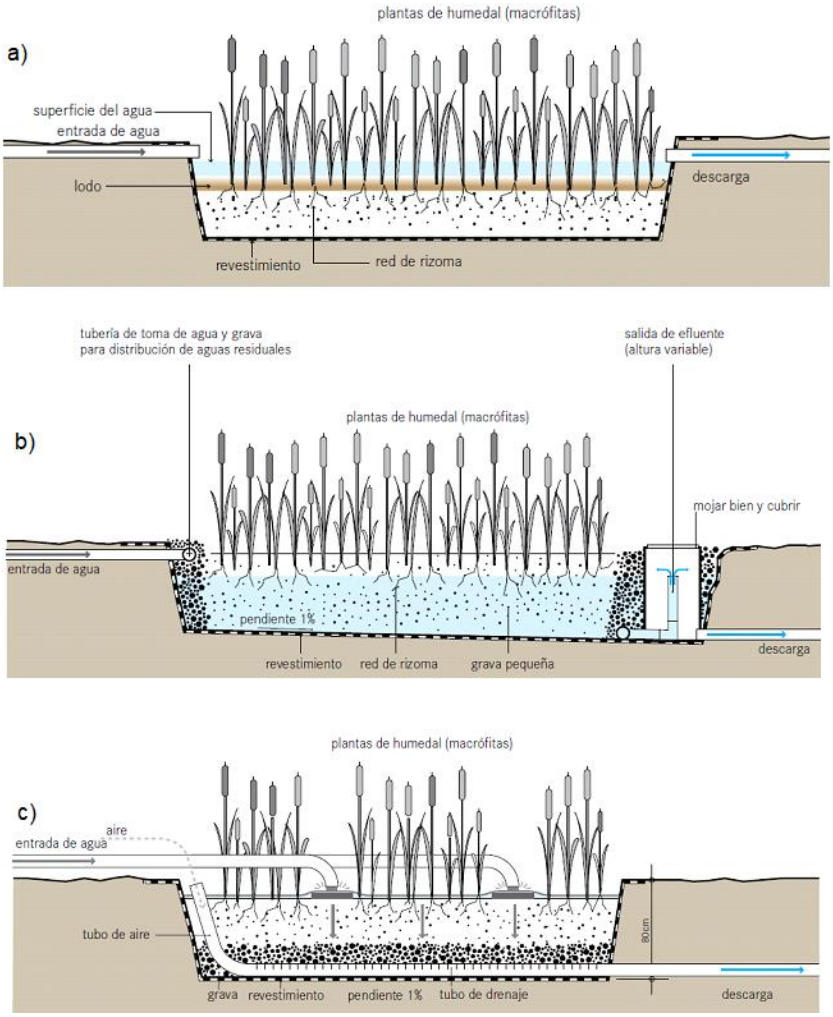


Figura No. 6 - a) Humedal de flujo superficial, b) Humedal de flujo subsuperficial horizontal, c) Humedal de flujo subsuperficial vertical. (Tilley, y otros, 2018, págs. 114, 116, 118)

En los sistemas de FWS, las AR circulan por encima del suelo haciendo que tomen contacto directo con la atmósfera, la luz solar y los tallos de las plantas; permitiendo que la laguna funcione de manera aerobia en la parte superficial y en el fondo las raíces liberan oxígeno que permiten crear un entorno de actividades biológicas y químicas mucho más complejas que una laguna anaerobia (Tilley, y otros, 2018).

Para el diseño de los sistemas FWS, la profundidad de estos sistemas es de menos de 40 cm y la profundidad de agua debe ser mayor a 15 cm, los tiempos de retención oscilan entre los 6-7 días (Environmental Protection Agency, 1988).

Los sistemas SSF, consisten en hacer circular el agua a tratar a través de un medio granular donde se encuentran las raíces de las macrófitas y pueden ser de dos tipos: flujo horizontal y flujo vertical.

Se presenta las características de los tipos de los sistemas SSF:

	Flujo Horizontal	**Flujo Vertical**	**Fuente**
Condiciones	Se presentan condiciones anaerobias y facultativas, aunque las raíces pueden aportar cantidades pequeñas de oxígeno	El agua es aplicada en fases de 4 a 10 veces al día, por lo que se presentan condiciones aerobias, mientras que las aguas percolan al medio no saturado, y condiciones anaerobias cuando el agua está en un medio saturado	(Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).
Área	5-10 m^2/hab	1-3 m^2/hab	(Tilley, y otros, 2018)
Planta común	Carrizo	Carrizo y Enea	(Environmental Protection Agency, 2000)

Tabla No. 7 - Clasificación de Humedales Artificiales Subsuperficiales

Los rendimientos de los humedales SSF varían en función de varios factores como el clima y el tipo de vegetación empleada para el tratamiento, pero comúnmente se tiene un porcentaje de remoción entre 85-95% de DBO, 85-95% de sólidos suspendidos, 20-30% de nitrógeno y 15-30% de fósforo (Secretariado Alianza por el Agua, 2008).

2.4.4. Tratamiento terciario.

Son procesos físicos, químicos y biológicos cuyo objetivo es remover las sustancias objetables que no han sido removidas en niveles previos como el color, olor, dureza, nitrógeno, fósforo,

entre otros (Castro, 2017). Además, busca llegar a una calidad de agua tal que pueda ser reutilizable para el consumo humano y actividades recreativas (Valdez & Vázquez, 2003).

Este nivel de tratamiento se lo aplica cuando los pasos previos ya han eliminado con eficiencia los organismos/sólidos objetivos y cuando las exigencias de las normas para descargas de efluente son más rigurosas.

Los procesos utilizados para este son: (i) separación de sólidos en suspensión, (ii) adsorción en carbón activo (separación de compuestos orgánicos), (iii) intercambio iónico, (iv) osmosis inversa, electrodiálisis, (v) oxidación química (cloración y ozonación), (vi) métodos de eliminación de nutrientes (eliminación de nitrógeno y fósforo) (Ramalho, 2003).

En el Ecuador, para el tratamiento de las aguas se aplica el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Reforma del Libro VI Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua (2015).

Según el anexo de la norma mencionada, en el numeral 2.44 se refiere a que el tratamiento convencional para efluentes consiste en un tratamiento primario y uno secundario, pero no se contempla aún el tratamiento terciario.

2.5. Normativa aplicable.

2.5.1. Normativa para descargas.

En la siguiente tabla se presenta la normativa de descarga vigente en Ecuador y México, además de una guía de reutilización de agua de la US EPA.

Nombre	País/Año	Descripción
Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua LIBRO VI ANEXO 1	Ecuador/ 2015	Establece los límites para arrojar efluentes con el fin de conservar los recursos hídricos, integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.
Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997	México/ 1997	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Nombre	País/Año	Descripción
Guidelines for Water Reuse	Estados Unidos/ 2012	No es una normativa son sugerencias de procesos, técnicas, métodos y valores para el reúso del agua.

Tabla No. 8 - Normativa de descarga.

2.5.2. Normativa y guías para diseño.

Se presente la normativa y guías que serán aplicadas para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales piloto.

Norma o Guía	País/Año	Descripción
Design Manual. Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment	Estados Unidos/ 1988	Establece una sugerencia de diseño para humedales artificiales de tipo superficial y subsuperficial.
Código Ecuatoriano de la Construcción. C.E.C. Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.	Ecuador/ 1992	La Décima Parte - Sistema de tratamiento de Aguas Residuales establece los procesos convencionales y facilidades que conforman una planta de tratamiento de aguas residuales, tanto para tratamiento de aguas residuales domésticas como industriales, previa a su descarga al cuerpo receptor. A demás la Quinta Parte – Captación y Conducción de Abastecimiento de Agua Potable y la Octava Parte – Sistemas de Alcantarillado nos permitirá calcular la población y con ello el caudal promedio.
NOM-006-CONAGUA-1997: Fosas sépticas prefabricadas	México/1997	Establece la normativa que rige para las fosas sépticas prefabricadas, especificaciones técnicas y métodos de prueba.

Norma o Guía	País/Año	Descripción
Manual. Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater	Estados Unidos/ 2000	Establece una sugerencia de diseño para humedales artificiales de tipo superficial y subsuperficial.
Manual de Tecnologías No Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales.	España/ 2007	El capítulo III, IV y V presentan las guías de diseño para el diseño, implantación y operación de lagunas de estabilización, humedales artificiales y lechos de turba respectivamente.
Manual de depuración de aguas residuales urbana	España-BID/2008	Es un completo manual en el que se detalla el proceso, diseño, operación y mantenimiento de los tratamientos no convencionales: suelo, lagunas de estabilización, lechos de turba, humedales artificiales.
Norma Ecuatoriana de la Construcción-Norma Hidrosanitaria NHE Agua	Ecuador/ 2011	Sugiere las dotaciones para edificaciones de uso específico, el cual servirá para determinar el caudal medio diario anual.
Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado	México/ 2011	En el libro 4 sugiere el cálculo de caudales para el sistema de alcantarillado.
Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales	México/ 2016	En sus libros 26-Tratamiento Primario, 27-Lagunas de Estabilización. 30-Humedales Artificiales, 36-Tratamientos no Convencionales sugiere el proceso de diseño. Mientras que en el libro 31-Plantas de Tratamiento Municipales, 47-Operación y Mantenimiento de Lagunas de Estabilización explican la operación y mantenimiento.

Tabla No. 9 - Normativa/Guía para el diseño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES Y DE LOS SISTEMAS EXISTENTES DE SUMINISTRO DE AGUA Y DESCARGA EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE.

3.1. Información general.

3.1.1. Ubicación

Desde el 7 de julio del 2008, el campus Nayón de la PUCE se encuentra ubicado en el sector Congreso Nacional de la parroquia rural de Nayón perteneciente al cantón Quito, provincia de Pichincha, a aproximadamente 4.5 km del centro del poblado de Nayón. En la siguiente imagen se presenta la ubicación espacial del campus:



Ortofotografía No. 1 - Ubicación del Campus PUCE Nayón (Google Inc.)

El campus se ubica en las coordenadas 785784.60 m este, 9980548.07 m sur y a una altura entre los 2200 a 2500 m.s.n.m. Se encuentra delimitado al este por la calle San Pedro; al oeste por las calles De los Eucaliptos y De las Orquídeas; al norte por la quebrada abierta-rellenada, Anita Huaycu; y al sur, por la quebrada abierta, Uraurcu.

En el siguiente mapa se presenta los accesos al campus de Nayón:

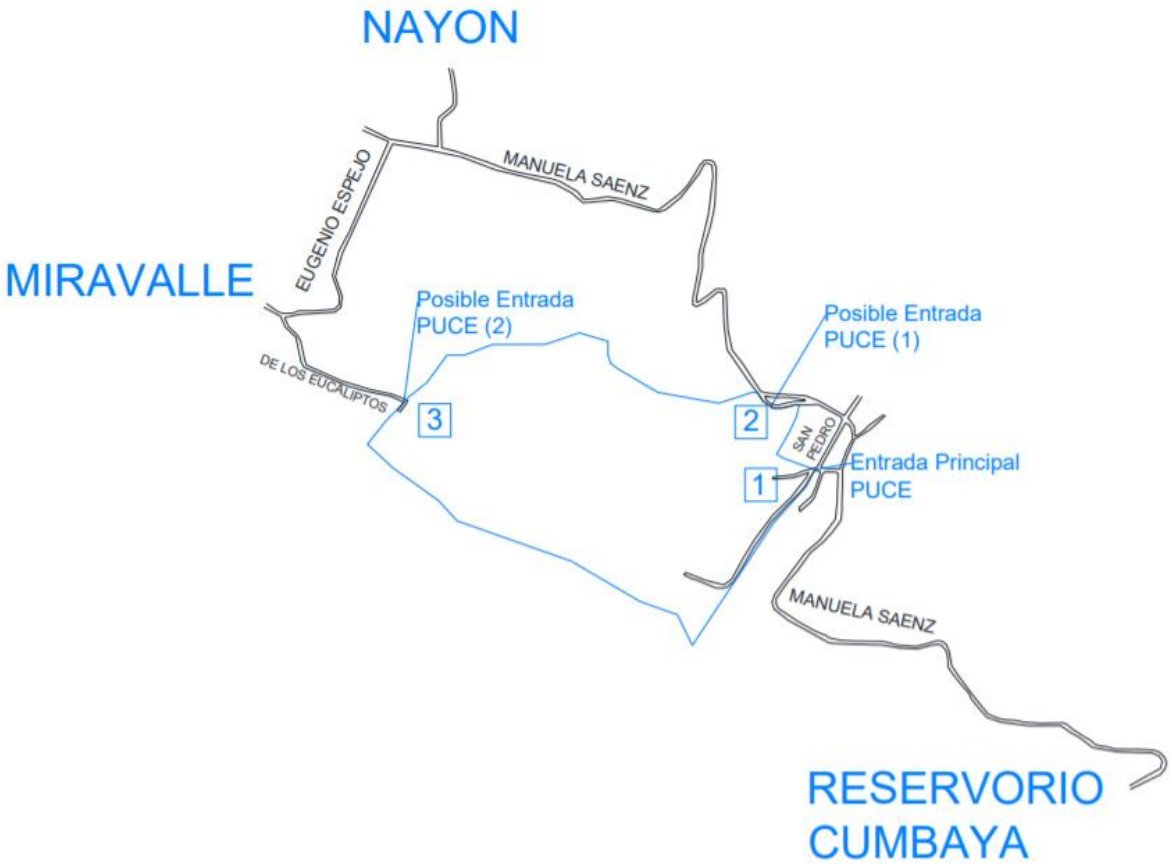


Figura No. 7 - Accesos al campus PUCE de Nayón. Elaborado por: (Enriquez & López, 2019, pág. 25)

3.1.2. Condiciones climáticas.

Para describir las condiciones climáticas se tomará en cuenta los registros realizados por la estación meteorológica M1156-Granja Santa Ana Nayón del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), ubicada dentro del campus Nayón de la PUCE.

3.1.2.1. Temperatura

Para describir la temperatura de la zona se ha tomado en cuenta que para el posterior diseño de la PTAR piloto se requiere de la temperatura media anual del mes más frío de la zona, por lo que se ha procedido a analizar las temperaturas máximas, promedio y mínimas del registro de los meses de enero a diciembre entre los años 2007-2012, que corresponden al periodo de funcionamiento de la estación en cuestión.

Se presenta en la siguiente tabla, un resumen de las temperaturas medias anuales, temperaturas máximas y temperaturas mínimas:

Año / Descripción	2012	2011	2010	2009	2008	2007	Promedio	D.E.	C.V.
MAX anual (°C)	25.4	24.6	25.1	25.3	23.5	24.7	24.8	0.637	2.57%
Media anual (°C)	17.0	16.5	17.0	17.1	16.1	16.7	16.7	0.350	2.09%
MIN anual (°C)	9.0	9.9	9.9	10.1	10.4	6.2	9.3	1.429	15.37%

D.E.= Desviación Estándar C.V.= Coeficiente de variación

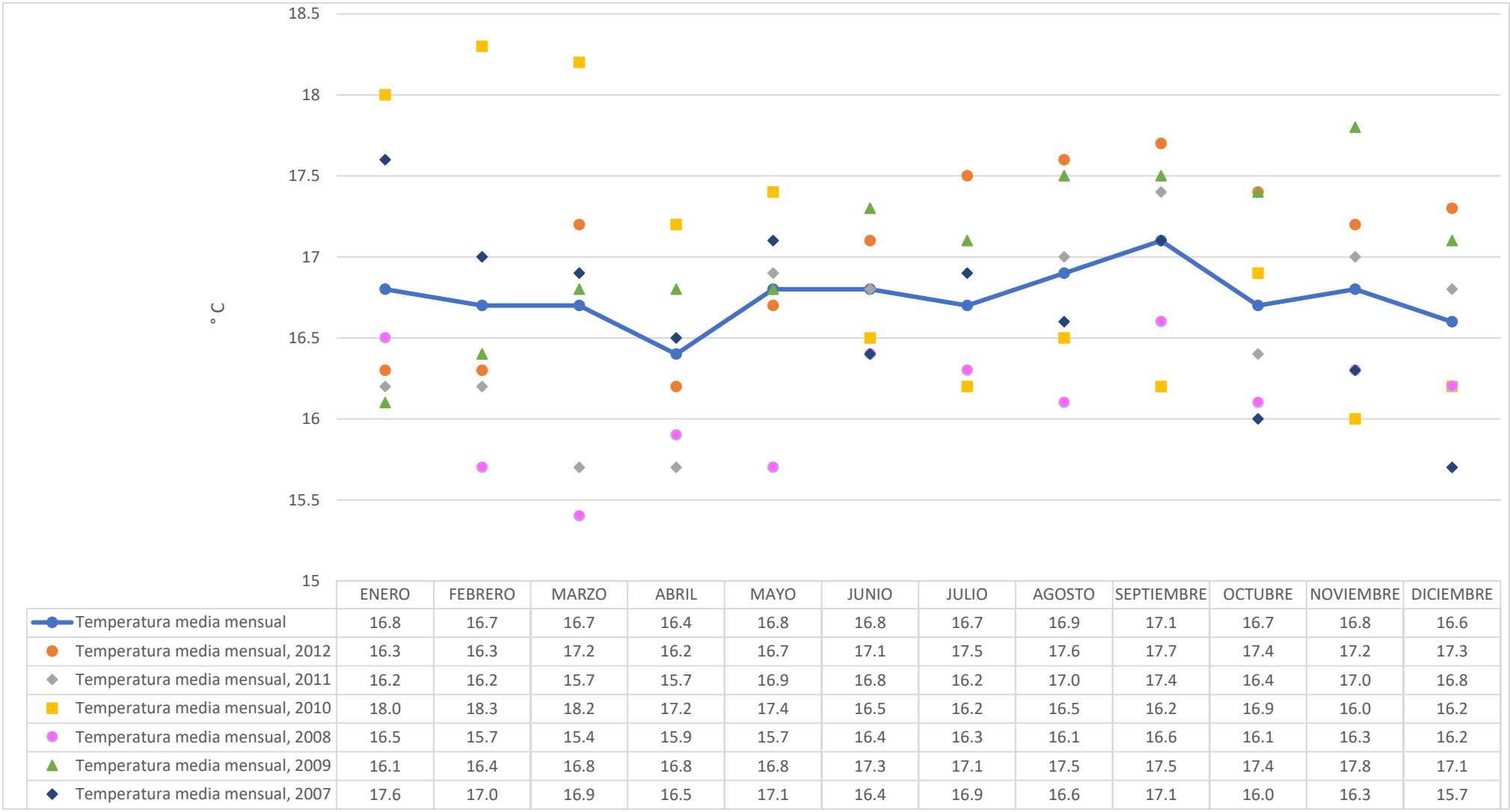
Tabla No. 10 - Registros de temperaturas anuales de la estación M1156 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012).

Para el análisis de la temperatura se han obtenido las desviaciones estándares, calculadas con MS Excel, y los coeficientes de variación fueron obtenidos a partir del cociente entre la desviación estándar y el promedio. Con ello, se puede estudiar la variación de la temperatura en los años de registros cuya variación más significativa se presenta con las temperaturas mínimas.

La zona puede registrar temperaturas entre los 9.3°C en horas de la noche y la madrugada, y una máxima de hasta 24,8°C al mediodía (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012).

Como se mencionó anteriormente, el diseño requiere de la temperatura media del mes más frío, para ello, se procedió a obtener el promedio de temperatura por cada mes entre los años registrados, siendo así abril el mes más frío del año con una temperatura media mensual de 16.4 °C.

En la siguiente gráfica, se puede constatar que, el mes de septiembre es el más caluroso con una temperatura media mensual histórica de 17.1°C y el mes de abril el más frío con una temperatura media histórica de 16.4°C (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012):



	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Temperatura media mensual	16.8	16.7	16.7	16.4	16.8	16.8	16.7	16.9	17.1	16.7	16.8	16.6
Temperatura media mensual, 2012	16.3	16.3	17.2	16.2	16.7	17.1	17.5	17.6	17.7	17.4	17.2	17.3
Temperatura media mensual, 2011	16.2	16.2	15.7	15.7	16.9	16.8	16.2	17.0	17.4	16.4	17.0	16.8
Temperatura media mensual, 2010	18.0	18.3	18.2	17.2	17.4	16.5	16.2	16.5	16.2	16.9	16.0	16.2
Temperatura media mensual, 2008	16.5	15.7	15.4	15.9	15.7	16.4	16.3	16.1	16.6	16.1	16.3	16.2
Temperatura media mensual, 2009	16.1	16.4	16.8	16.8	16.8	17.3	17.1	17.5	17.5	17.4	17.8	17.1
Temperatura media mensual, 2007	17.6	17.0	16.9	16.5	17.1	16.4	16.9	16.6	17.1	16.0	16.3	15.7

Gráfica No. 3 - Temperaturas medias mensuales de la estación M1156-Granja Santa Ana Nayón – PUCE (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012).

3.1.2.2. Pluviosidad

Se presenta en el Anexo No. 2 - Precipitaciones totales mensuales, las sumas mensuales de las precipitaciones del registro entre los años 2007-2012, evidencia mediante las desviaciones estándares (D.E.) que los valores son muy dispersos, es decir, que no existe un patrón a seguir, así como sucedía en la temperatura.

A pesar de eso, se puede establecer que en los meses de junio a septiembre poseen menos precipitaciones que el resto

Para Serrano y otros (2012) concluyen que en Quito y sus valles las precipitaciones son muy irregulares debido a la altitud y al relieve, pero que no hay que descartar que la urbanización es una de las posibles causas de estas irregularidades y que por tanto, en el DMQ no se puede establecer un patrón de precipitaciones.

3.1.2.3. Humedad Relativa

Este parámetro define los niveles de pluviometría, cuando los valores son bajos, difícilmente hay presencia de lluvias. Para la determinación, se ha ocupado la humedad relativa media anual del registro entre los años 2007-2012, en el Anexo No. 3 - Humedades Relativas se presentan los valores registrados.

Se obtiene un promedio de humedad relativa media interanual es del 75 %, siendo los meses de agosto y septiembre los que menos humedad presentan, lo que indica que es la temporada de menos precipitaciones.

Aunque el clima requiere de un mayor análisis estadístico para definirlo, brevemente, para Pourrut, Róvere, Romo, & Villacrés (1995), el clima de una zona puede ser definida por la temperatura media anual y la precipitación total anual. Tal clasificación se presenta en la siguiente tabla:

Tipo de Clima	Variables Anuales		
	Altura de lluvias (mm)	Temperatura media anual (°C)	Humedad Relativa anual (%)
Tropical Megatérmico semi-árido	≤ 500	$22 \leq T$	$50 < h < 70$
Tropical Megatérmico seco a semihúmedo	$500 \leq P \leq 1000$	$22 \leq T$	$60 < h < 85$
Tropical Megatérmico húmedo	$1000 \leq P \leq 2000$	$22 \leq T$	$70 < h < 90$
Tropical Megatérmico muy húmedo	$2000 < P$	$22 \leq T$	$90 < h$
Ecuatorial Megatérmico semihúmedo a húmedo	$600 < P \leq 2000$	$12 \leq T \leq 22$	$65 < h < 85$
Ecuatorial Megatérmico seco	$P \leq 600$	$12 \leq T \leq 22$	$50 < h < 80$
Ecuatorial frío de alta montaña	$800 \leq P < 2000$	< 22	$80 < h$
Ecuatorial Insular	$200 < P \leq 2000$	≤ 22	$50 < h < 80$

Tabla No. 11 - Clasificación de los climas en el Ecuador. Adaptado de: (Pourrut, Róvere, Romo, & Villacrés, 1995).

Considerando que se definió 16.7°C la temperatura media anual, con precipitaciones medias de 952.8 mm y con una humedad relativa de 75%, se define al clima en el campus Nayón como ecuatorial megatérmico semihúmedo a húmedo.

Este tipo de clima es el más característico de la región andina, donde sus temperaturas pueden oscilar entre los 0°C y 30°C. Según Pourrut, Róvere, Romo, & Villacrés (1995), las épocas lluviosas se encuentran de octubre a noviembre y de febrero a mayo; y la estación seca de junio a septiembre, lo que es corroborado por los registros de la estación.

3.1.3. Topografía.

Para la caracterización se ha utilizado los planos topográficos provistos por Planta Física de la PUCE que se encuentra en el Anexo No. 4 - Topografía del campus Nayón PUCE.

El campus tiene su mayor elevación en el lado noroeste con 2512 m.s.n.m. y su menor elevación en la zona noreste, con una elevación de 2371 m.s.n.m.

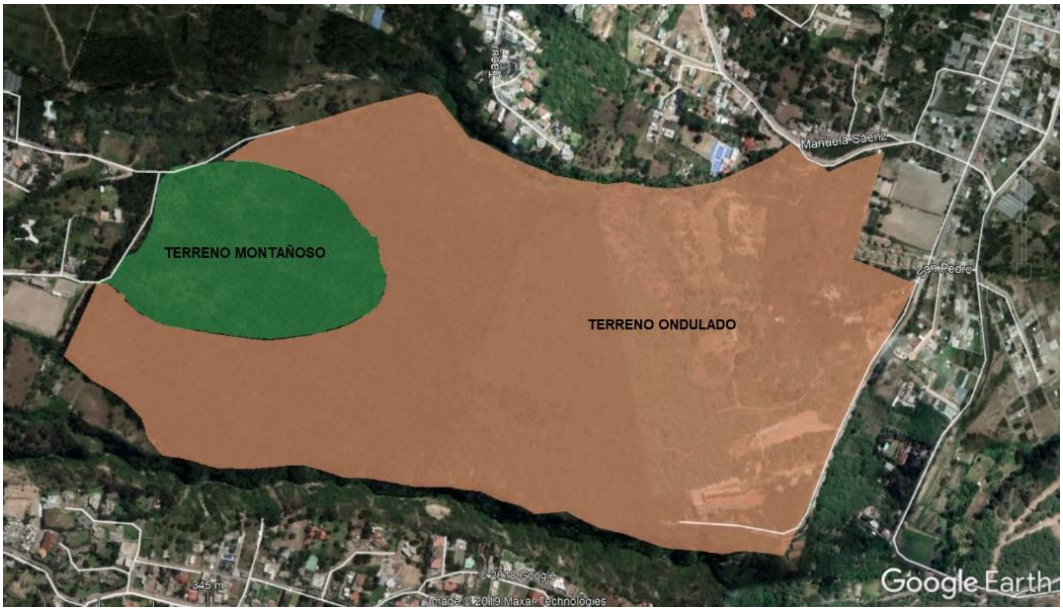
Para el análisis de la topografía se ha tomado como base la sección de geoforma y topografía de la Guía de la descripción de Suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009), en la que se establece que:

Intervalo (%)	Tipo de terreno
0-3	Llano
3-12	Ondulado
12-20	Montañoso
20-35	Muy Montañoso
> 35	Escarpado

Tabla No. 12 - Clasificación de terrenos con equidistancias de 10 m. (Organiciación de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009)

En general, el terreno posee pendientes en sentido oeste-este, entre el 3%-12% definiéndolo, así como un terreno ondulado. La zona boscosa, al noroeste del campus, posee pendientes, en sentido oeste-este, entre el 12%-15% por lo que se lo puede definir como un terreno montañoso.

En la siguiente ortofotografía modificada se presenta el análisis de pendientes del terreno:



Ortofotografía No. 2 - Tipo de terreno. Adaptado de: (Google Inc.)

Dentro del campus, existen depresiones de poca profundidad sobre todo en la zona boscosa y cercanas a la quebrada del lado sur del campus. El terreno donde se encuentran las

edificaciones actuales posee una pendiente uniforme de menos del 10%, con pocas depresiones.

Los planos topográficos, presentados en el Anexo No. 4 - Topografía del campus Nayón PUCE, se encuentran en el sistema Transversal Mercator para Quito (TMQ), que son las coordenadas que se utiliza únicamente en el DMQ. Para la transformación de coordenadas de UTM y WGS84 al sistema TMQ se ocupará el programa provisto por la Secretaría General de Planificación.

3.1.4. Uso de suelo.

El uso de suelo para las áreas urbanas y rurales del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se encuentra definido en función de la Ordenanza Metropolitana No. 0127: Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del DMQ del año 2016, cuyo anexo es el Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS), es el instrumento de regulación metropolitana en el que se establece los parámetros y normas para el uso de suelo.

El Informe de Regulación Metropolitana (IRM) es el instrumento metropolitano que contiene la información sobre las especificaciones obligatorias que rigen a un predio y que deben ser revisadas antes de iniciar el proceso de habilitación del suelo (Gobierno Electrónico del Ecuador, 2019).

El IRM del predio del campus Nayón de la PUCE se lo obtuvo mediante el número de predio a través de una consulta en línea para el campus Nayón de la PUCE, se divide en tres zonas cuyas características se presentan a continuación:

Zona	Forma de Ocupación del suelo	Uso de Suelo	Clasificación del Suelo
Z2 (ZC)	(Z) Áreas de promoción	(E) Equipamiento	Rural
A31 (PQ)	(A) Aislada	(PE/CPN) Protección Ecológica/Conservación del Patrimonio Natural	Rural
Z2 (ZC)	(Z) Áreas de promoción	(E) Equipamiento	Urbano

Tabla No. 13 - Uso de Suelo Campus Nayón PUCE. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2019)

En dos de las tres zonas corresponde a (E) Equipamiento, es decir, que según la ordenanza No. 0127 del DMQ el terreno está destinado para el desarrollo de actividades para servicios sociales como educación, salud, bienestar social, deportes, salud, infraestructura y equipamientos especiales.

Para la zona de (PE/CPN) Protección Ecológica/Conservación del Patrimonio Natural, se establece que su objetivo es la conservación de la diversidad biológica que existe.

La ordenanza permite el desarrollo de actividades dentro de este tipo de uso de suelo siempre y cuando los parámetros de construcción sean amigables con el medio ambiente y mientras que el proyecto a implantarse sea compatible con el medio.

Para edificar dentro del campus se debe tomar en cuenta las afectaciones/protecciones, como el proyecto de la troncal metropolitana, los retiros de quebradas y accidentes geográficos.

Además, por ser zona de protección, se debe presentar un informe técnico en el que se dé razón sobre las actividades constructivas a realizar dentro del espacio solicitado, para con ello obtener el permiso de construcción por parte del Ministerio del Ambiente.

3.1.5. Acceso a servicios públicos.

En la siguiente tabla se presenta una lista de comprobación de los servicios públicos que posee el campus Nayón y que se lo realizó en conjunto en una visita al sitio el jueves 11 de julio del 2019.

No.	Servicio	Tiene acceso		Observaciones
		SI	NO	
Servicios básicos				
1	Red de agua potable	X		Se encuentra conectado a la red pública de abastecimiento de agua potable de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) del DMQ.
2	Red de alcantarillado	X		Conectado a la red pública de alcantarillado de la EPMAPS del DMQ.

No.	Servicio	Tiene acceso		Observaciones
		SI	NO	
Servicios básicos				
3	Recolección de desechos sólidos	X		Se encuentra en competencia de la Empresa Pública Metropolitana de Aseo (EMASEO) del DMQ.
4	Electricidad	X		Provisto por la Empresa Eléctrica de Quito (EEQ).
5	Caminos de acceso	X		Un solo ingreso al campus por la calle adoquinada San Pedro y que se conecta al poblado de Nayón por las calles asfaltadas 19 de Diciembre y Manuela Sáenz. El mantenimiento de las vías está bajo la responsabilidad de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP) del DMQ y el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Nayón.
6	Acceso a las telecomunicaciones	X		Con acceso a redes de telefonía móvil y fija, internet y correo, servicios prestados por empresas privadas y amparadas bajo la ley de Prestación de Servicios de Correo y Teléfonos en Parroquias Rurales.
7	Servicio de gas	X		Encargado por distribuidores particulares, y regulado bajo la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH).

No.	Servicio	Tiene acceso		Observaciones
		SI	NO	
Servicios básicos				
6	Transporte público	X		**Bus:** La ruta alimentadora Nayón del circuito de la Ecovía, sale de la estación Río Coca y llega a la intersección de las calles San Pedro y Manuela Sáenz (cerca a la entrada principal del campus), se encuentra bajo supervisión de la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros del DMQ. **Taxis:** cuenta con servicio de cobertura de taxis, cinco compañías se encargan, entre ellas la cooperativa de taxis Santa Ana de Nayón, que es la más cercana al campus. **Camionetas:** al ser un poblado rural cuenta con la autorización del transporte en camionetas, las compañías 26 de Julio y 29 de Junio son las operativas en la zona.
9	Salud pública	X		El centro de salud Nayón es el más cercano al campus. Se encuentra ubicado en Antonio José de Sucre y Huayna Cápac a 5 km del campus.
Servicios de emergencia				
10	Bomberos	X		Bomberos Quito son los encargados del monitoreo permanente del sector, la estación de bomberos más cercana es la que se encuentra en Cumbayá a 6.6 km del campus.

No.	Servicio	Tiene acceso		Observaciones
		SI	NO	
Servicios de emergencia				
11	Policía	X		Cuenta con la seguridad de la Policía Nacional, bajo jurisdicción de la Unidad de Policía Comunitaria (UPC) de Nayón, se encuentra a 5 km del campus.
12	Emergencias	X		El campus tiene acceso al Servicio Integrado de Seguridad del ECU911.

Tabla No. 14 – Acceso a servicios públicos del campus Nayón de la PUCE.

3.2. Descripción del campus Nayón de la PUCE.

3.2.1. Superficie.

En el Anexo No. 5 - Informe de Registro Metropolitano del campus Nayón de la PUCE, se presentan los datos del lote en el que consta un área de terreno de 740.000 m^2 y un área construida de 283 m^2 (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2019).

3.2.2. Infraestructura existente en el campo.

La infraestructura existente en el campus corresponde a menos del 1% de la superficie total del campus. Entre la infraestructura existente y en funcionamiento se encuentran:

- **Edificio del Centro de Investigaciones para la Salud de América Latina (CISeAL)**

Es la infraestructura que se encuentra en funcionamiento desde el 2016, su principal objetivo es la investigación de las enfermedades infecciosas en el Ecuador. Tiene una superficie total construida de 9,381 m^2, distribuidos en 6 plantas.

Se encuentra localizada aproximadamente en la coordenada UTM[1] 786151.56 m-9980187.07 m, a 690 m de la entrada del campus. La infraestructura cuenta laboratorios, oficinas, salas de reunión, consultorios clínicos, cafetería, aulas, instalaciones sanitarias y terraza descubierta.



Fotografía No. 1 - Edificio CISeAL

- **Estación meteorológica Nayón-Granja Santa Ana**

En funcionamiento desde el año 2006, su objetivo medir y registrar regularmente las condiciones meteorológicas como la temperatura, precipitación, velocidad de los vientos y humedad.

Junto a la estación se encuentran pequeñas estructuras que funcionan como laboratorios.

[1] Universal Transversal Mercator: Sistema de georreferencia



Fotografía No. 2 – Estación Meteorológica Nayón-Granja Santa Ana

- **Bodegas y vestidores**

Es infraestructura provisional destinada para el almacenamiento de materiales y vestuario para los trabajadores encargados del mantenimiento de las instalaciones.



Fotografía No. 3 - Bodegas y Vestuarios

- **Laboratorio de Suelos**

El laboratorio de materiales de construcción de la PUCE cuenta con una extensión en el campus Nayón, cuyo funcionamiento actualmente es para el análisis de suelos y prácticas con los estudiantes de ingeniería civil.



Fotografía No. 4 Laboratorio de Suelos de la PUCE

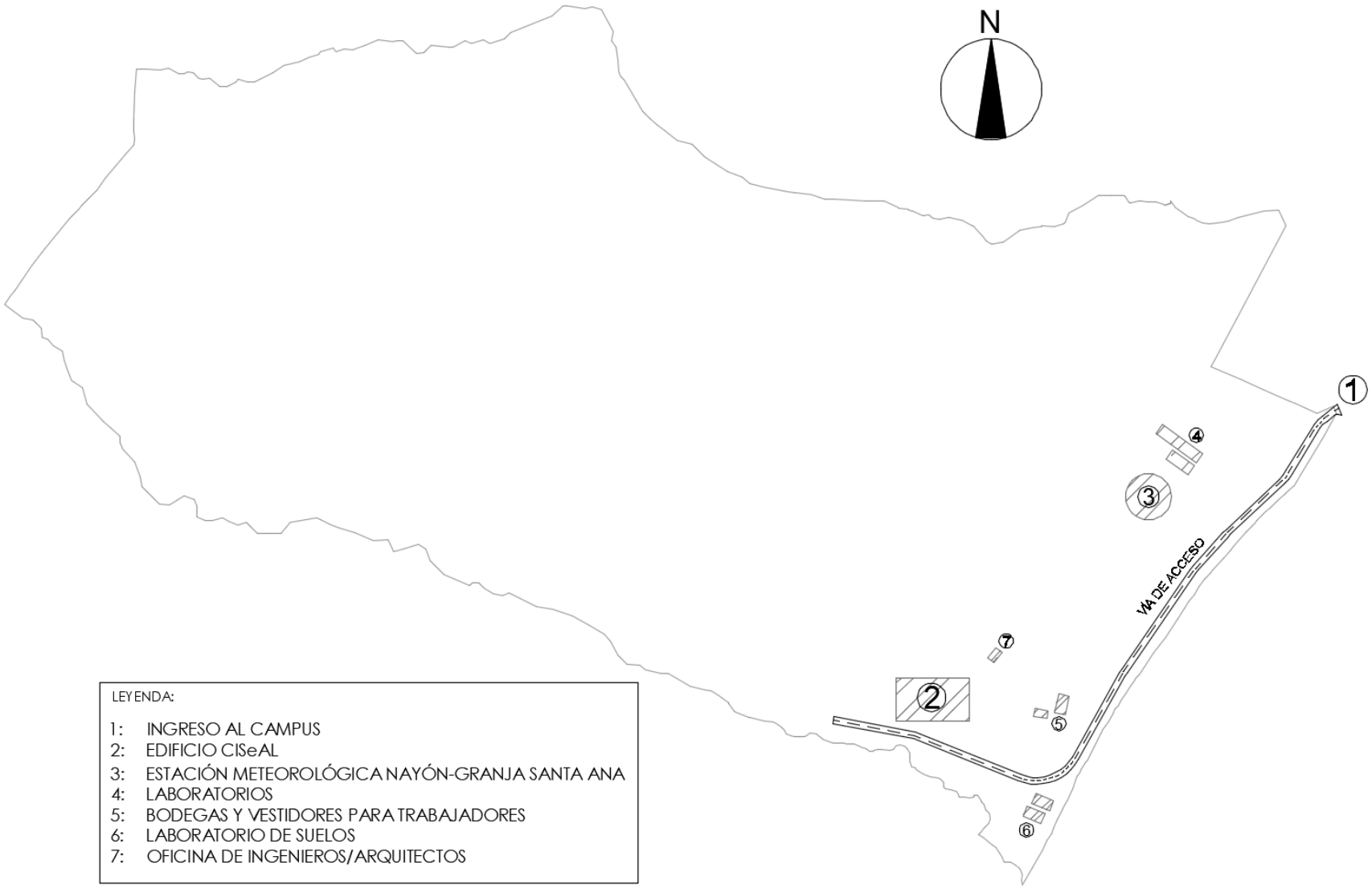
- **Oficinas de proyectos**

La oficina se encuentra habilitada y en ella se realiza la administración de la construcción del campus.



Fotografía No. 5 - Oficina de administración de obra

A continuación, se presenta el siguiente mapa en el que se indica la ubicación de las infraestructuras mencionadas:



Mapa No. 1 - Ubicación de la infraestructura existente en el campus Nayón PUCE.

3.2.3. Infraestructura proyectada.

La infraestructura para edificarse en el campus fue presentada en la revista No. 23 actualidad de la PUCE, en el año 2010.

A continuación, se presenta el mapa del plan maestro del campus Nayón:



Mapa No. 2 - Plan Maestro Campus PUCE Nayón. (Dirección de Comunicación institucional y Relaciones Públicas PUCE, 2010)

En la siguiente tabla se presenta la infraestructura proyectada dentro del campus:

Infraestructura	Descripción
Facultad de Ciencias Bilógicas (primera etapa)	Compuesto por 7 edificios distribuidos en tres bloques destinado para oficinas de los docentes, botánica, zoología de y microbiología, genética y biología molecular.
Biblioteca	Compuesta por 2 bloques

Infraestructura	Descripción
Facultad de Ciencias Médicas	En proyección se encuentran aproximadamente 4 bloques.
Facultad de Ciencias Agrícolas	Compuesto por dos bloques.
Administración y equipamiento	Destinada exclusivamente a la administración del campus y compuesta por 2 bloques.
Residencias	Destinada para el alojamiento de estudiantes, investigadores y visitantes.
Centro de convenciones	Espacio destinado para el uso de conferencias, simposios, congresos.
Unidad educativa	En el noroeste del campus se encontrará una unidad educativa sección básica y bachillerato.
Áreas recreativas	Compuesta por una serie de espacios destinado para el deporte, cuyo principal espacio es el estadio del equipo de fútbol profesional de la Universidad Católica.
Troncal Metropolitana de Quito	En el informe técnico del proyecto definitivo sobre la troncal metropolitana de Quito (2018), se establece que esta carretera con una proyección de circulación de más de 8000 vehículos al día atravesará el campus Nayón de la PUCE. Esta carretera tendrá un ancho total de 46.3 m e incluirá, 3 carriles de vehículos, aceras, ciclovía por sentido y un parterre central.
Ingresos	Se incrementarán 3 ingresos; al oeste, por la calle Los Eucaliptos; al norte y al sur por la Troncal Metropolitana de Quito.
Circulación	Se construirá una serie de caminos que comunicarán las distintas infraestructuras dentro del campus; entre ellas calles para la circulación vehicular y caminerías para la circulación peatonal.

Tabla No. 15 - Infraestructura proyectada. (Dirección de Comunicación institucional y Relaciones Públicas PUCE, 2010)

3.3. Descripción del sistema de agua potable y alcantarillado.

3.3.1. Agua Potable

La red actual de agua potable tiene una fuente de abastecimiento proveniente de dos conexiones domiciliarias que se toman de la red principal de agua potable de las urbanizaciones San Pedro del Valle e Inchapichu. La calidad del agua de abastecimiento es responsabilidad de la EPMAPS por lo que no se presenta tratamientos previos.

Actualmente tiene el 100% de cobertura para las infraestructuras existentes, un tanque de reserva de aproximadamente 100 m^3, el cual se ubica en una cota suficientemente alta para cumplir con los límites de presión estática y dinámica.

La red de agua potable es municipal, es decir, que la construcción y el diseño de las tuberías principales fueron realizadas por el Municipio del DMQ. El sistema de distribución del agua potable a las infraestructuras actuales y las proyectadas de la primera etapa la conforman una malla tuberías de PVC de diámetro nominal de 63 mm, cuyo funcionamiento es a gravedad.

El edificio del CISeAL es la única estructura que es ocupada actualmente y, por tanto, el principal y único consumidor. Su sistema de abastecimiento de agua potable se conforma de dos sistemas por separado, el primero de tuberías de polipropileno que conducen agua fría y que se distribuye en todo el edificio; y el segundo constituido por tuberías galvanizadas que conduce agua caliente, que puede alcanzar temperaturas de más de 20°C, y que se distribuye únicamente en el lado norte del edificio.

3.3.2. Alcantarillado

A diferencia de la red de agua potable, el sistema de alcantarillado fue diseñado y construido por la PUCE, y actualmente tiene el 100% de cobertura para las infraestructuras existentes.

El sistema de drenaje de aguas residuales del edificio del CISeAL está constituido por tuberías corrugadas de 160 mm y este es separado en: AR domésticas, lluvias y AR con residuos químicos.

De igual manera, la evacuación de las aguas de igual manera se puede dividir en dos: el lado norte en la que funcionan laboratorio y el lado sur donde funcionan oficinas y aulas.

Las AR domésticas son conducidas hasta las cajas de revisión, ubicadas al lado sur del edificio, para luego ser evacuadas al sistema de alcantarillado del campus. Las aguas con residuos químicos son evacuadas a las cajas de revisión del lado norte del edificio, y

posteriormente al alcantarillado del campus. Las AR provenientes de lluvias son conducidas a sus cajas de revisión, distribuidas en lado norte y sur del edificio, y arrojadas al alcantarillado.

Las tuberías de alcantarillado, que son las encargadas de recolectar todas las AR, tienen un diámetro de 210 mm que las conducen hacia a un drenaje colector que se encuentra al costado oeste de la vía de acceso y que evacúa las aguas hacia el sistema de alcantarillado público.

Finalmente, las AR son conducidas al alcantarillado público que se encuentra en la calle San Pedro, ubicada al este del campus.

A continuación, se presenta un esquema de las instalaciones de desagüe del nivel 0+000 del edificio del CISeAL.

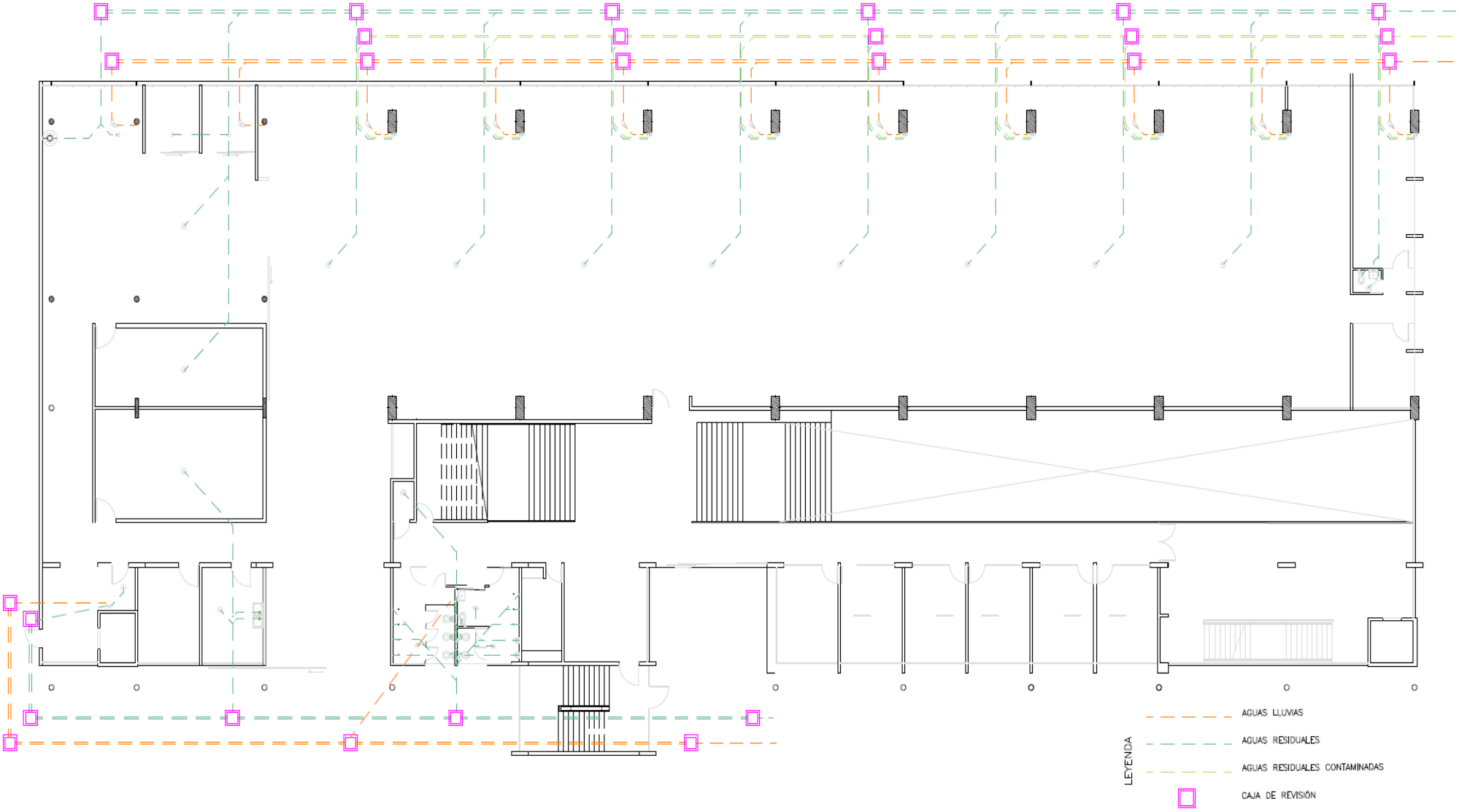


Figura No. 8 - Esquema de las instalaciones de desagüe. Edificio CISeAL, Nivel 0+000.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PILOTO.

4.1. Descripción y caracterización de efluentes a tratar.

4.1.1. Origen.

Las AR para tratar en este proyecto, provienen de la última caja de revisión del sistema de recolección de las AR, cuyo origen se da en los lavamanos, urinarios e inodoros del edificio del CISeAL, entonces se las puede definir como AR de origen doméstico.

El edificio cuenta con 5 pisos, cada uno tiene 2 inodoros para hombres, 3 para mujeres y 1 para personas con discapacidad; 3 lavamanos para hombre, 4 para mujeres y 1 para personas con discapacidad; y 2 urinarios en el baño para hombres.

Es necesario considerar que cada uno de los cuartos de baño tiene un sumidero de piso en el que se evacuan las aguas de limpieza. Además, los cuartos de baño del primer piso se encuentran en desuso debido a que no se realizan actividades.

4.1.2. Producción de aguas residuales

4.1.2.1. Población

Para determinar la producción de aguas residuales se ha tomado dos métodos para obtener la población.

En el primero, se levantó información sobre el uso de las piezas sanitarias, y en el segundo con los registros de entrada al edificio.

La información se la obtuvo mediante el registro de entrada a los baños entre las fechas del 11 de julio del 2019 al 18 de julio del 2019, en la que el personal debía marcar su entrada a los cuartos de baño en una matriz en la fecha que corresponda, sin importar la actividad que realice dentro de ésta.

Con los ingresos al baño registrados están presentados en el Anexo No. 6 - Registros de ingresos a los baños del edificio del CISeAL., se obtuvo un promedio de ingresos de 58 en una semana, con una desviación estándar de 26.45 y un coeficiente de variación de 45.61%.

Considerando estos resultados, se procedió a eliminar los días no laborales, sábado y domingo, con el fin de reducir el coeficiente y la desviación, así se obtuvo lo que se presenta en la siguiente tabla:

JUNIO 2019	TOTAL DE INGRESOS
Jueves 11	56
Viernes 12	58
Sábado 13	27
Domingo 14	14
Lunes 15	68
Martes 16	69
Miércoles 17	97
Jueves 18	74
PROM	71
DESV	14.760
COEF	20.79%

Tabla No. 16 - Ingresos a los cuartos de baño del edificio del CISeAL.

El segundo método consiste en tomar los registros de entrada como la población del edificio, presentados en el Anexo No. 7 - Registros de ingresos al edificio de CISeAL. Esta información fue entregada por parte la dirección administrativa del CISeAL en la que se obtuvo los registros del personal administrativo, docente y de estudiantes por día, durante los meses de abril, mayo y junio.

Para obtener el dato de la población, se procedió a obtener el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación con los ingresos diarios de cada mes por separado. Los resultados fueron los siguientes:

	ABRIL	MAYO	JUNIO
PROMEDIO INGRESOS DIARIOS	25	24	27
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	15.9502	14.1151	14.0951
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	63.80%	58.81%	52.20%

Tabla No. 17 - Resultados de los ingresos promedios por día al edificio del CISeAL

Los coeficientes de variación son bastante altos, esto debido a que los sábados, domingos y feriados son no laborables por lo que el número de personas en las instalaciones es muy bajo.

Por tanto, se procede a eliminar los días no laborables según el calendario de actividades académicas de la PUCE para Quito obteniendo los siguientes resultados:

	Abril	Mayo	Junio
PROMEDIO INGRESOS DIARIOS	36	33	35
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6.303	5.744	3.843
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	17.51%	17.41%	10.98%

Tabla No. 18 - Resultados de los ingresos en días laborables al edificio del CISeAL

De los ingresos de los días laborables durante tres meses, se obtiene los siguientes resultados:

Promedio: 35 ingresos diarios

Desviación Estándar: 5.333

Coeficiente de variación: 15.24%

Con los resultados por mes, se obtuvo un promedio de 35 ocupantes por día en el edificio del CISeAL, siendo esta la población que se ocupará para realizar las proyecciones de población.

El valor es seleccionado debido tiene menos variación que los resultados obtenidos por el registro de uso de los cuartos de baño. Para comprobar esto, se ha obtenido el intervalo de confianza al 95% mediante la siguiente ecuación:

$$u = \bar{x} \pm z\alpha_{/2} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Ecuación No. 1 - Intervalo de confianza.

Donde:

u: intervalo de confianza

$\bar{x}$: media aritmética

$z\alpha_{/2}$: coeficiente de confianza para el 95%=1.9599

σ: desviación estándar

n: número de elementos

Se toma como número de elementos (n) un valor de 61 días, que corresponde al número de días que se tomó en cuenta para el cálculo de los ingresos, que a su vez corresponde a los días laborables dentro del edificio.

Aplicando se obtiene:

$$u = 35 \pm 1.9599 \times \frac{5.333}{\sqrt{61}}$$

$$u_1 = 33 \; ; \; u_2 = 36$$

Entonces, se establece que un 95% de las veces, el número de personas que ingresan por día al edificio del CISeAL oscila entre 33 y 36 personas. Por tanto, el valor tomado de 35 personas es correcto.

4.1.2.2. Dotación

Para determinar el caudal de AR, se toma en cuenta que se tiene certeza de las actividades que se realizan en la edificación, estas actividades corresponden a las de oficina y actividades académicas.

Metclaf & Eddy Inc (2014) establecen las siguientes dotaciones para oficinas y actividades académicas:

Tipo de Edificación	Unidad	Dotación	Valor típico
Oficinas	litro/persona/día	26-60	50
Escuelas con cafetería	litro/estudiante/día	40-80	60

Tabla No. 19 - Dotaciones típicas según la actividad. (Metcalf & Eddy Inc., 2014, pág. 158)

De igual manera la Norma Hidrosanitaria NHE Agua (2011) del Ecuador, en la tabla 16.2 presenta las dotaciones típicas para edificaciones de uso específico, que se presentan a continuación:

Tipo de Edificación	Unidad	Dotación
Oficinas	litro/persona/día	50-90
Universidad	litro/estudiante/día	40-60

Tabla No. 20 - Dotaciones para uso específico de oficina y universidades. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda & Cámara de la Construcción de Quito, 2011)

Considerando que las actividades dentro del edificio en su mayoría son de administración, se toma el dato más conservador propuesto por Metclaf & Eddy Inc (2014) que es de 60 l/persona/día, y que además cumple con los parámetros propuestos por la norma rigente en el país.

4.1.3. Caracterización

Para la caracterización de las AR se contrató laboratorio de aguas y alimentos Labolab Cía. Ltda. certificado por Servicio de Acreditación Ecuatoriana, certificado de acreditación: SAE LEN 18-001 para realizar el análisis microbiológico y físico químico del agua residual.

Para la selección del tipo de muestreo, se tomó en consideración la norma NTE INEN 2 176:2013- Calidad del agua. Técnicas de Muestreo. Dicha norma, en el numeral 4.1, recomienda que las muestras puntuales o simples son las indicadas para cuando el flujo del agua no es uniforme, cuando el objetivo del muestreo es determinar la calidad existente en el agua para la caracterización y, en estudios, para determinar la extensión de un tipo de tratamiento.

Al cumplir con todos estos parámetros se tomaron 3 muestras simples: el lunes 18 de noviembre del 2019 desde las 12h00 en intervalos de 15 minutos de la última caja de revisión de evacuación (ver), ubicada en coordenadas UTM 507873.592 m E y 9980141.584 m N.

Esta fecha y hora fue seleccionada para cumplir con lo establecido en la norma antes mencionada en el que se establece que estas deben ser tomadas en la cotidianidad de las actividades realizadas dentro de la zona de producción de las AR.

La toma fue realizada por un técnico del laboratorio, este proceso se puede evidenciar en las siguientes fotografías:



Fotografía No. 6 - Preparación del técnico para toma de muestras



Fotografía No. 7 - Toma de muestras

Los parámetros a analizar fueron seleccionados en función de los componentes que pueden ser removidos por los TNC siendo los siguientes parámetros: (i) DBO, (ii) SST, (iii) nitrógeno total, (iv) fósforo total y (v) coliformes fecales.

Además, se analizó el pH del agua debido a que este parámetro permite controlar el acoplamiento del agua residual con los sistemas de tratamiento.

Aunque puede existir gran variación de resultados, los análisis realizados sirven para únicamente caracterizar las aguas residuales. Se obtuvieron los siguientes resultados:

PARÁMETRO		FÍSICO	QUÍMICOS				MICROBIOLÓGICO
Muestra No.	Hora	SST (mg/L)	DBO (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH	CF (NMP/100ml)
1	12h10	98	140	3.88	13.99	8.77	3.60E+06
2	12h25	90	402	19.59	29.81	8.86	2.40E+05
3	12h40	50	110	0.73	10.84	8.76	1.10E+05

Tabla No. 21 - Resultados del análisis de agua residual del edificio del CISeAL. Adaptado de: Anexo No. 8 - Informe de Resultados de Aguas Residuales.

4.1.3.1. Características físicas.

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Las muestras fueron ensayadas aplicando la norma "*Standard Methods 2540 D-Total suspended solids".*

Al hacer un análisis de los resultados, se tiene un promedio de 80 mg/L con una desviación estándar de 25.72 y con un coeficiente de variación del 32.42%.

Por tanto, se procede a eliminar el resultado de la muestra No. 3 debido a que se encuentra muy alejada de los valores de la muestra No. 1 y 2, con ello se obtiene los siguientes resultados:

SST: 94 mg/L

Desviación estándar: 5.657

Coeficiente de variación: 6.02%

Realizando un análisis de confianza mediante la aplicación de la Ecuación No. 1 - Intervalo de confianza., se establece que el 95% de las veces los SST van a oscilar entre 87 mg/L y 102 mg/L, aunque el valor sigue siendo disperso al comparándolo con lo presentado en el Anexo No. 9 - Parámetros comunes de las ARD, posee baja concentración.

En el Ecuador rige la Norma de Calidad Ambiental y de Descargar de Efluente: Recurso de Agua, en la que se establecen los criterios de calidad para aguas de uso agrícola, pecuario, recreativo y descarga de efluentes que se presentan en el Anexo No. 10 - Criterios de calidad para el reuso y descarga de aguas residuales.

En la normativa, los criterios de calidad establecen que los SST para la descarga en los cuerpos de agua, los SST deben ser menores a 100 mg/L, criterio con el que cumplen las AR analizadas.

4.1.3.2. Características químicas.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Las muestras fueron ensayadas aplicando la norma "*Standard Methods 5210 B*- Biochemical Oxygen Demand (BOD)*".*

Al hacer un análisis de los resultados, se tiene:

Promedio: 217 mg/L

Desviación estándar: 160.63

Coeficiente de variación: 73.91%.

Los valores son muy dispersos, por lo que no se puede tomar en cuenta la media aritmética debido a que la desviación y su coeficiente de variación es sumamente alto., esta dispersión puede ser justificada debido a que ninguna prueba de laboratorio de DBO es reproducible ya que esta depende de materia viva.

Las concentraciones de DBO no son uniformes ya que, al comparar con Anexo No. 9 - Parámetros comunes de las ARD, se puede notar que las AR fluctúan a través de todos los rangos.

Tomando en cuenta lo mencionado, se puede establecer que el DBO en las aguas posee una concentración débil la mayoría de las veces, ya que el 95% de las veces, los valores oscilarán entre 96 mg/L y 154 mg/L.

Tomando en cuenta los límites permisibles de la normativa ecuatoriana, las aguas analizadas se encuentran fuera del límite de 100 mg/L, por lo que requieren un tratamiento previo para ser descargadas a un cuerpo hídrico. Aun así, el parámetro de la DBO cumple para la descarga a alcantarillado público debido a que el límite máximo es de 250 mg/L.

- **Nitrógeno Total y Fósforo Total**

Las muestras fueron ensayadas aplicando la norma "*Standard Methods 4500 N org – Total Kjeldahl Nitrogen" y* "*Standard Methods 4500 C – Phosphorus Concentration",* respectivamente.

Similarmente, los valores de nitrógeno y fósforo son muy dispersos, con un coeficiente de variación es más del 100%, pero comparando con las características comunes de las ARD, se puede establecer que poseen una concentración débil de nitrógeno y una concentración media de fósforo.

Las concentraciones de fósforo pueden llegar a ser significativas, tal y como se puede apreciar en los resultados de la muestra No. 2, estas pudieron provenir de las orinas y excretas de los usuarios.

Este parámetro es el que mayor cuidado se le debe tener al momento del tratamiento del agua ya que, las altas concentraciones de fósforo pueden bajar los rendimientos de los sistemas

naturales debido a que ayudan al crecimiento no contralado de algas (Metcalf & Eddy Inc., 1995).

Los valores de nitrógeno, comparados con los límites admisibles para descarga, son bajos, mientras que para el reuso superan el límite y por lo tanto requieren de tratamiento previo. En cuanto al fósforo, los valores son ligeramente altos para los límites máximos de la norma.

- **pH**

Este parámetro fue analizado mediante la norma, NTE INEN ISO 10523: Calidad del agua. Determinación del pH. Metcalf & Eddy (2014) establecen que valores menores a 4 o mayores a 9 no permiten el correcto ciclo de vida de las bacterias, así establecen que el pH adecuado entre 6 y 9.

Los resultados obtenidos no son dispersos, por lo que se puede establecer que el 95% de las veces el pH se encontrará entre 8.74 y 8.86 lo que permite que los procesos de tratamiento naturales actúen con efectividad.

Aunque la normativa ecuatoriana no establece límites de pH para el reuso de aguas residuales, la EPA (2012) en su guía para el reuso de agua para actividades agrícolas establece que el valor de pH debe estar entre 6.5-8.4.

El pH de las aguas a tratar se encuentra fuera por el límite superior, pero con el tratamiento de aguas este se puede reducir, posiblemente dentro de los parámetros establecidos por la EPA.

Así mismo, el EPA, en su manual para el diseño de humedales artificiales, establece rangos del pH para la subsistencia de las plantas, entre ellos:

Vegetación	pH
Carrizo	2-8
Enea	4-10
Junco	5-7.5

Tabla No. 22 - Valores de pH para la subsistencia de macrófitas emergentes. (Environmental Protection Agency, 1988)

Comparando los valores presentados anteriormente, el pH del agua se encuentra ligeramente elevado para la utilización del carrizo, que es la macrófita más común en la zona andina de Sudamérica (Martelo & Lara Borrero, 2012).

4.1.3.3. Características biológicas.

- **Coliformes Fecales**

La muestra fue analizada bajo la norma "*Standard Methods 9221 E - Standard Total Coliform Fermentation Technique",* en la que se obtiene presencia de coliformes de baja concentración.

Como se mencionó en la sección, 2.3.3. Características microbiológicas., los coliformes fecales son los indicadores de la contaminación microbiológica del agua. Estas bacterias son las procedentes del intestino del hombre y los que dan origen a las enfermedades de origen hídrico (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2000).

Del análisis de las muestras se obtiene un coeficiente de variación mayor al 100%, es decir, que los datos son demasiado dispersos, pero comparando con los parámetros comunes se puede establecer que posee una concentración débil.

Comparando con los límites de Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso de Agua, las muestras superan por mucho el límite para descargas en cuerpos hídricos debe haber una remoción mayor al 99.9% de coliformes presentes cuando no se encuentra establecido por ejemplo para el reuso de agua que es 200 NMP/100 ml cuando el agua tiene contacto directo con el ser humano.

4.2. Definición y prediseño de alternativas de tratamiento secundario seleccionadas.

4.2.1. Humedales Artificiales

Para el prediseño se ocupará el método expuesto en la EPA (1988) que modela la eliminación de la materia orgánica en el humedal y que considera al medio como un reactor pistón debido a la forma de circulación de agua es uniforme a través de un medio que parece tubería, se representa por la siguiente expresión:

$$\frac{Ce}{Co} = e^{-K_T \times t}$$

Ecuación No. 2 - Cinética de primer orden para la remoción de DBO. (Reed, Crites, & Middlebrooks, 1995)

Donde:

Ce: concentración de carga orgánica del efluente, mgDBO/L.

Co: concentración de carga orgánica del afluente, mgDBO/L.

K_T: constante de reacción de primer orden y dependiente de la temperatura, días^{-1}.

t: tiempo de resistencia hidráulica, días.

Para la constante de reacción se utiliza la siguiente expresión:

$$K_T = K_{20} \times \theta^{T-20}$$

Ecuación No. 3 - Constante de reacción.

Donde:

K_{20}: constante de reacción a una T=20°C.

T: temperatura, °C.

θ: coeficiente de Arrhenius.

El tiempo de resistencia puede obtener se mediante la siguiente expresión:

$$t = \frac{L\ W\ D\ n}{Q_{med}}$$

Ecuación No. 4 - Tiempo de retención del humedal artificial.

Donde:

L: longitud del lecho, m.

W: ancho del lecho, m.

D: profundidad del lecho, m.

n: porosidad del lecho.

Tomando en cuenta que el área en planta del humedal es longitud por ancho, para representar un modelo de pistón, y combinando las ecuaciones No. 1 y 3, obtenemos:

$$A_s = \frac{Q_{med}\ (\ln Co - \ln Ce)}{K_T \times D \times n}$$

Ecuación No. 5 - Área en planta que ocupa el humedal artificial

Aunque el manual de diseño de la EPA establece que esta expresión debe ser ocupada para los humedales SSF, se aplicará también al sistema de FFW debido a que no existe diferencia significativa.

Las concentraciones de entrada y de salida dependerán de la eficiencia de remoción que se espera que tenga el sistema. Como se expresó en el numeral 2.4.3.2.4. Humedales artificiales (HA), la eficiencia de remoción de 85%-95%.

Para este punto se selecciona el límite inferior debido a que la velocidad de remoción de la DBO es directamente proporcional a la presencia de materia orgánica, entonces, cuando ya se ha removido el 85% de la materia orgánica existente, los cambios que vienen no serán significativos para el estudio.

El caudal de diseño se lo obtiene de la sección 4.5.1 Caudal de diseño.

4.2.1.1. Humedal con plantas acuáticas enraizadas flotantes

Para el predimensionamiento de este tipo de humedal se toma en cuenta que Fernández, Beascoecha, Muñoz, & Curt (2014) establecen que este tipo de lagunas deben poseer una combinación de las ventajas de un humedal FWS y una laguna aerobia, por lo que el diseño toma criterios de ambos sistemas de tratamiento.

La constante de reacción a 20°C será 0.678 d^{-1} de remoción del DBO (Reed, Crites, & Middlebrooks, 1995) y la temperatura se tomará el caso más crítico, que es el mes más frío del año con una temperatura media mensual de 16.4°C.

Para el coeficiente de Arrhenius se ocupará un valor de 1.06 (Reed, Crites, & Middlebrooks, 1995; Environmental Protection Agency, 1988). Por tanto, la constante de reacción será de:

$$K_T = 0.678 \times 1.06^{16.4-20} = 0.550$$

Se selecciona una profundidad de 40 cm debido a que se ajusta a los valores típicos de este tipo de humedales además de tener una profundidad que permite adaptar varios sistemas en la misma laguna.

Tomando en cuenta la Ecuación No. 5 - Área en planta que ocupa el humedal artificial, esta requiere de la porosidad debido a que la expresión considera la dificultad de paso del agua a través de las raíces de la vegetación.

Tomando en cuenta lo mencionado, el agua circulará a través de las raíces de las macrófitas flotantes que poseen generalmente una longitud menor a los 10 cm por lo que se decide tomar una porosidad de 0.90 como lo recomiendan Fernández, Beascoecha, Muñoz, & Curt (2014).

Aplicando la Ecuación No. 5 - Área en planta que ocupa el humedal artificial, se obtiene lo siguiente:

$$A_s = \frac{1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\ (\ln Co - \ln Ce)}{0.550\ d^{-1} \times 0.3 \times 0.9} = 15.00\ m^2$$

Tomando una relación L/W de 3 se obtiene:

L = 6.8 m; W = 2.5 m; D = 0.4 m

4.2.1.2. Humedal de flujo superficial (FWS)

La constante de reacción a 20°C será 0.678 d^{-1} (Reed, Crites, & Middlebrooks, 1995) y la temperatura se tomará para el caso más crítico, que es el mes más frío del año, con una temperatura media mensual de 16.4°C.

Para el coeficiente de Arrhenius se ocupará un valor de 1.06 (Reed, Crites, & Middlebrooks, 1995; Environmental Protection Agency, 1988). Por tanto, la constante de reacción será de:

$$K_T = 0.678 \times 1.06^{16.4-20} = 0.550$$

La profundidad de este tipo de humedales debe estar entre los 15 cm-40 cm, tomando en cuenta que estos deben funcionar como una laguna aerobia, se selecciona una profundidad de 30 cm.

Al considerar que el agua residual debe pasar a través de la vegetación de tallos no robustos (Fernández, Beascoecha, Muñoz, & Curt, 2014), la EPA establece una porosidad de 0.75.

Aplicando la Ecuación No. 5 - Área en planta que ocupa el humedal artificial, se obtiene lo siguiente:

$$A_s = \frac{1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\ (\ln Co - \ln Ce)}{0.550\ d^{-1} \times 0.3 \times 0.75} = 24.00\ m^2$$

Tomando una relación L/W de 3 se obtiene:

L= 8.5 m; W= 3 m; D= 0.3 m

4.2.1.3. Humedal de flujo subsuperficial (SSF)

La constante de reacción a 20°C será 1.104 d^{-1}, ya que esta es la que representa a la remoción de DBO (Environmental Protection Agency, 1988). La temperatura se tomará para el caso más crítico, que es el mes más frío del año con una temperatura media mensual de 16.4°C.

Para el coeficiente de Arrhenius se ocupará un valor de 1.06 (Reed, Crites, & Middlebrooks, 1995; Environmental Protection Agency, 1988). Por tanto, la constante de reacción será de:

$$K_T = 1.104 \times 1.06^{16.4-20} = 0.895$$

La profundidad de este tipo de humedales depende de la profundidad de las raíces de la vegetación seleccionada al tratarse de un prediseño, se selecciona al carrizo que tiene una profundidad de 60 cm de raíces.

La porosidad dependerá del medio granular por el que circulará el agua residual. En el siguiente cuadro se establece las porosidades aproximadas según diferentes autores:

Tipo de medio	Tamaño efectivo d10 (mm)	n[a]	n[b]	n[c]	n[d]
Arena media	1	0.30	-	0.42	-
Arena gruesa	2	0.32	0.28-0.32	0.39	0.32
Arena pedregosa	8	0.35	0.30-0.35	0.35	0.35
Grava fina	16	-	0.35-0.38	-	0.38
Grava mediana	32	0.40	0.36-0.40	-	0.40
Grava gruesa	128	0.45	0.38-0.45	-	0.45

a. (Secretariado Alianza por el Agua, 2008)
b. (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)
c. (Wood, 1995; Environmental Protection Agency, 1988)
d. (Environmental Protection Agency, 1993)

Tabla No. 23 - Porosidad de lechos granulares.

Para el prediseño se selecciona una arena pedregosa, con porosidad de 0.35. Entonces, aplicando la Ecuación No. 5 - Área en planta que ocupa el humedal artificial, se obtiene lo siguiente:

$$A_s = \frac{1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\ (\ln Co - \ln Ce)}{0.895\ d^{-1} \times 0.3 \times 0.35} = 15.79\ m^2$$

Se toma una relación L/W de 3 esto con el fin de imitar el flujo de un reactor tipo pistón, entonces se obtiene:

L= 7 m; W= 2.5 m; D= 0.6 m

4.2.2. Lechos de Turba

Para el diseño de lechos de turba no existe una guía de diseño, pero sí existen algunas investigaciones en que se ha llegado a porcentajes de remoción de más del 90%.

La guía "*Peat Biofilter Wastewater Treatment Systems Guidance Document*" (New Jersey Department of Environmental Protection, 2008) no establece una guía de diseño, sin embargo, da sugerencias de instalación, operación y mantenimiento.

Los lechos de turba actualmente se diseñan bajo parámetros empíricos que están en función del caudal que va a ser depurado relacionado con el área a ocupar.

Según Gustafson, Anderson, & Christopherson (2001), la carga hidráulica ocupada para el diseño debe de ser 40.75 $\frac{l}{m^2.\ día}$ (1 $\frac{gal}{ft^2.\ día}$) mientras que los valores comunes que se utilizan en Andalucía-España ocupan 0.2 m^2 por habitante equivalente, ambos valores para origen de aguas de uso residencial.

El primer valor corresponde a Minnesota donde la temperatura media anual es de 5 a 6 °C (Clima Data ORG, 2019), mientras que para Andalucía su temperatura media anual es entre 17-18°C (Clima Data ORG, Clima: Andalucía, 2019).

Tomando esto en cuenta, se diseñerá bajo los parámetros establecidos por España debido a que sus temperaturas medias anuales son similares a las de Nayón.

Un habitante con actividades residenciales según el C.E.C. (1992) tiene las siguiente dotaciones de agua potable:

Población de menos de 5000 hab.	Dotación futura (l/hab/día)
Frío	120-150
Templado	130-160
Cálido	170-200

Tabla No. 24 - Dotaciones para poblaciones menores de 5000 habitantes. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992)

Y asumiendo que la población residencial tendría una dotación de 150 l/hab/día, se establece una relación proporcional entre un habitante residencial por el espacio ocupado para el filtro de turba y un habitante del CISeAL.

$$\frac{Dotación\ residencial}{Área_{hab\ residencial}} = \frac{Dotación\ edificio\ CISeAL}{Área_{hab\ CISeAL}}$$

Ecuación No. 6 - Relación de dotaciones y área a ocupar.

Despejando el área necesitada se obtiene:

$$Área_{hab\ CISeAL} = \frac{Dotación\ edificio\ CISeAL\ x\ Área_{hab\ residencial}}{Dotación\ residencial} = \frac{60\ {}^{l}/_{hab\ .\ día} \times 0.2\ {}^{m^2}/_{hab}}{150\ {}^{l}/_{hab\ .\ día}}$$

$$Área_{hab\ CISeAL} = 0.08\ {}^{m^2}/_{hab}$$

La población futura es de 88 habitantes para el año 2029 (ver sección 4.4.1.2. Población), pero tomando en cuenta que esta unidad de tratamiento asumirá solamente la tercera parte del volumen total, se tiene que la población es de 29 habitantes:

$$Área\ para\ filtro\ de\ turba = \ área\ por\ habitante\ \times habitante$$

Ecuación No. 7 - Área de filtro de turba

$$Área\ para\ filtro\ de\ turba = \ 0.08\ {}^{m^2}/_{hab} \times 29\ hab = 2.35\ m^2$$

Para asumir la profundidad de diseño, se ha tomado en cuenta las guías de construcción de los filtros de turba, por tanto, se tendrá dos camas de agregado de 10 cm y el estrato de turba será de 50 cm, dando una profundidad total de 60 cm. El prediseño no considera borde libre.

Tomando una relación L/W de 2 se obtiene:

L= 2.5 m; W= 1.1 m; D= 0.6 m

Para verificar el dimensionamiento se encuentra correcto Salas, Pidre, & Fahd (2007) sugieren que se debe tener una carga hidráulica aproximada a 600 l/m^2.d.

$$CH = \frac{1.546\ {}^{m^3}/_{d}}{2.5\ m\ \times 1.1\ m} = 568.89\ {}^{l}/_{m^2.\ día}\ \approx 600\ \ {}^{l}/_{m^2.\ día}\ OK$$

4.3. Comparación y selección del proceso de tratamiento secundario.

Los humedales artificiales y lechos de turba permiten la degradación de la materia orgánica, SST, nitrógeno, fósforo y metales que se eliminan mediante: (i) procesos de absorción, (ii) precipitación química, (iii) sedimentación y (iv) asimilación por parte de las plantas (Salas, Pidre, & Sánchez, 2007), además que son los que mejor se adaptan visualmente al medio.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de la comparación de los procesos de tratamiento a aplicar:

Tipo de humedal / Característica	Humedales Artificiales			Lechos de Turba
	FWS y macrófitas flotantes	SSF		
		Flujo horizontal	Flujo Vertical	
Área necesaria	≥0.25 m2/hab	≈ 0.25 m2/hab		≤0.25 m2/hab
Empleo de vegetación	Necesario	Opcional		Opcional
Pendiente	0.2-1%	0.2-2%		1%
Velocidad de remoción de materia orgánica	Baja	Alta		Alta
Remoción de nitrógeno	Media	Alta	Media	Media
Remoción de fósforo	Baja	Media	Media	Alta
Crecimiento no controlado de vegetación	Presente	Ausente		Ausente
Remoción de metales pesados	Nula a Baja	Nula a Baja	Nula a Baja	Media a Alta
Impermeabilización	Obligatoria	Obligatoria		Obligatoria
Costo energético	Ninguno	Ninguno		Ninguno
Impacto ambiental	Ninguno	Ninguno		Ninguno

Tabla No. 25 - Comparación de los procesos de tratamiento secundario. (Salas, Pidre, & Fahd, 2007; Environmental Protection Agency, 1988; Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

En lo que respecta a la construcción de los sistemas, es el mismo en cuanto a excavación e impermeabilización del suelo. Se diferencian entre sí mediante el sistema de distribución y recolección de las aguas, mientras los humedales artificiales FWS, macrófitas fotantes y SSF horizontal el agua se distribuye y recoje de la siguiente manera:

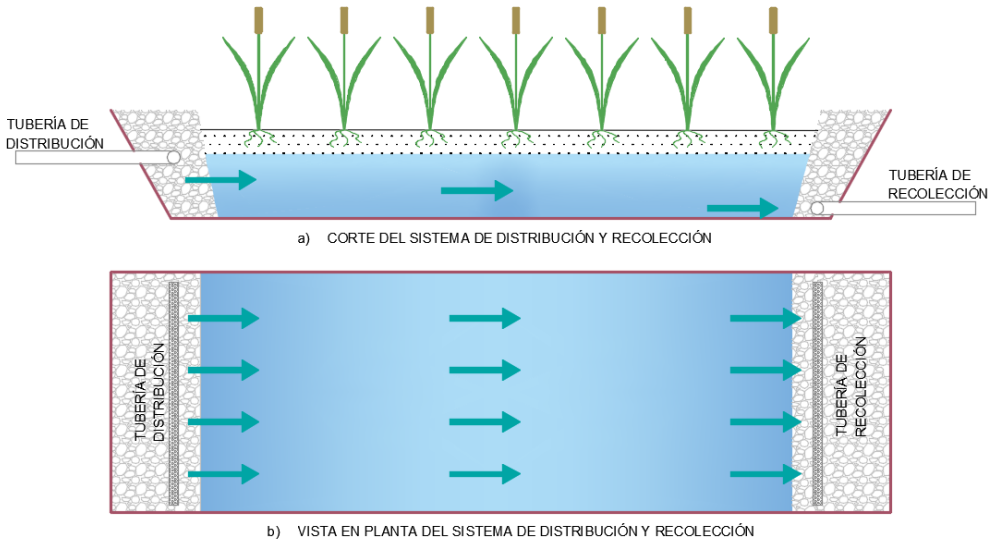
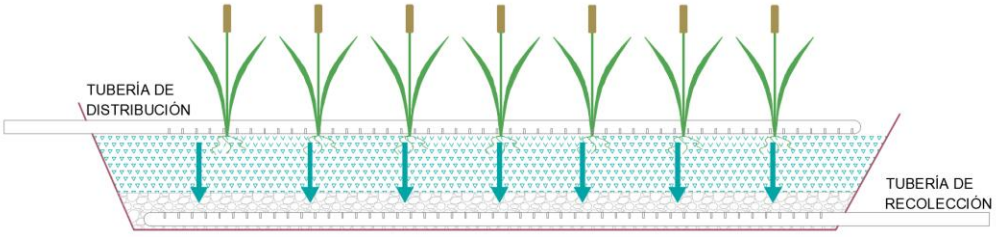
Tipo de humedal	Sistema de distribución
• FWS • Macrófitas flotantes • SSF de flujo horizontal	
• SSF de flujo vertical • Lechos de turba	

Tabla No. 26 - Sistema de distribución y recolección de las aguas. Adaptado de: (Salas, Pidre, & Sánchez, 2007; Tilley, y otros, 2018)

La mayor ventaja de ambas es que todos los sistemas presentados permiten amortiguar oscilaciones altas de caudal, además de no producir ruido y adaptarse al medio visual natural,

Para este proyecto se ha seleccionado todos los sistemas de tratamiento propuestos en el alcance que se dispondrán en tres lagunas, esta distribución se explica más adelante.

4.4. Concepción del sistema de tratamiento.

4.4.1. Justificación técnica, ambiental y financiera del sitio de implantación de la planta de tratamiento piloto.

El sitio de implantación del proyecto es cercano a la edificación del CISeAL, aproximadamente a 25 m de la entrada principal. En la siguiente ortofotografía se puede apreciar la ubicación del proyecto:



Ortofotografía No. 3 – Sitio de implantación del proyecto. Adaptado de: (Google Inc.)

4.4.1.3. Justificación técnica

El sitio ha sido escogido debido a que en primer lugar tienen facilidad de acceso y no interfiere con ninguna de las estructuras proyectadas dentro del campus además de que existe superficie suficiente para implantar la plata de tratamiento piloto. Según el Arq. Fabián Colcha, técnico del departamento de planta física de la PUCE, el sitio iba a ser readecuado para la ornamentación del sitio.

La topografía es favorable para el flujo del agua a gravedad a través de la tubería que conecta la última caja de revisión se encuentra a 49.50 m de distancia y 1.85 m por encima de la obra de llegada, dando un pendiente de 2.862%, lo que permite la circulación a flujo libre del agua

sin superar la velocidad máxima permitida para tuberías de PVC. En el siguiente esquema de implantación se describe de manera breve el recorrido de la tubería que conecta la última caja de revisión del edificio con la PTAR piloto:

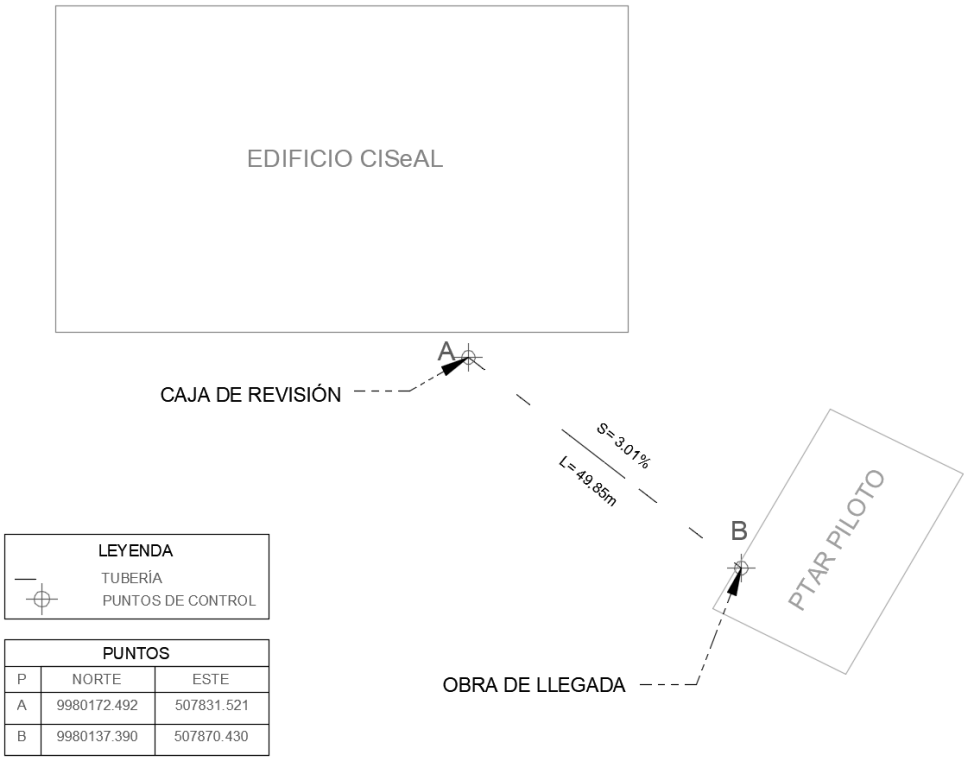


Figura No. 9 - Esquema de implantación de la tubería que conecta la última caja de revisión con el proyecto.

4.4.1.4. Justificación ambiental

Para la justificación ambiental se ha procedido a realizar un análisis de impactos ambientales de carácter cualitativo adjuntado en el Anexo No. 15 – Análisis de impactos ambientales. , esto debido a:

- El sitio seleccionado se encuentra a aproximadamente 20 m de distancia de la entrada del edificio.
- Al tratarse de sistemas de Tecnologías No Convencionales (TNC) y considerando que se está diseñando con los parámetros más conservadores para evitar la emisión de malos olores.
- Los sistemas de TNC no requieren de energía eléctrica por lo que los ruidos generados por el equipo mecánico que se emplea generalmente para depurar el agua se evitan en su totalidad.

- Los sistemas utilizaran los recursos naturales de la zona por lo que se integra paisajísticamente con el medio.

Considerando el análisis de impactos se puede establecer que el impacto es moderado para las fases de construcción y operación.

Siendo la fase de construcción la que genera mayores impactos negativos sobre todo al paisaje del campus, aunque es necesario tomar en cuenta de que las acciones de esta fase serán temporales y puntuales.

En lo que respecta a la fase de operación, las acciones que se ejecutan son de duración permanente y reversibles.

La justificación más importante que poseen las PTAR que emplean sistemas no convencionales, es la generación impactos positivos al sistema natural sobre todo a la vegetación, a la flora y al paisaje debido a que se ocupan vegetación que mejora la calidad visual situación que PTAR a escala real no genera.

Por otro lado, la PTAR piloto genera impactos negativos para la población en lo que respecta a sus áreas recreativas, vida cotidiana y circulación, tal y como los haría PTAR con tratamientos convencionales

Con lo expuesto en la sección 3.1.4. Uso de suelo., para implantar cualquier edificación o construcción sobre el campus Nayón se requiere cumplir con el informe técnico aprobado por el Ministerio del Ambiente (ver Anexos) que da cumplimiento con el Art. 15. Del certificado de intersección del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Libro VI Anexo 1. Reforma a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua (2015), donde en primer lugar se delimita el área de edificación, condición que el proyecto cumple a cabalidad.

Es necesario tomar en cuenta que la PTAR piloto según el catálogo de proyectos, obras o actividades se lo considera como una Construcción y Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, esta requiere del registro ambiental que se expone en el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) como se puede evidenciar:

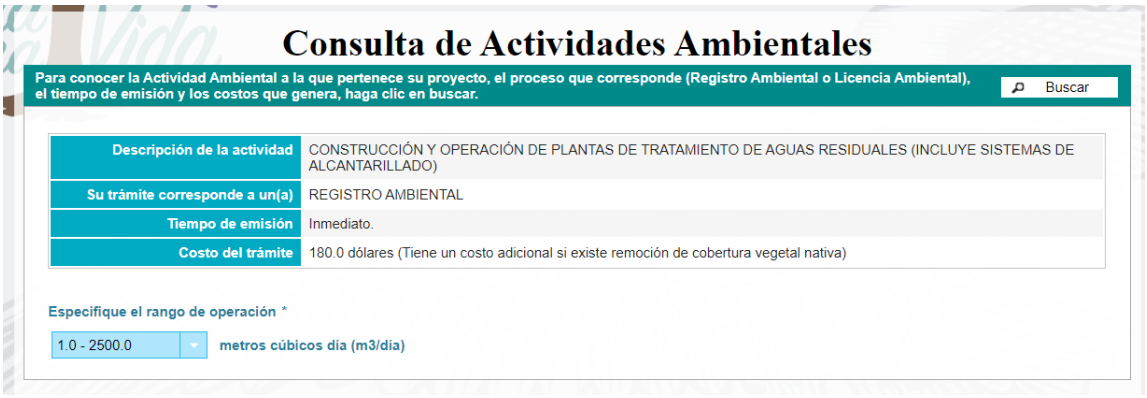


Figura No. 10 - Consulta de Actividades Ambientales a través del SUIA. (Ministerio del Ambiente, Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), 2019)

La primera etapa del campus se encuentra aprobada por el Ministerio del Ambiente, y aunque los técnicos de la universidad encargados de los estudios afirman que la licencia contempla la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, esto no pudo ser verificado debido a que no se obtuvo el estudio de impacto ambiental.

Aun así, basándonos en la consulta de actividades ambientales. el proyecto de la PTAR piloto requiere acoplarse al PMA aprobado más no emitirse una nueva licencia ambiental además de aplicar la guía de buenas prácticas ambientales del Ministerio del Ambiente y tomar en cuenta el análisis de impactos explicado en el Anexo No. 15 – Análisis de impactos ambientales.

4.4.1.5. Justificación financiera

Como se mencionó en la sección 2.4.3.2.Tratamiento no convencional., estas tecnologías tienen como objetivo tratar las AR en zonas rurales con tecnologías que se adapten a los recursos del sector y donde cuyos municipios locales tiene un gasto público limitado.

Financieramente se justifica el proyecto en tres aspectos: (i) inversión, (ii) operación y (iii) mantenimiento.

- **Inversión**

El proyecto involucra varias actividades que de igual manera son necesarias para la construcción de plantas de tratamiento convencionales, entre ellas: movimiento de tierras, impermeabilización de sitios, disposición de tuberías, entre otras.

El costo de estas actividades, que además incluye el material del inicio de operación, es de USD 15,667.71, este se encuentra justificado en el Presupuesto., de igual manera se presenta la siguiente tabla resumen:

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL	%
ALCANTARILLADO	2,930.00	18.70%
OBRA DE LLEGADA Y TRATAMIENTO PRELIMINAR	334.39	2.13%
TRATAMIENTO PRIMARIO	678.37	4.33%
TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 1	1,643.02	10.49%
TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 2	2,533.88	16.17%
TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 3	3,747.30	23.92%
TUBERÍAS DE CONEXIÓN	1,614.93	10.31%
SECADO DE LODOS	2,185.82	13.95%
TOTAL	15,667.71	100.00%

Tabla No. 27 - Resumen de costos de inversión.

El proyecto en cuestión no requiere de ningún equipo mecánico en su operación, por lo que este costo no debemos considerar que a diferencia de una PTAR convencional necesariamente requiere de equipo mecánico, que puede representar hasta más del 30% del costo total de inversión en su adquisición (Salas, Pidre, & Sánchez, 2007) que corresponde a la instalación del equipo y al personal capacitado.

- **Operación**

Para las actividades de operación es necesario considerar lo expuesto en CAPÍTULO V: PLAN DE EXPERIMENTACIÓN., aunque es necesario considerar que dependiendo a los objetivos del experimento a realizar estas pueden ir cambiando.

Los materiales por utilizar se dividen en: (i) equipo de protección y (ii) materiales de experimentación.

El equipo de protección tendrá un costo por persona de USD 86, aproximadamente. Se resume en la siguiente tabla:

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Overol	1	27.00	27.00
Guantes	5	1.90	9.50
Gafas de seguridad	1	10.00	10.00
Mascarilla	5	1.90	9.50
Botas	1	30.00	30.00
TOTAL			86.00 c/persona

Tabla No. 28 - Costos del equipo de protección personal.

Para los materiales de experimentación se diferenciará por lagunas, pero es necesario tomar en cuenta que en la inversión se consideró el gasto de este material que puede funcionar normalmente de 3 a 4 años.

Al referirse a la experimentación, el encargado será el responsable de tomar las decisiones de retirar y colocar nuevamente los lechos y vegetación necesaria.

A continuación, se presenta la siguiente tabla que expone el costo de operación:

No.	Descripción	U	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Operación de laguna No. 1					
1	Vegetación (no incluye transporte)	u	40.00	2.26	271.20
				SUBTOTAL	271.20
Operación de laguna No. 2					
2	Subbase Clase III (tendido y conformado)	m3	21.25	24.84	527.85
3	Vegetación (no incluye transporte)	u	40.00	2.26	271.20
				SUBTOTAL	799.05
Operación de laguna No. 3					
4	Turba (incluye transporte)	m3	21.57	28.82	621.65
3	Vegetación (no incluye transporte)	u	120.00	2.26	271.20
				SUBTOTAL	892.85
		TOTAL			1,963.10

Tabla No. 29 - Costos de materiales para la operación.

Para cada una de las prácticas se requiere de insumos que permiten realizar las experimentaciones, brevemente se puede describir en la siguiente tabla:

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Práctica No. 1			
Flexómetro	1	10.00	10.00
Cronómetro	1	25.00	25.00
Equipo de succión	5	5.00	25.00
Recipientes plásticos	5	2.50	12.50
		SUBTOTAL	72.50
Práctica No. 2			
Equipo de succión	5	5.00	25.00
Recipientes plásticos	5	2.50	12.50
		SUBTOTAL	37.50
Práctica No. 3			
Trazador químico (kg)	1.6	1.80	2.88
Cronómetro	1	25.00	25.00
Equipo de succión	5	5.00	25.00
Recipientes plásticos	5	2.50	12.50
		SUBTOTAL	65.38

Tabla No. 30 - Costos de experimentación de prácticas.

Una de las ventajas del tratamiento convencional es que cualquier persona que siga las indicaciones propuestas en este trabajo puede realizar las experimentaciones, que a comparación con plantas de tratamiento convencionales requieren de personal técnico capacitado para el manejo de los equipos mecánicos.

Por otro lado, el proyecto no deberá considerar los gastos operacionales de costo energético diario y salarios de personal de operación.

- **Mantenimiento**

Para el mantenimiento dirigirse a la sección 7.3 Costos. del CAPÍTULO VI: PLAN DE MANTENIMIENTO., en este se presenta la tabla de costos en los que se puede presenciar que no se requiere de personal capacitado simplemente se requiere del desalojo del material a los lechos de secado y del lavado de las tuberías.

En lo que se refiere a PTAR convencionales se requiere de personal que de un mantenimiento al equipo mecánico y que eventualmente puede requerir repuesto o en el peor de los escenarios cambio de equipo.

4.4.2. Selección del tratamiento preliminar.

Tomando en cuenta los resultados del análisis del agua residual, se decide implementar un sistema de cribado (rejilla de limpieza manual) como tratamiento preliminar.

Con ello se evitará el ingreso de elementos de gran tamaño que puede bajar la eficiencia en los sustratos filtrantes del tratamiento primario y secundario.

4.4.3. Selección del tratamiento primario.

Las unidades prefabricadas son seleccionadas con el fin de tener facilidad de construcción, además de investigar estos sistemas que se encuentran comercializándose en el país.

Este proceso de tratamiento solo se utilizará para la remoción de sólidos sedimentables de tamaño mayor a 1.2 μm y que puedan entorpecer el objetivo de la PTAR piloto, mas no de obtener eficiencia alta de remoción de DBO y SST.

Estas unidades deberán cumplir con la normativa NOM-006-CONAGUA-1997: Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba, debido a que en el Ecuador no existe normativa que regule estas estructuras, además las unidades comercializadas en el país se rigen bajo esta norma.

Se selecciona tanques sépticos prefabricados de la marca Rotoplas, por algunas ventajas entre ellas:

- Facilidad de instalación puesto que no requiere personal especializado
- Su función se mantiene las 24 hora y puede tener una vida útil de entre 25 a 40 años.
- El mantenimiento, es a comparación de otros el más sencillo ya que simplemente se procede a abrir la válvula del costado para evacuar los lodos.

4.4.4. Selección del tratamiento secundario.

El objetivo del proyecto es experimentar con distintos TNC para poder establecer comparaciones entre los resultados obtenidos.

Se denominará laguna al espacio en el que se encuentra el tratamiento, debido a que este término es de uso común para nombrar al tratamiento secundario, aunque es necesario recalcar que el concepto de laguna no es el más apropiado para definir a los sistemas a diseñar.

Para el tratamiento secundario se dispondrán tres lagunas o espacios físicos, que podrán albergarán distintos tipos de sistemas de tratamiento biológico.

Con ello se procede a combinar los siguientes sistemas en los diferentes espacios disponibles:

Laguna No. 1:

- Humedal Artificial con macrófitas flotantes.
- Humedal Artificial Superficial con macrófitas emergentes.

Laguna No. 2:

- Humedal Artificial Subsuperficial de flujo horizontal con macrófitas emergentes.

Laguna No. 3:

- Lechos de Turba
- Humedal Artificial Subsuperficial de flujo vertical con macrófitas emergentes.

El diseño de las lagunas servirá para más de un tipo de tratamiento, debido a que las dimensiones, sistemas de distribución y recolección de agua, y elementos dispuestos para el muestreo del agua son similares y adaptables a varios sistemas de tratamiento por lo que la laguna No. 1 y 3 pueden albergar a más de un tipo de TNC, más no combinar sistemas de tratamiento.

Es decir, que los espacios 1 y 3 podrán operar bajo distintos métodos que serán seleccionados de acuerdo con conveniencia del experimentador.

4.4.5. Concepción general del sistema.

A continuación, se presenta un esquema general simplificado de la disposición del proceso de tratamiento:

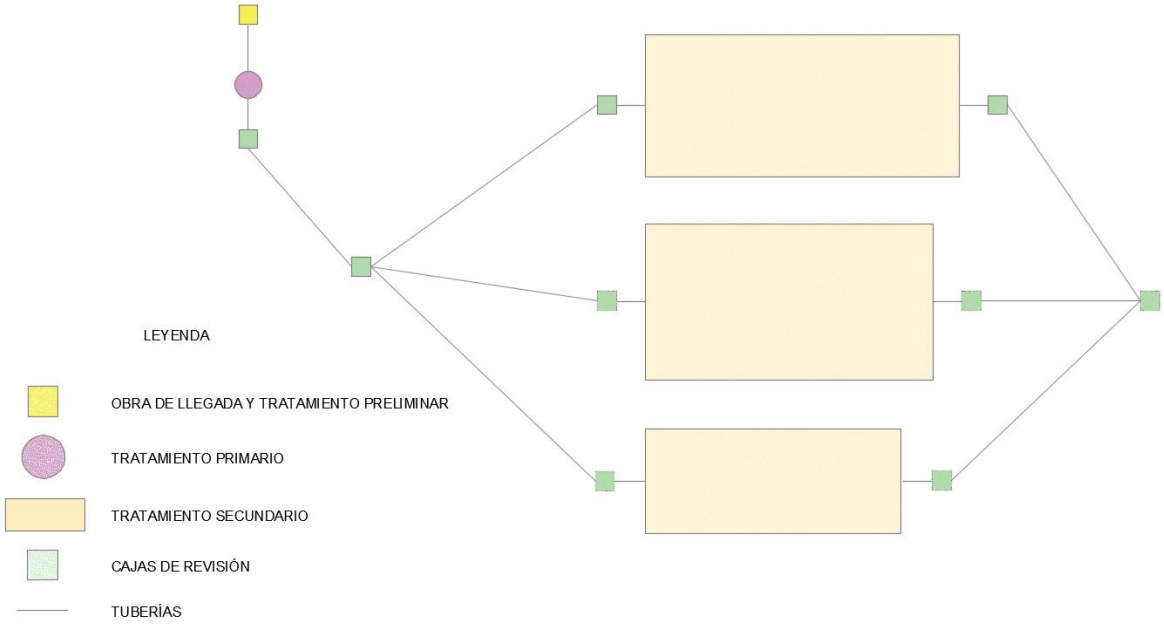
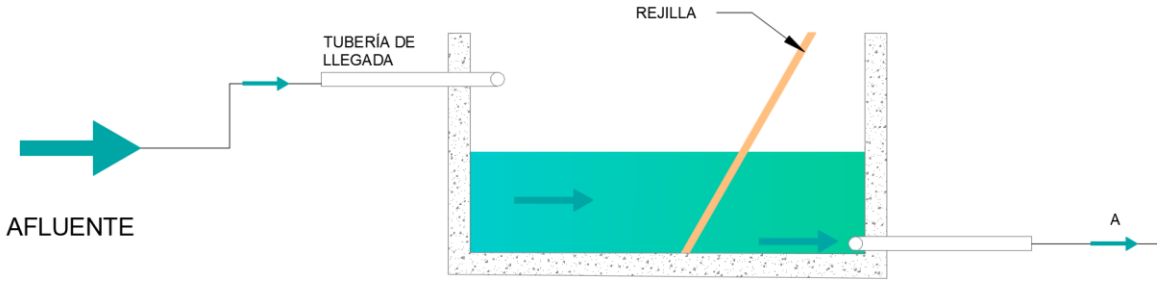


Figura No. 11 - Concepción General del sistema.

A continuación, se explica los componentes de cada una de las etapas que se involucran en el tratamiento:

- **Obra de llegada y tratamiento preliminar**

La última caja de revisión del edificio del CISeAL es el inicio del sistema, la conexión entre esta y la obra de llegada es a través de una tubería de alcantarillado de 160 mm y con



pendiente de 2.862%, como se expone en la figura anterior. El sistema de tratamiento está compuesto de la siguiente manera:

Figura No. 12 - Esquema de la obra de llegada.

- **Tratamiento primario**

Para el tratamiento primario se utiliza un tanque séptico prefabricado, además se añade una caja donde se podrá obtener muestras del efluente sin necesidad de abrir el tanque. Se presenta el siguiente esquema:

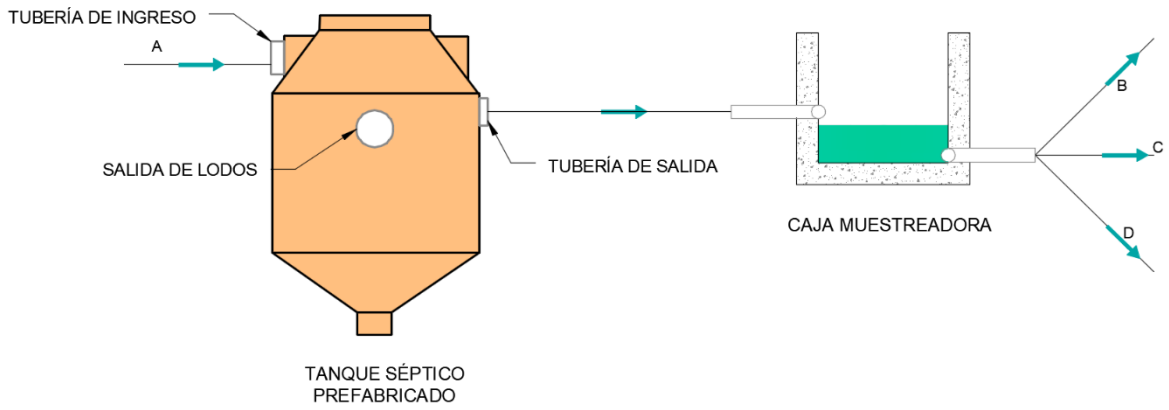
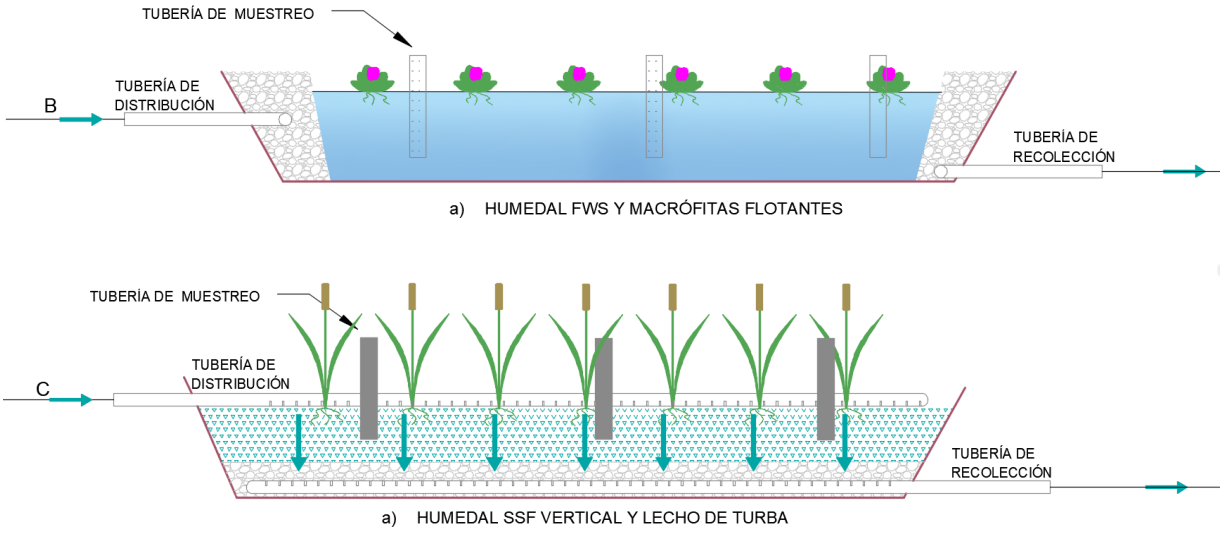


Figura No. 13 - Esquema tratamiento primario.

- **Tratamiento secundario**

Para el tratamiento secundario se presentan 3 lagunas, cada efluente es arrojado a cajas de muestreo, en el siguiente esquema se presentan las lagunas:



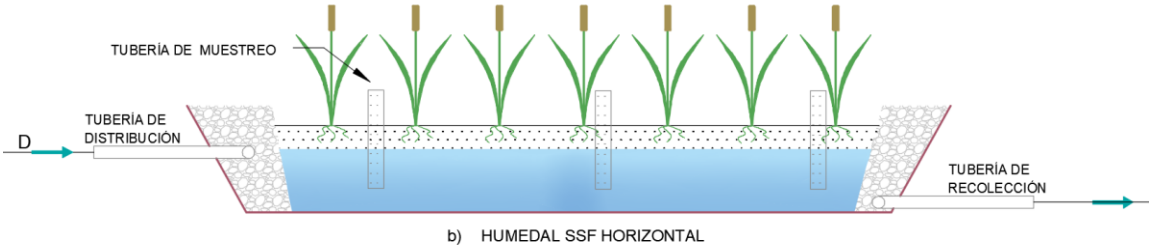


Figura No. 14 - Esquema de tratamiento secundario. Adaptado de: (Salas, Pidre, & Sánchez, 2007)

- **Obra de descarga**

Las AR procedentes de las tres lagunas serán arrojadas a una caja de revisión común para luego ser conducidas al alcantarillado del campus.

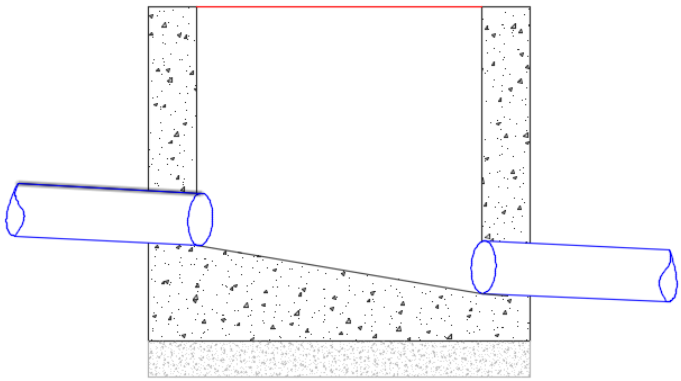


Figura No. 15 - Obra de descarga.

Estas cajas recolectarán las aguas para luego ser conducidas al alcantarillado.

4.5. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales piloto.

4.5.1. Caudal de diseño.

4.5.1.3. Periodo de diseño

Las norma ecuatoriana de la construcción establecen que el periodo de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales debe ser de al menos 25 años, pero al tratarse de una planta a escala piloto que se utilizará para investigaciones científicas, y con un área limitada se tomará un periodo de 10 años debido a que solo se busca experimentar, más no tratar el agua al 100% para su posterior uso, y así cumpliendo con el alcance de este proyecto.

Para lo que se refiere a las tuberías de llegada y de salida de la planta de tratamiento se ha tomado un periodo de diseño de 25 años, debido a que se consideró su vida útil y además que todo el proceso que conlleva instalar una tubería conlleva costos que se puden evitar.

Se ha tomado como año 2019 como inicio de operación por lo que las proyecciones de población se realizan para la planta de tratamiento tendrá como año horizonte 2029 mientras que para las tuberías de alcantarillado se tendrá al 2044 como año horizonte.

Los cálculos siguientes deben ajustarse dependiendo del año cero de operación.

4.5.1.4. Población

Uno de los primeros métodos que se pretende utilizar es el Anexo de las Normas de Arquitectura y Urbanismo del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), en el que se establece que el requerimiento de espacio por habitante es de 1 m^2 para universidades.

Aun así, no se establece en qué tiempo se llegará a alcanzar esta población, por lo que se descarta este dato.

Al ser un campus universitario, se sabe que la población es totalmente flotante porque las actividades son académicas y administrativas, sin embargo, para la proyección de la población se utilizará los métodos de proyecciones para poblaciones vegetativas, es decir, que residen en el sitio.

Esta decisión se da debido a que no poseemos los datos suficientes para realizar el análisis estadístico de la población flotante futura.

Además, el uso de los métodos de proyecciones para poblaciones vegetativas se puede considerar como un método de cálculo mucho más conservador, ya que consideramos como si la población resultante residiera en el campus.

Es necesario tomar en cuenta que el objetivo del proyecto es investigar diferentes tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas mas no tratar al 100% las aguas producidas.

Para la proyección de la población, se toma como población inicial los datos expuestos en el numeral 4.1.2. Producción de aguas residuales, en el que se establece que el 95% de las veces hay 35 ocupantes al día.

Otro dato que se tomará en cuenta es lo expuesto en la Memoria de Cálculo del diseño del sistema de agua potable para la primera etapa del campus de Nayón que comprende los edificios destinados a docencia, centro de enfermedades infecciosas, zoología museos,

zoología de vertebrados e invertebrados, botánica, laboratorios, microbiología, biología molecular y centro de documentación.

En dicho documento, se establece que la población para los edificios, ya mencionados, ocupará un área en planta de 16128.26 m^2 y que tendrá 1000 ocupantes al día para el año 2040.

El área ocupada por el edificio, del que se recolectarán las aguas residuales para el proyecto, tiene un área en planta de 2347 m^2. Con este dato se realiza una proporcionalidad lineal con el área total en planta d ellos edificios de la primera etapa.

$$\frac{Área\ en\ planta\ edificios\ primera\ etapa}{Población\ total\ estimada\ para\ el\ año\ 2040} = \frac{Área\ en\ planta\ del\ edificio\ del\ CISeAL}{Población\ CISeAL\ estimada\ para\ el\ año\ 2040}$$

$$Población\ CISeAL\ estimada\ para\ el\ año\ 2040 = \frac{2347\ m^2}{16128.26\ m^2} \times 1000\ {ocupantes}/{día}$$

Se obtiene que existirán 146 ocupantes al día para el año 2040 en el edificio del CISeAL.

Con los datos establecidos, se procede a tomar en cuenta las recomendaciones sobre la estimación de población, realizadas por el código ecuatoriano de la construcción y por la normativa colombiana RAS 002.

En ambas se establecen diferentes métodos de cálculo, pero se tomará los métodos: aritmético, geométrico y exponencial debido a que, son los tres métodos son los más recomendados para cuando los sistemas son de sistema con baja.

La proyección aritmética se calculará con la siguiente expresión:

$$Pt = Po + ka(t - to)$$

Ecuación No. 8 - Proyección de población, método aritmético.

Donde:

Pt: Población futura en tiempo t (hab.)

Po: Población inicial en el año to. (hab.) = 35 hab.

t: Año de la población futura = 2029 año

to: Año inicial = 2019 año

ka: tasa constante de crecimiento de población (hab/años)

$$ka = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

Ecuación No. 9 - Tasa Constante de crecimiento poblacional.

Donde

P_2 y P_1: son poblaciones en un tiempo t_2 y t_1, respectivamente.

Reemplazando datos se obtiene:

$$ka = \frac{146\ hab. - 35\ hab.}{2040 - 2019} = 5.286\ {}^{hab.}/_{año}$$

La proyección geométrica se calculará con la siguiente expresión:

$$Pt = Po \times (1 + r)^{t - to}$$

Ecuación No. 10 - Proyección de población, método geométrico.

Donde

r: tasa geométrica de crecimiento de población (hab/años)

$$r = \frac{P_2}{P_1}^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1$$

Ecuación No. 11 - Tasa geométrica de crecimiento poblacional.

Reemplazando datos se obtiene:

$$r = \frac{146}{35}^{\frac{1}{2040 - 2019}} - 1 = 0.070\ {}^{hab.}/_{año}$$

Mientras que la proyección exponencial se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\ln Pt = \ln Po + kp(t - to)$$

Ecuación No. 12 - Proyección de población, método exponencial.

Donde:

kp: tasa exponencial crecimiento de población (hab/años)

$$kp = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

Ecuación No. 13 - Tasa Exponencial de crecimiento poblacional.

Reemplazando datos se obtiene:

$$kp = \frac{\ln 146 - \ln 35}{2040 - 2019} = 0.068\ {}^{hab.}/_{año}$$

Procesando los datos, se obtuvo una proyección aritmética 88 habitantes, por método geométrico 71 habitantes y por exponencial 70 habitantes, se toma el valor obtenido por el método aritmético por ser el más conservador, entonces:

Población en el año 2029: 88 ocupantes al día

4.5.1.5. Dotación

Para la población tomamos lo expuesto en el numeral 4.1.2. Producción de aguas residuales, en el que se establece:

Dotación: 60 l/persona/día

Esta será aumentada en un 10% como factor de mayoración y ser más conservadores.

4.5.1.6. Caudal de aguas residuales

Para determinar el caudal medio de AR, la Comisión Nacional del Agua (2011) sugiere que el caudal de diseño de las redes de alcantarillado debe ser el caudal medio diario de abastecimiento de agua potable multiplicado por un factor de retorno de 0.8 para zonas con poblaciones menores a 3000 habitantes.

Para obtener el caudal medio diario futuro de aguas residuales, que es el caudal de diseño, se aplica la siguiente expresión:

$$Q_{med} = F \times \frac{P \times D}{86400}$$

Ecuación No. 14 - Caudal de Aguas Residuales

Donde:

Q_{med}: Caudal medio de agua residuales (l/s)

F: Factor de retorno, 0.8 (Comisión Nacional del Agua, 2011)

P: Población en número de habitantes

D: dotación en litros por habitante al día

Procesando los datos se obtiene:

$$Q_{med\ 2029} = 0.8 \times \frac{88\ hab. \times 60\ \frac{l}{hab.\ día}}{86400\ \frac{s}{día}} = 0.05432\ \frac{l}{s}$$

$$Caudal\ de\ diseño = Q_{med\ AR} = 0.05432\ {}^{l}/_{s}$$

Para el diseño de las obras de llegada, según el C.E.C. deben ser dimensionadas con el caudal máximo horario (Q_{MH}), mediante el producto del caudal medio en el horizonte de diseño y el coeficiente de mayoración. Este coeficiente será el calculado mediante ecuaciones de la literatura técnica debido a que no existen posibilidades de medición.

$$Q_{MH} = Q_{med\ AR} \times F$$

Ecuación No. 15 - Caudal Máximo Horario.

El coeficiente mayoración según la norma colombiana RAS 2011 establece que el método de Babbit & Bauman (1971) y Gaines (1992) deben ser utilizado entre caudales de 0.28l/s y 4250 l/s debido a que pueden presentarse factores demasiado altos y poco reales.

La Comisión Nacional del Agua (2011) establece que, el factor de mayoración es 3.80 cuando las poblaciones son menores a 1000 habitantes, por lo que se selecciona este valor. Entonces:

$$Q_{MH} = 0.05432\ {}^{l}/_{s} \times 3.8 = \ 0.206\ {}^{l}/_{s} = 0.743\ {}^{m^3}/_{h}$$

Este último caudal, que es el caudal máximo horario, se ocuparía para el diseño de las obras de llegada y para la verificación de sedimentos, pero no será posible debido a que es un valor muy bajo que no permite cumplir con los límites hidráulicos establecidos para las infraestructuras mencionadas.

4.5.2. Obra de llegada.

La obra de llegada es una caja de revisión ubicada al inicio del sistema que recepta las aguas, esta se encuentra conectada por una tubería a la última caja de revisión del edificio del CISeAL, aguas arriba.

Es preciso establecer que el caudal, al ser tan pequeño y no uniforme, no puede ser medido en sitio por lo que se decide no aplicar sistemas de medidores de caudal, al inicio del sistema. De igual manera, no se requiere de estructuras que regulen el caudal de entrada debido a que las estructuras están diseñadas para soportar la producción de AR en el horizonte de diseño.

4.5.2.3. Tubería de llegada.

El diseño fue realizado para permitir la conexión entre la última caja de revisión y la caja de llegada, bajo los parámetros de una tubería de alcantarillado.

La principal consideración para el diseño es que el agua debe circular a flujo libre, por lo que para el diseño hidráulico de la tubería se ocupará la fórmula de Chezy modificada por Manning:

$$v = \frac{1}{n} \times r^{2/3} \times s^{1/2}$$

Ecuación No. 16 – Ecuación de Manning [2].

Donde:

v: velocidad con tubo parcialmente lleno, m/s

r: radio hidráulico con tubo parcialmente lleno, m

s: pendiente con tubo parcialmente lleno, m/m

n: coeficiente de Manning

Los datos utilizados fueron las coordenadas y altura del inicio y del fin de la tubería, y el diámetro preestablecido. Se presentan las siguientes coordenadas:

	X	Y	Z (msnm)
CAJA DE REVISIÓN	507834.420	9980171.83	2386.500
OBRA DE LLEGADA	507870.430	9980137.39	2385.000

Tabla No. 31 – Coordenadas de inicio y fin de tubería.

La altura de llegada fue seleccionada con el fin de cumplir con el numeral 5.2.1.5 del C.E.C., en el que se establece que la tubería debe estar mínimo a 1.20 m de profundidad cuando soporta tránsito vehicular.

Aunque previamente se seleccionó un periodo de diseño de 10 años, al ser diseñado como una tubería de alcantarillado se tomará la recomendación del C.E.C, cuyo periodo de diseño debe ser entre 25 a 30 años, siendo 25 años el periodo seleccionado buscando así de reducir costos futuros.

- **Caudal**

Para estas estructuras se toma otros valores debido a que la colocación de las tuberías cada 10 años resulta muy costoso, y al ser elementos que tienen vidas útiles altas se decide darle un periodo de diseño de 25 años como se mencionó anteriormente.

[2] Cuando en la ecuación se presenta una simbología de letras mayúsculas se interpreta como si se trabajara con tubo lleno.

Los cálculos para la población y caudales se los realiza con los métodos explicados en las secciones 4.1.2 Producción de aguas residuales y 4.5.1 Caudal de diseño. Para un periodo de diseño de 25 años, respectivamente. Con ello se obtiene lo siguiente:

	INICIAL	FUTURA
Población	35	168
Qmda, L/s	0.02160	0.10370
QMH, L/s	0.0821	0.394

Tabla No. 32 – Caudales para el diseño de la tubería de conexión.

- **Pendiente**

Para el cálculo de la pendiente se utilizará la siguiente expresión:

$$Pendiente = \frac{Altura\ de\ llegada - Altura\ de\ salida}{Longitud} \times 100\%$$

Ecuación No. 17 – Cálculo de la pendiente

Calculando con lo propuesto en Tabla No. 31 – Coordenadas de inicio y fin de tubería. Con una longitud de 49 m, se obtiene una pendiente del 3.01%.

- **Diámetro**

Para ello deberemos tomar en cuenta la hidráulica de tuberías que se presenta a continuación:

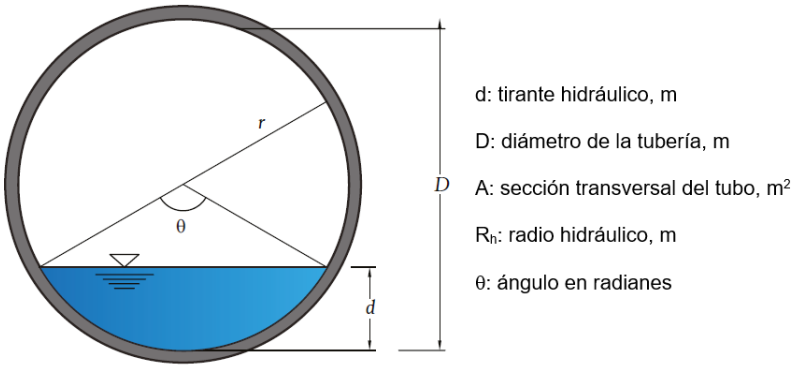


Figura No. 16 – Características hidráulicas de la tubería circular. Adaptado de: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 104)

Con ello se obtienen las siguientes relaciones:

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

Ecuación No. 18 – Ángulo del tirante de agua.

$$a = \frac{D^2}{8}(\theta - \sin\theta)$$

Ecuación No. 19 – Área transversal de una tubería parcialmente llena.

$$r = \frac{D}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)$$

Ecuación No. 20 – Radio hidráulico de una tubería parcialmente llena.

El diámetro usado puede ser de 150 mm justificando las razones de su uso (Comisión Nacional del Agua, 2016), por tanto, inicialmente se selecciona 160 mm debido a que la tubería de llegada a la caja de revisión es de 160 mm.

Para determinar la capacidad se ocupará el Q_{MH} en el año horizonte de diseño de 0.394 l/s, y un d/D de 0.8, con ello se aplicará las ecuaciones obteniendo lo siguiente:

$$\theta = 4.4286\, rad$$

$$a = 0.017244\, m^2$$

$$r = 0.049\, m$$

Para el n de Manning, los autores Araya, González, & Jiménez (2018) establecen que para tuberías PVC el coeficiente puede varias a 0.00853 a 0.01361 con un promedio de 0.0098. Así también la *Pipe Association Technical Brief* en su informe *Mannings "n" for PVC Gravity Sewer Pipe* establece que el valor adecuado para el diseño debe ser 0.009.

Tomando en cuenta las recomendaciones se decide tomar un n=0.010, aplicamos la ecuación de Manning de la cual se obtiene:

$$Q = 0.03573\, {}^{m^3}/_{s} = 35.73\ {}^{l}/_{s}$$

La tubería tiene un sobredimensionamiento evidente pero debido a que la tubería que le precede es de 160 mm, se deberá colocar un diámetro igual a este, a fin de no causar obstrucciones por causa de reducciones de diámetro.

La Organización Panamericana de la Salud (2005) establece que “en las redes de alcantarillado de pequeño diámetro, no es necesario mantener una velocidad mínima de

autolimpieza, ya que estas se diseñan para recolectar solamente la fase líquida del agua residual" (pág. 39).

Es decir, que cuando se emplean tuberías menores de 200 mm, no es necesario cumplir con pendiente ni velocidades de autolimpieza ya que estas generalmente se diseñan para la recolección de las AR grises y no tienen cargas sedimentables considerables.

Sin embargo, establece que se debe calcular la velocidad mínima con un tirante de 0.20. Así aplicando las ecuaciones No. 16,17 y 18 se tiene:

$$\theta = 1.8545\, rad$$

$$a = 0.002863\, m^2$$

$$r = 0.01925\, m$$

Y aplicando la ecuación de Manning:

$$v = 1.25\ {}^{m}/_{s} > 0.45\ {}^{m}/_{s}\ OK$$

A continuación, se presenta las condiciones hidráulicas de la tubería de entrada:

Característica	Símbolo	Unidad	Valor
Forma			Circular
Dimensiones		m	r = 0.160
Pendiente	s	m/m	0.0353
Material del conducto			PVC
Rugosidad	n	$s/m^{1/3}$	0.010

Tabla No. 33 - Condiciones hidráulica de la tubería de entrada a la PTAR piloto.

4.5.2.4. Caja de revisión

El caudal máximo, con el cual deben ser diseñadas las obras de llegada, es muy pequeño por lo que cualquier obra que se decida diseñar no cumple con los parámetros hidráulicos establecidos en las normas, además de no ser factible su construcción.

Con dicha justificación, en este proyecto se ha decido que la obra de llegada sea una caja de revisión que cumpla con las dimensiones mínimas internas de 60 cm x 60 cm x 60 cm, establecidas por el C.E.C. en el numeral 5.2.3 pozos y cajas de revisión.

La tubería de entrada será de 160 mm de diámetro mientras que la tubería de salida será de 110 mm debido a que el tratamiento posterior a esta caja será el biodigestor autolimpiable Rotoplas, cuya tubería de entrada sin importar el volumen del tanque tendrá una entrada de 110 mm (4”) de diámetro, por lo que se selecciona a este como el tamaño de salida del tanque de entrada.

En lo que se refiere a capacidad de las tuberías, como se explicó en la sección anterior, el caudal es sumamente pequeño por lo que no existirían problemas de capacidad de conducción.

La caja estará conformada por paredes y una loseta de hormigón simple de f’c=180 kg/cm^2 impermeabilizado de 10 cm de espesor, dentro de esta caja se encontrará el tratamiento preliminar que se explicará más adelante.

A continuación, se presenta las características de la obra de llegada a la PTAR piloto:

Característica	**Unidad**	**Valor**
Dimensiones	m	b= 0.60 m; L=0.60 m h=0.70 m; e=0.10 m
Material		Hormigón Simple (f’c= 180 kg/cm^2)
Pendiente	%	16.67

Tabla No. 34 - Condiciones de la obra de llegada de la PTAR piloto.

Para asegurar el flujo se dispondrá de una pendiente que corresponda a que la tubería de entrada este 10 cm más arriba que la de salida (Damián & Chalán, 1994) como se muestra en el siguiente esquema de la obra de llegada con el tratamiento preliminar:

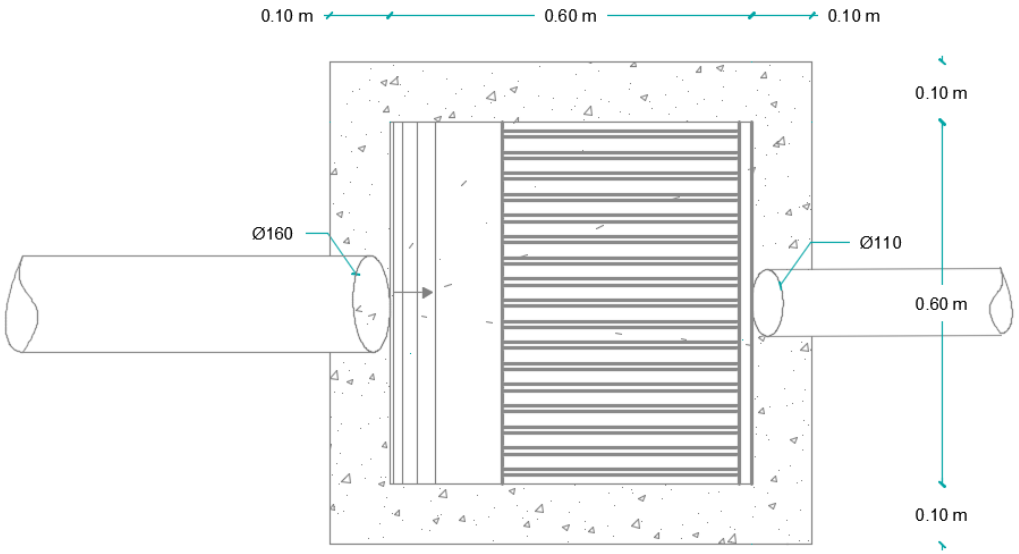


Figura No. 17 - Obra de llegada y tratamiento preliminar.

4.5.3. Tratamiento preliminar.

Para este se ha seleccionado un proceso únicamente de cribado, no se requiere desengrasadores debido a que el agua procede únicamente de los cuartos de baño, por lo tanto, no se tendrá cantidades significativas de grasas y/o aceites.

Como se mencionó en el anterior numeral, el caudal es muy pequeño para cumplir las condiciones hidráulicas de diseño. Uno de esos parámetros es la velocidad de aproximación a la rejilla que al calcularla se obtienen valores muy pequeños debido a que la velocidad es proporcional al caudal.

Por lo tanto, se selecciona una rejilla que geométricamente toma en cuenta las recomendaciones del numeral 5.3.3.4 diseño de cribas del C.E.C. y del Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario.

Con dichas indicaciones se obtiene las siguientes características geométricas:

Inclinación: la rejilla será de limpieza manual, las recomendaciones establecen que deben tener una inclinación respecto a la horizontal de 45° a 60°, se selecciona 60°.

Longitud de la rejilla:

$$L = \frac{h}{\sin\theta}$$

Ecuación No. 21 - Longitud de rejilla

Donde:

L: longitud de la reja, m

h: altura del canal, m

θ: ángulo de inclinación, °

$$L = \frac{0.70\ m}{\sin 60°} = 0.808\ m$$

Número de barras (n):

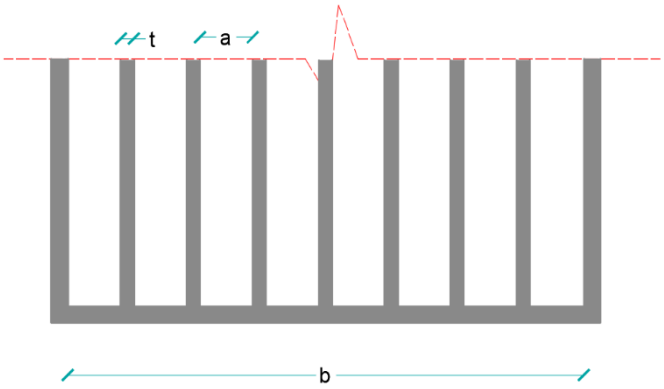


Figura No. 18 - Características de una rejilla.

$$n = \frac{b - a}{a + t} - 1$$

Ecuación No. 22 - Número de barras de rejilla

Rejilla No. 1:

$$b = 0.60\ m;\ t = 10\ mm;\ a = 25\ mm$$

$$n = \frac{0.60\ m - 0.025\ m}{0.025\ m + 0.01\ m} - 1 = 16\ barras$$

Arreglo de barras:

- Ancho del canal = 0.60 m
- 16 barras de espesor 10 mm = 0.16 m
- 17 espacios de 25 mm = 0.425 m
- $\sum$ = 0.585 m $<$ 0.60 m *OK*

Alternativa para el arreglo:

- 17 barras de espesor 10 mm = 0.17 m
- 16 espacios de 25 mm = 0.40 m
- 2 espacio extremos= 0.03 m
- $\sum$ = 0.60 m = 0.60 m *OK*

Se presenta las características de la rejilla:

Característica	Símbolo	Unidad	Valor
Forma			Rectangular
Dimensiones		m	b= 0.60 m L=0.81 m
Inclinación	θ	°	60
Limpieza			Manual
Material			Metálica
Número de barras			17
Espesor de barras	t	mm	10
Esparcimiento	a	mm	25

Tabla No. 35 - Características del tratamiento preliminar de la PTAR piloto.

4.5.4. Tratamiento primario.

La selección del biotanque está en función de la investigación Tratamiento de Aguas Residuales con Fosa Séptica Convencional y Fosa Séptica Prefabricada, en la que se analizan 3 biodigestores de Perú, que son los mismos que se comercializan en el Ecuador.

Entre ellos se tiene:

- Biodigestor autolimpiable de la marca Rotoplas
- Biotanque Séptico Modelo 2000 Litros de la marca Plastigama

La principal ventaja del biotanque Rotoplas es el hecho que el tanque es autolimpiable ya que solo posee una llave que permite extraer los lodos del fondo del tanque, mientras que el biotanque de plastigama debe limpiarse en el caso de querer ser reutilizado.

Los biotanques de Rotoplas tienen un tiempo de vida útil de 45 años mientras que los de Plastigama pueden durar alrededor de 10 años si es que no se les da un mantenimiento.

Según los catálogos de los fabricantes, el biodigestor de Plastigama tiene dos capacidades de 1200 litros y 2000 litros mientras que el biodigestor de Rotoplas tiene una gama que alberga de los 600 litros a los 7000 litros.

A la actualidad el biotanque de plastigama se encuentra agotado o fuera de stock mientras que el biotanque Rotoplas está disponible en el mercado.

Es así como se decide ocupar el Biodigestor Autolimpiable Rotoplas que cumple con la normativa normativa NOM-006-CONAGUA-1997: Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba y por la facilidad de instalación, operación y mantenimiento, además que este tipo de tanques se encuentran fácilmente en el mercado nacional. A continuación, se presenta el tanque séptico a utilizar:

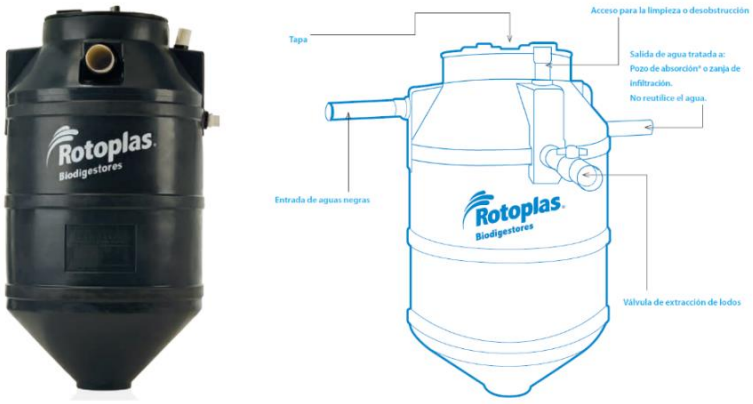


Figura No. 19 - Biodigestor Autolimpiable Rotoplas. (Rotoplas Ecuador, 2019)

Para la OPS (2005) los tanques sépticos deben ser ocupados en poblaciones con menos de 350 habitantes futuros, su periodo de retención hidráulico se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(P \times Q)$$

Ecuación No. 23 - Periodo de retención hidráulica para tanque sépticos convencionales. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005)

Donde:

PR: periodo de retención hidráulica, días

P: es la población para servir

Q: Caudal de aporte unitario de aguas residuales, litros/habitante. Día

Aplicando los datos de población futura de 88 habitantes y un uso de 60 l/Hab día, se tiene:

$$PR = 9.20\ horas$$

El mínimo es de 6 días según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, sin embargo, se debe considerar que al ocupar un tanque séptico prefabricado tenemos un periodo de retención es de 1 día (24 horas) (Rotoplas Ecuador, 2019).

Prudencio Gonzáles y Vargas Simeón (2018) concluyen que los biodigestores prefabricados existentes en el Perú, mismos que son comercializados en el Ecuador, poseen una remoción de DBO de más del 90% y más del 40% de remoción de SST en un periodo de retención de 8 días.

De igual manera varias investigaciones sugieren que la eficiencia de remoción de DBO, en tanques sépticos de concreto con un tiempo de retención de 1 día, pueden llegar hasta el 40% mientras que se puede alcanzar remociones del 80% en coliformes fecales (Constantino, Medina, Beltrán, & Juárez, 2015),

Este criterio se podría establecer que se comparte con los tanques prefabricados que, aunque no se encuentra comprobado en su todo, se podría decir que su eficiencia de remoción en un día llega a menos del 40% (Hegg, 2018).

El tanque seleccionado tiene una retención de un día, según su ficha técnica, la eficiencia de remoción del DBO que se asume es del 40% debido a que estos son datos un tanto corroborados de investigaciones realizadas.

Tomando en cuenta lo mencionado, y además considerando que lo que se busca es el estudio del tratamiento secundario no convencional, el tiempo será reducido a un total de 3 horas que corresponde a la mitad del tiempo de retención mínimo recomendado para tanques prefabricados, según la norma NOM-006-CONAGUA-1997.

Esto con el motivo que no se requiere que se traten las aguas para obtener eficiencias altas y así permitiendo experimentar con el tratamiento secundario que es el objetivo de este proyecto.

Considerando esto el volumen del tanque se lo calculará con la siguiente expresión:

Donde

V: Volumen de retención, m^3

Q: caudal medio diario, l^3/h

PR: tiempo de retención hidráulico, h

$$V = Q \times PR$$

Ecuación No. 24 - Volumen de retención.

Reemplazando los datos de caudal y tiempo de retención se obtiene:

$$V = 586.668\, l \approx 600\, l$$

Se selecciona el tanque comercial más pequeño con un periodo de retención de 3 horas.

4.5.5. Tratamiento secundario.

Como se mencionó en la sección 4.4.4 Selección del tratamiento secundario., serán tres lagunas con un total de 5 sistemas de tratamiento.

Para el diseño se considerará a los sistemas de tratamiento con dimensiones mayores, debido a que estas no se podrían adaptar fácilmente a espacios reducidos, esta selección se basará en lo expuesto en el numeral 4.2.

Cabe mencionar que una vez diseñada la laguna se comprobará la adaptabilidad geométrica del otro sistema de tratamiento al espacio diseñado.

4.5.5.3. Laguna No. 1

Para la primera laguna se ha decido que el espacio debe ser compartido por un humedal de macrófitas flotantes y un humedal FWS de macrófitas emergentes debido a que ambas:

- Imitan a un reactor tipo pistón, es decir, que su sistema de recolección y distribución es el mismo.
- Su sistema de tratamiento únicamente requiere de plantas, no necesitan de lechos de material granular.

Así también se decide que las dimensiones dependerán del diseño de un humedal FWS debido a que esta requiere de mayor espacio.

Los aspectos por considerar para el diseño son (i) modelo de diseño a utilizar, (ii) temperatura, (iii) geometría, (iv) vegetación, (v) porosidad, (vi) caudal, (vii) eficiencia de remoción.

- **Modelo de diseño**

A lo largo de los años, específicamente desde el año 2005, se ha venido presentando modelos que permiten describir con mayor detalle los principales procesos que ocurren dentro del humedal, uno de esos modelo es el P-k-C* de Kadlec & Wallace (2009).

A pesar de todo, los manuales y normativas siguen considerando a los humedales como reactores tipo pistón y como un canal a flujo libre turbulento debido a su facilidad de cálculo. (Kadlec & Wallace, 2009).

Por facilidad de cálculo, representada por la Ecuación No. 2 - Cinética de primer orden para la remoción de DBO. . En este caso particular se ocupará la metodología y coeficientes de Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) cuyos coeficientes de reacción y Arrhenius serán de 0.678 d^{-1} y 1.06, respectivamente.

- **Tempertura**

Kadlec & Knight (1996) establecen que la temperatura del agua asumida para el diseño puede ser la temperatura ambiente, por lo tanto, tomará el caso el mes más frío del año con una temperatura media mensual de 16.4°C. Por tanto, la constante de reacción será de:

$$K_T = 0.678 \times 1.06^{16.4-20} = 0.550$$

- **Profundidad**

Los manuales de diseño de países como México y España, además de varias investigaciones de E.E.U.U, sugieren que la profundidad debe estar entre los 15 cm - 40 cm (Comisión Nacional del Agua, 2016; Salas, Pidre, & Sánchez, 2007; Dong-Qing, y otros, 2015) se selecciona una profundidad de 30 cm.

- **Vegetación**

Se sugiere el uso del carrizo (*Phragmites australis*), planta originaria de Europa y considerada como la planta más invasiva y antigua del continente americano, se caracteriza principalmente por su resistencia y adaptabilidad a terrenos llenos de agua o a suelos con presencia alta de nitrógeno (CONABIO, 2018). A continuación, se presentan las características de la planta:

Características

Tallo	Hasta 6 m de altura
Raíces	Hasta 60 cm de profundidad
Temperatura	Resistencia alta (0°-23°)
pH	4.5-7.5
Terrenos	Regiones montañosas donde la humedad sea mayor que los lugares bajos.

Figura No. 20 - Características del carrizo. (asturnatura.com, 2006)

Considerada en el Ecuador como una planta ancestral que cubre toda la región andina del país sobre todo en las provincias de Imbabura, Chimborazo y Azuay, esta es un planta de fácil adquisición ya que se la puede encontrar generalmente a los costados de las carreteras de la región Andina del Ecuador (Redacción El Tiempo, 2016).

Se presentan fotografías que evidencian la presencia de carrizo en la carretera Riobamba-Pallatanga cerca del poblado de Colta en la provincia de Chimborazo:




Fotografía No. 8 - Presencia de carrizo en la carretera Riobamba-Pallatanga. Provincia de Chimborazo-Ecuador

- **Porosidad**

Para establecer la porosidad se debe tomar en cuenta por donde va a circular el agua, ambos humedales obligarán a las AR a circular a través de vegetación poco robusta.

Para Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) esta debe estar entre 0.65-0.75. Así también, la EPA (1988) establece que la porosidad para este tipo de humedales se debe seleccionar 0.75.

- **Caudal**

Se ocupará el medio diario anual futuro $\left(Q_{mda} = 1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\right)$ debido a que si la laguna es diseñada para el máximo futuro estará demasiado sobredimensionada, lo que puede aumentar el área en planta y con ello el costo de construcción.

Para Kadlec & Wallace (2009) el caudal de diseño debe reducirse para considerar pérdidas o retenciones, sobre todo las pérdidas por el ciclo hidrológico del agua, conocido más como la evapotranspiración.

Aun así, para esta práctica no se ocupará esta sugerencia debido a que ya consideramos el Qmda que es mucho más conservador.

- **Eficiencia de remoción**

Si consideramos lo presentado en la Ecuación No. 2 - Cinética de primer orden para la remoción de DBO. esta requiere de la concentración de DBO del afluente y de la concentración deseada a la salida de la laguna.

Aunque se tiene los datos de concentración de entrada, para este caso se toma en cuenta únicamente en la relación de ambas concentraciones obtenidas a partir del porcentaje de remoción que se desea alcanzar a la salida de la laguna.

Para Kadlec & Wallace (2009) los humedales FWS pueden tener más del 70% de remoción de SST, DBO, nitrógeno y fósforo total. Mo, Dong-Qing, Jian Wen, & Soon Keat (2017) aseguran que los humedales aritficales FWS, aplicados en lugares de clima frio, tienen una eficiencia de remoción del 86.07% SST, 82.07% de remoción de DBO, 45.6% de nitrógeno total y 46.6% de fósforo total.

Dong-Qing, y otros (2015), establecen que la gran mayoría de humedales artificiales de FWS construidos en lugares tropicales y subtropicales, exceden del 80% de eficencia, aunque de igual manera la remoción de nitrógeno y fósforo total se encuentra en su mayoría por debajo del 60%.

Entonces, considerando lo expuesto por las investigaciones previas, se toma como eficiencia deseada de un 85% de remoción de DBO.

- **Pendiente**

Para la selección de la pendiente se establece que el valor debe estar entre 0.2% y 1% (Comisión Nacional del Agua, 2016; Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; Economopoulou & Tshirintzis, 2004; Environmental Protection Agency, 1988; Tilley, y otros, 2018).

Se selecciona así el 0.5% que es el valor usual de diseño.

- **Área**

Aplicando la Ecuación No. 5 - Área en planta que ocupa el humedal artificial, se obtiene un área en planta de 24 m^2

- **Relación L: W**

Para Haiming, y otros (2015) la relación L:W de una humedal FWS debe encontrarse entre 3:1 a 5:1, para Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade (2010) de 2:1-7:1 y para Crites & Tchobanoglous (1998) de 2:1-4:1. Se toma una relación L/W de 3 se obtiene las siguientes dimensiones:

L= 8.5 m; **W=** 3 m; **D=** 0.3 m

Borde libre= 0.25 m

- **Tiempo de retención teórico (Hidraulic Retention Time, HRT)**

Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) sugiere que este debe ser calculado mediante la expresión representada en la Ecuación No. 4 - Tiempo de retención del humedal artificial., aplicando dicha ecuación se obtiene:

$$t = 3.67\ días \approx 4\ días$$

Un tiempo adecuado de retención se encuentra entre los 5 a 30 días (Haiming, y otros, 2015) su variación depende de las dimensiones, porosidad y caudal.

El tiempo obtenido se encuentra por debajo de lo establecido esto es debido a que los datos presentados por Haiming, y otros (2015) poseen mayor área y un caudal significativamente más grande y por tanto, una carga hidráulica mayor.

Kadlec y Wallace (2009) establecen que la carga hidráulica y el tiempo de retención son casi proporcionales por lo que los tiempos de retención pueden variar significativamente.

- **Carga Hidráulica Superficial (Hidraulic Loading Rate, HLR)**

Para el cálculo de la carga hidráulica se empleará la siguiente expresión:

$$HLR = \frac{Q_{mda}}{A}$$

Ecuación No. 25 - Carga Hidráulica.

Donde:

Q_{mda}: caudal medio diario futuro de diseño, m^3/día

A: sección transversal del humedal, m^2

Aplicando los datos se tiene

$$HLR = 6.135\ {}^{cm}/_{d}$$

Para Kadlec & Wallace (2009) los sistemas de humedales artificiales pueden trabajar bajo diferentes HLR y es necesario tomar en cuenta que los valores de K_T son casi proporcionales a la HLR o inversamente proporcional al HRT, es decir, que la velocidad de remoción del DBO es la que condiciona la carga hidráulica y así mismo el tiempo de retención.

Y es importante señalar la HLR y HRT no van de la mano en lo que respecta humedales FWS ya que si incrementamos la profundidad de la laguna aumentaremos el tiempo de retención, pero no se disminuirá la HLR.

Algunas recomendaciones para la carga hidráulica

Carga Hidráulica (cm/día)	Autor
0.7-5	(Kadlec & Knight, 1996)
<10	(Haiming, y otros, 2015)
1.5-5	(Environmental Protection Agency, 1988)
1.4-4.6	(Metcalf & Eddy Inc., 1995)
0.7-6	(Wood, 1995)

Tabla No. 36 - Cargas hidráulica recomendadas para humedales FWS.

Según las investigaciones realizadas antes del año 2000 nuestro parámetro se encuentra muy por encima de lo establecido esto se debe a que partir del año 2005, varias investigaciones concluyeron que la carga hidráulica teórica obtenida a partir de la ecuación típica no refleja la realidad.

- **Hidráulica de un humedal FWS**

Es necesario establecer que considerar a un humedal FWS con la teoría de canal abierto, al que se le aplica la ecuación de Manning, es algo no conveniente debido a que: (i) la ecuación de Manning es adecuada para un régimen turbulento, los humedales FWS se encuentran dentro de un régimen laminar (ii) los efectos de fricción considerados por Manning son provocados por las condiciones geométricas en el fondo del canal mientras que la pérdida en los humedales se producen por la presencia de las macrófitas (Kadlec & Wallace, 2009).

Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) proponen que un humedal FWS puede modelarse hidráulicamente como un canal a flujo libre aplicando la ecuación de Manning modificada por un n que considera la resistencia producida por la vegetación, para ello ocuparemos la siguiente ecuación:

$$v = a \times h^{b-1} \times S^{c}$$

Ecuación No. 26 - velocidad de flujo (Kadlec & Wallace, 2009)

Donde:

a,b,c: parámetros de fricción

h: profundidad de agua, m

S: pendiente, m/m

Si reemplazamos c=1/2, b= 5/3 (French, 1985) y $a = \frac{h^{\frac{1}{2}}}{a'}$

Y a': factor de resistencia $s.m^{1/6}$ (Reed, Crites, & Middlebrooks, Natural Systems for Waste Management and Treatment, 1995) puede tomar valores de:

- 0,4 s $m^{1/6}$ para vegetación escasa y y>0,4 m.
- 1,6 s $m^{1/6}$ para vegetación moderadamente densa con profundidades de AR de y≈0,3 m.
- 6,4 s $m^{1/6}$ para vegetación muy densa y capa de residuos, en humedales y ≤ 0,3 m

Entonces tomando un valor de 6,4 s $m^{1/6}$ debido a que la profundidad del agua es igual a 0.3 m y la vegetación tendrá una separación entre sí de 0.80 m, se tiene:

$$v = 6.4\ sm^{1/6} \times 0.3^{5/3-1} \times 0.005^{1/2} = 243.033 \frac{m}{d}$$

La ecuación de Reynolds sirve para determinar el régimen del flujo, laminar o turbulento, se la se lo calcula mediante la siguiente expresión:

$$Re = \frac{h \times \rho \times v}{\mu}$$

Ecuación No. 27 - Número de Reynolds para humedal FWS.

Donde

Re: Número de Reynolds

ρ: densidad del agua, kg/m^3

v: velocidad del flujo, m/s

μ: viscosidad del agua, kg/m. s

El valor máximo del número de Reynolds permitido sin vegetación es de 2.500, para un humedal de una profundidad de 0.30 m o menor, el número de Reynolds debe ser mucho menos que 2.500, aproximándose a 200, y generalmente con una velocidad menor a 700 m/d (Kadlec & Wallace, 2009).

Xu, Wu, & Sun (2014) sugieren que para el diseño con aguas residuales la viscosidad debe ser de dos a tres veces más que la del agua y tomando en cuenta que el agua tendrá una temperatura de 16.4°C, entonces se la viscosidad será de 0.0032934 kg/m.s con una densidad de 998.12 kg/m^3.

$$Re = \frac{0.3\ m \times 998.12\ {}^{kg}/_{m^3} \times 243.033\ {}^{m}/_{d}}{0.0032934\ {}^{kg}/_{m.\,s} \times 86400\ {}^{s}/_{d}} = 255.75\ < 2500\ OK$$

- **Sistema de distribución y recolección**

Para Estrada (2010) los sistemas de humedales requieren de un flujo uniforme, sin zonas muertas con el fin de alcanzar los rendimientos deseados, es por esta razón que se recomienda que para la entrada y salida de los humedales se debe disponer de tuberías perforadas que se extiendan a lo largo del ancho de la laguna.

A continuación, se presentan las diferentes formas de distribución del agua a través de un humedal.

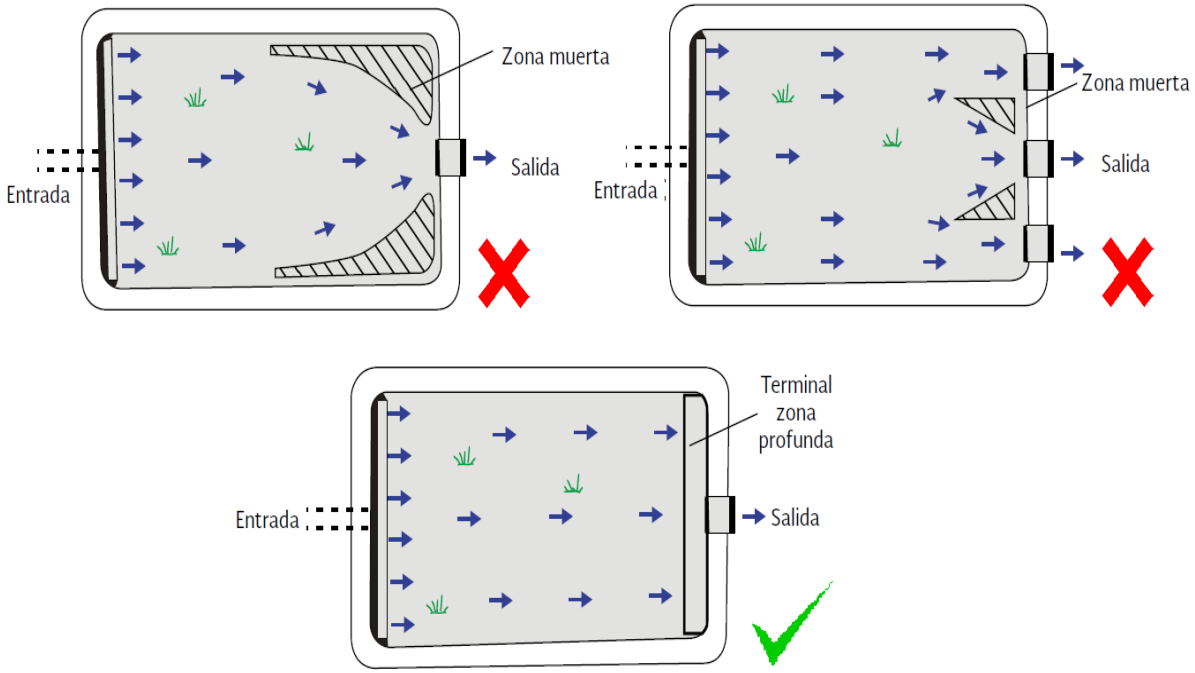


Figura No. 21 - Circulación de flujo a través de un humedal. (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 45)

La Comisión Nacional del Agua (2016) establece que la distribución para evitar zonas muertas debe ser:

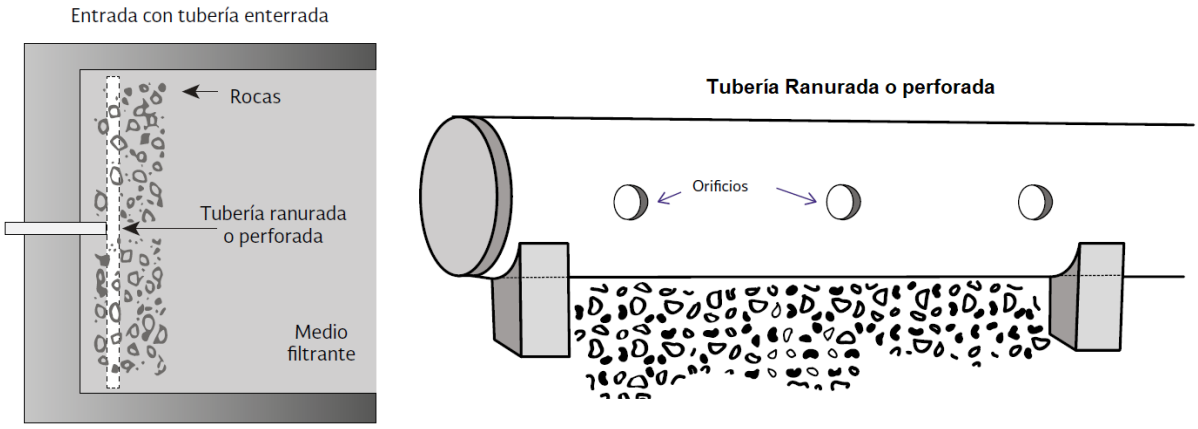


Figura No. 22 - Sistema de distribución humedales. Elaborado por: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 47)

Se utilizará tuberías de alcantarillado perforadas de 110 mm con una inclinación del 1%. La Comisión Nacional del Agua (2016) sugiere que en el caso de no existir disponibilidad en el

mercado de las tuberías mencionadas anteriormente se ocupará tuberías de agua potable de 110 mm perforadas con orificios de 3-5 mm cada 0.5 m.

- **Salida de agua**

Se ocuparán cajas de revisión de 60 cm x 60 cm x 70 cm, paredes de 10 cm de espesor de hormigón simple f'c= 180 kg/cm^2, con tapa metálica para evitar la contaminación del efluente. Como el efluente será pequeño no será necesaria la tubería vertical que se presenta en la figura anterior.

En la siguiente imagen se presenta un esquema de la salida:

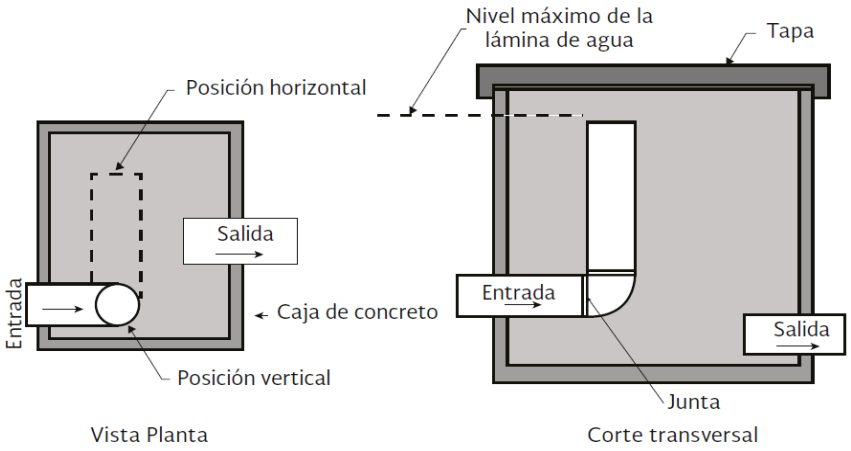


Figura No. 23 - Caja de revisión a la salida del efluente de la laguna No. 1. Elaborado por: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 46)

- **Muestreo**

El muestreo tendrá como objetivo tomar muestras de agua en diferentes puntos de la laguna con el fin de analizar la calidad del agua y con ello deducir el comportamiento de la laguna.

Para esto se dispondrán en el humedal FWS, 2 tuberías de PVC de 110 mm perforadas con un orificio menor al del tamaño d10 del material granular cada 3 m, esta deberá ser sujetada en la base de la laguna y ser obstruida para que no entre el agua del fondo de la laguna.

- **Impermeabilización de la laguna**

Para evitar las filtraciones y daños por labores de limpieza y mantenimiento, la laguna deberá ser recubierta con una geomembrana de polietileno con un espesor mínimo de 5 mm.

- **Disposición de los componentes en la laguna**

Se presenta a continuación una sección del humedal FWS para entender la composición de las capas de material:

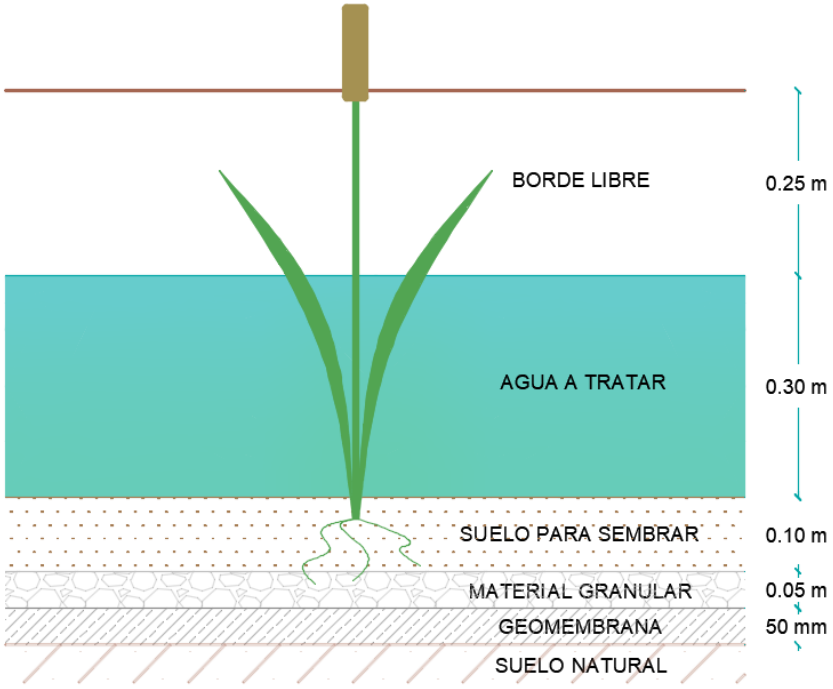


Figura No. 24 - Capas que compone el humedal FWS.

El corte longitudinal y transversal de la laguna junto con los muestreadores, disposición de las tuberías y la vegetación:

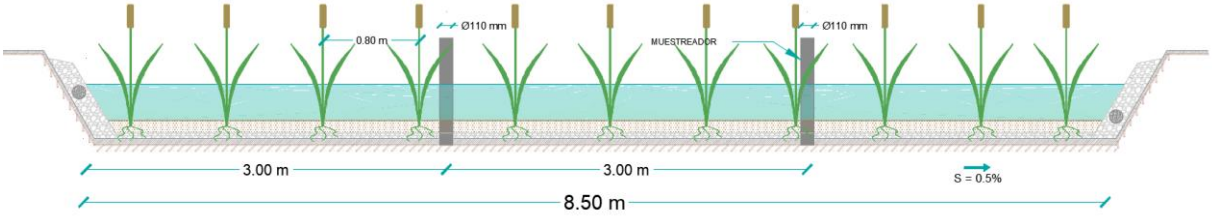


Figura No. 25 - Corte longitudinal del humedal FWS. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

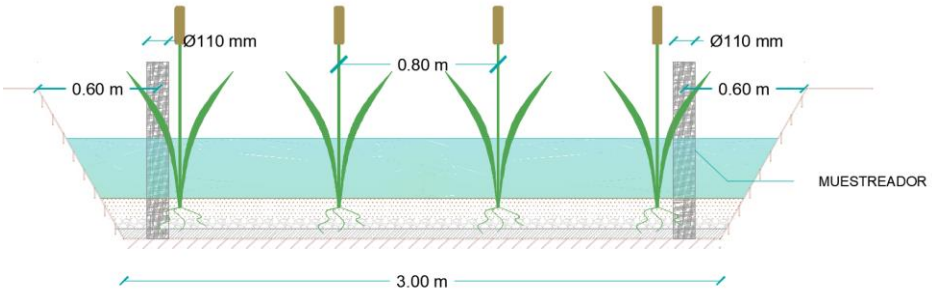


Figura No. 26 - Corte transversal del humedal FWS. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

El talud para esta laguna será de 60° como lo establece las recomendaciones (Comisión Nacional del Agua, 2016; Salas, Pidre, & Sánchez, 2007):

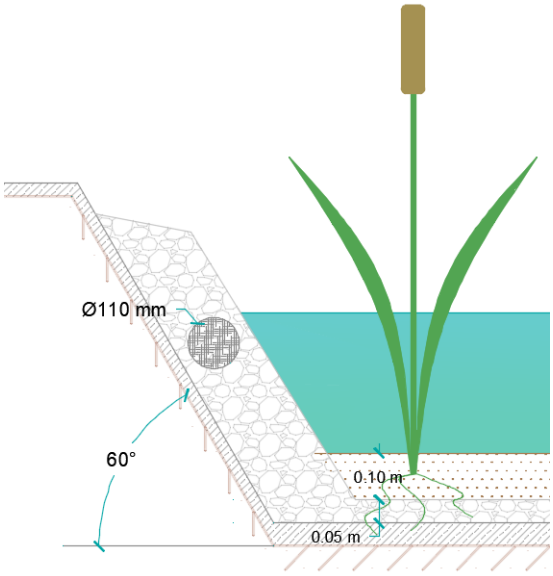


Figura No. 27 - Inclinación de talud en laguna.

La vista en planta efleja que la separación entre plantas debe ser de 0.80 m:

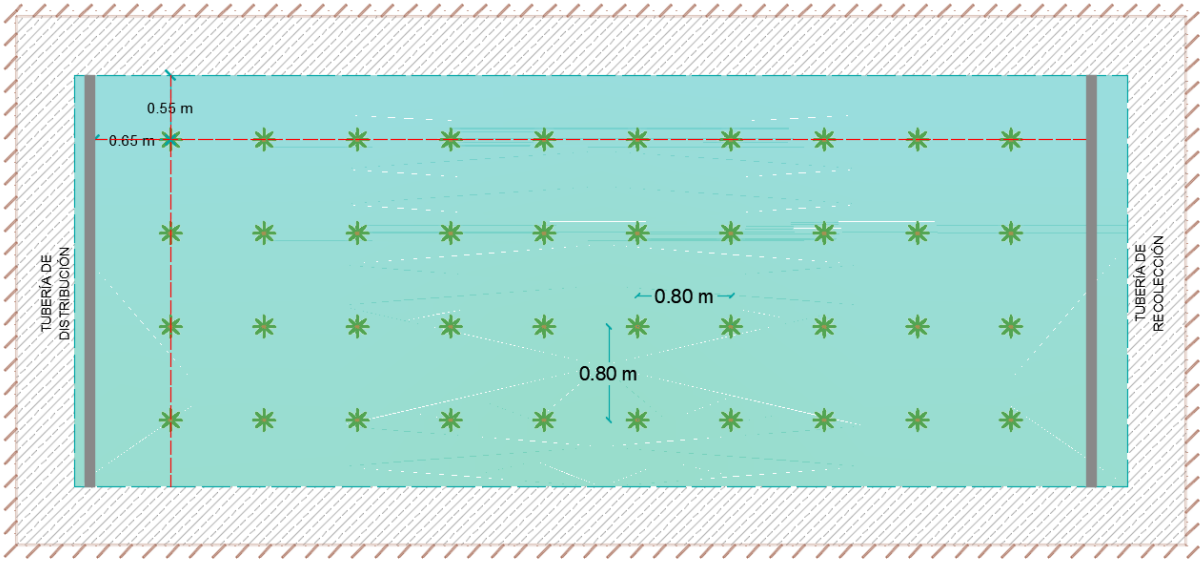


Figura No. 28 - Vista en planta del humedal.

- **Construcción del humedal artificial**

Al ser objetivo del proyecto el analizar el tratamiento secundario se le da énfasis al proceso constructivo.

Los manuales de humedales artificiales indican el siguiente proceso:

1. Replanteo y nivelación.
2. Excavación del espacio necesario añadiendo una inclinación a las paredes de 60°.
3. Colocación una geomembrana de polietileno, PVC o polipropileno que cubra todo el espacio que ocuparía el AR.
4. Disposición las tuberías de entrada y salida.
5. Colocación del material granular en la base del lecho y alrededor de las tuberías para producir una zona de amortiguamiento.
6. Preparación del terreno para plantar la vegetación.
7. Siembra de la vegetación, para este tipo de humedal solo debe estar visto desde el tallo.

- **Adaptación del otro sistema**

Comparando las dimensiones geométricas obtenidas en el prediseño de los humedales artificiales con macrófitas flotantes podemos decir que el espacio está apto para albergar a este tipo de tratamiento.

FWS		Macrófitas flotantes
L= 8.5 m	>	L= 6.8 m
W= 3 m	>	W= 2.5 m
D= 0.3 m	<	D= 0.4 m

Aunque la altura de agua es mayor, se puede adaptar ya que la altura total de la laguna es de 0.55 m.

4.5.5.4. Laguna No. 2

La segunda laguna está compuesta por un único sistema, humedal artificial SSF de flujo horizontal, la característica principal de este es que las AR circulan de manera horizontal a través de un empaque granular, arena o grava, imitando al reactor de flujo tipo pistón.

Los aspectos por considerar para el diseño son (i) modelo de diseño a utilizar, (ii) temperatura, (iii) geometría, (iv) vegetación, (v) porosidad y material d empaque, (vi) caudal, (vii) eficiencia de remoción. Además de considerar otros aspectos como el tiempo de retención, la hidráulica, estructuras de entrada, salida y muestreo.

- **Modelo de diseño**

Para esta laguna existen varias modelos como los de regresión, los de cinética de primer orden, los modelos dinámicos y los compartimentales.

Para Rousseaua, Vanrolleghemb, & De Pauw (2004) en su investigación *Model-based design of horizontal subsurface flow constructed treatment wetlands: a review* concluyen que el mejor método es el de cinética de primer orden.

Por tanto, se toma a este como modelo de diseño que está representada por la Ecuación No. 2 - Cinética de primer orden para la remoción de DBO.

Los coeficientes que se ocuparán son los propuestos por Reed & Brown (1995) cuyos coeficientes de reacción y Arrhenius son de 1.104 d^{-1} y 1.06, respectivamente.

- **Tempertura**

Se asumirá la temperatura ambiente como la temperatura del agua como lo sugieren Kadlec & Knight (1996), entonces para el diseño se tomará el mes más frío del año con una temperatura media mensual de 16.4°C.

Por tanto, la constante de reacción será de:

$$K_T = 1.104 \times 1.06^{16.4-20} = 0.895$$

Las experimentaciones a escala piloto y real han demostrado que la temperatura es clave para el dimensionamiento y con ello eficiencia de remoción de las lagunas (Dong-Qing, y otros, 2015; Mo, Dong-Qing, Jian Wen, & Soon Keat, 2017), aunque los manuales para los humedales SSF sugieren que se diseñe las lagunas para el caso más desfavorable que es la temperatura mínima, no se realizará debido a que las temperaturas fluctúan entre los 9° y 25° y al tomar esta recomendación estaríamos sobredimensionando la estructura.

- **Profundidad**

La profundidad depende de altura de agua (h) que puede ir de 0.1 m a 0.60 m (Estrada Gallego, 2010) y la profundidad del lecho (δ), esta última puede tener profundidades entre 0.3 m y 1.0 m (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Para Kadlec & Wallace (2009) la profundidad de agua debe ser siempre menor a la profundidad del lecho ya que si sucede al contrario el humedal estaría inundado y actuando como un FWS, por tanto, se selecciona una h= 0.50 m (inicial) y δ=0.60 m.

- **Vegetación**

Se sugiere el uso del carrizo (*Phragmites australis*) de igual manera a la anterior laguna, referirse a Vegetación de la Laguna No. 1.

- **Porosidad (n) y conductividad hidráulica (k_s) del material de empaque**

Para la segunda laguna, el agua circulará a través de un material de empaque granular, cuyo diseño requiere la porosidad y conductividad hidráulica, la primera permitirá dimensionar biológicamente la laguna y la segunda permitirá determinar si hidráulicamente funciona.

Se toma en cuenta las porosidades obtenidas por los autores Domenech y Espinoza (2016) para los agregados gruesos de las canteras, Pifo y Pomasqui-San Antonio que son cercanas a la ciudad de Quito:

Cantera	Tamaño efectivo d10 (mm)	Porosidad (n)
Pifo	7.3	0.441
Guabo	6	0.398
Fucusucu V	6	0.361
Rosita	7	0.392

Tabla No. 37 - Porosidad de las canteras Pifo y Pomasqui-San Antonio. (Domenech & Espinoza, 2016, pág. 41)

Para lo que es conductividad hidráulica se ocupará datos de la literatura, aun así, para la aplicación se debe hacer un ensayo de permeabilidad al agregado que vaya a actuar en la laguna:

Tipo de medio	**Tamaño efectivo d10 (mm)**	k_s [a]	k_s [b]	k_s [c]	k_s [d]
Arena media	1	492	-	420	
Arena gruesa	2	984	100-1000	480	1000
Arena pedregosa	8	4920	500-5000	500	5000
Grava fina	16	-	1000-10000	-	7500
Grava mediana	32	9840	10000-50000	-	10000
Grava gruesa	128	98400	50000-250000	-	10000

a. (Secretariado Alianza por el Agua, 2008)
b. (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)
c. (Wood, 1995; Environmental Protection Agency, 1988)
d. (Environmental Protection Agency, 1993)

Tabla No. 38 - Conductividad hidráulica (m/d) de los lechos granulares.

Es importante mencionar que los autores Kadlec & Wallace (2009) mencionan a la obstrucción, de corto y largo plazo, como uno de los principales motivos por lo que los cálculos no reflejen la realidad en este tipo de tratamientos.

El corto plazo consiste en que el sistema se va a colmatar rápidamente en la entrada debido a formación de biomasa microbiana en el primer año de operación y el largo plazo consiste en la colmatación del lecho debido ya a la retención de SST, en ambas situaciones se reduce la conductividad hidráulica, lo que hace que el tiempo de retención calculado no sea el mismo que en la realidad (Kadlec & Wallace, Treatment Wetlands, 2009).

Considerando los agregados disponibles cerca de la zona y para evitar que la laguna solo sirva para un agregado proveniente de una cantera específica, además de considerar la problemática de obstrucción a corto plazo se decide tomar una n= 0.36 y una k_s=500 m/d.

- **Caudal**

Se ocupará el medio diario anual futuro $\left(Q_{mda} = 1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\right)$, referirse al caudal de la laguna No. 1.

Para el caudal de salida de este se asumirá una pérdida del 10% del caudal, como lo sugiere Kadlec & Wallace (2009), que puede producirse por evapotranspiración y absorción de los agregados.

Con ello se obtiene un caudal de salida estimado de 1.408 $\frac{m^3}{\mathrm{d}}$.

- **Eficiencia de remoción**

Se calculará bajo porcentajes de remoción de materia orgánica, más no concentraciones esperadas. Referirse a Eficiencia de remoción de la laguna No. 1.

El estudio del arte presentado por Dong-Qing, y otros (2015), establece que los humedales artificiales SSF de flujo horizontal tiene una eficiencia de recomoción del DBO del 82.58% y los de flujo vertical 84.91% construidos en lugares tropicales y subtropicales aunque hay ciertas investigaciones que poseen más del 95% de eficiencia de remoción de DBO (Haiming, y otros, 2015).

Para climas fríos se presenta remociones de DBO en humedales SSF de flujo horizontal de 83.9% mientras que los de flujo vertical presentan variaciones del 41.9%-99.9% (Mo, Dong-Qing, Jian Wen, & Soon Keat, 2017).

Entonces considerando lo expuesto por las investigaciones previas se toma como eficiencia deseada un 85% de remoción de DBO.

- **Pendiente**

Para la selección de la pendiente se ha tomado en cuenta las recomendaciones expuestas por investigaciones, normativas, manuales de diseño en que se establece que el valor debe estar entre 0.2% y 2% (Comisión Nacional del Agua, 2016; Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; Tilley, y otros, 2018; Environmental Protection Agency, 1993).

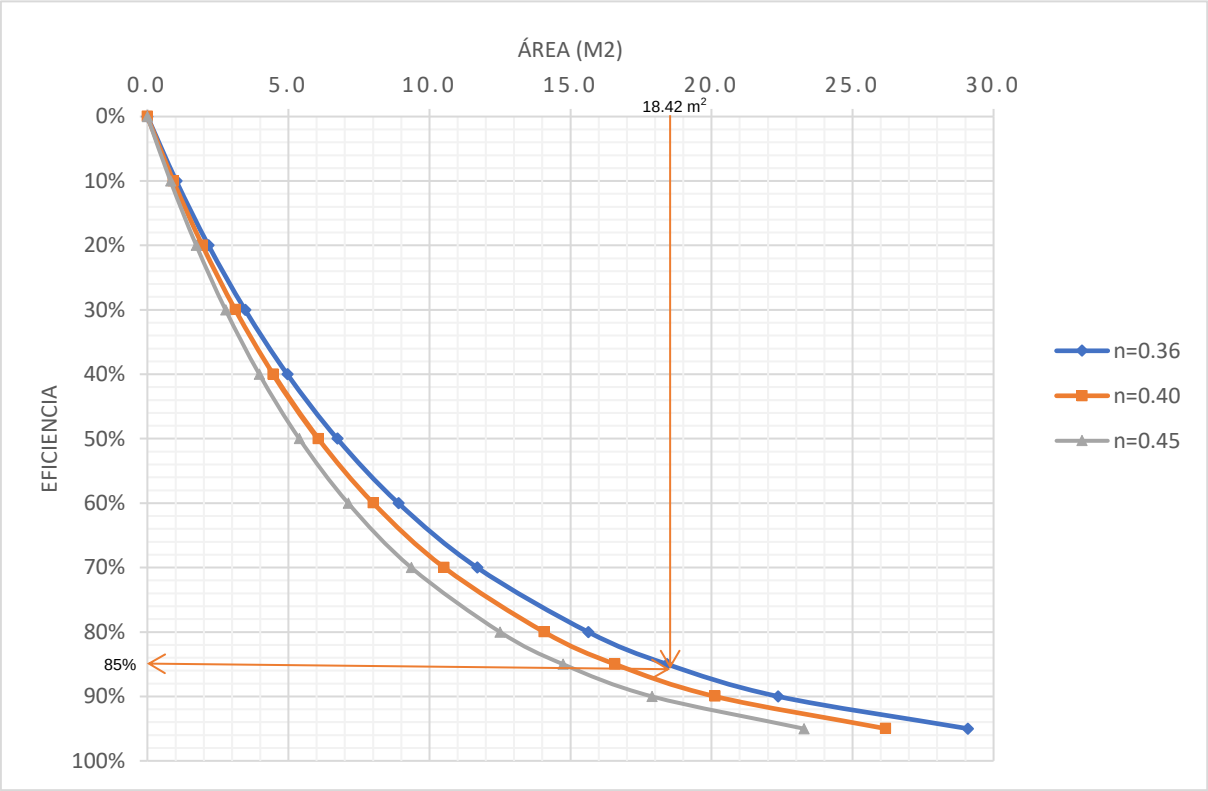
Se selecciona así el 1% para la pendiente del terreno.

El empaque granular no tendrá pendiente este deberá ir completamente horizontal con el fin de evitar que algunas macrófitas queden más lejos del área húmeda y evitar inundaciones cuando las temperaturas sean frías donde el tiempo de retención será mayor (Comisión Nacional del Agua, 2016)

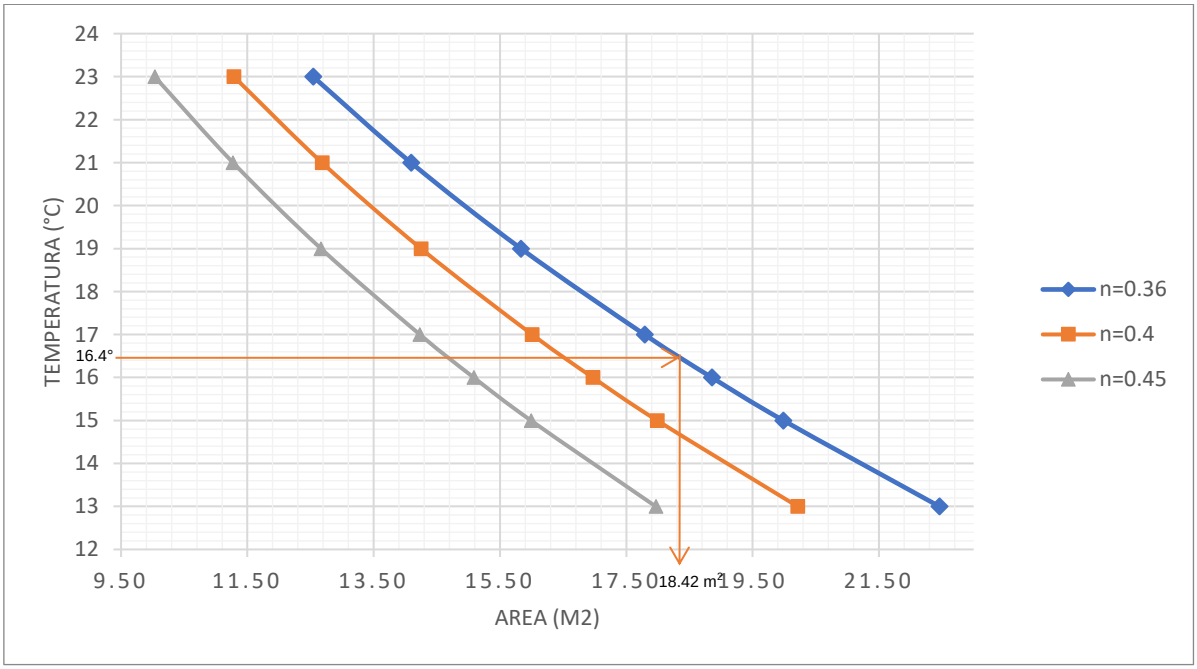
- **Área**

Aplicando la Ecuación No. 5 - Área en planta que ocupa el humedal artificial, se obtiene un área en planta de 18.42 m^2.

A continuación, se presentan gráficas que permite comparar la eficiencia de remoción con el área del humedal y la porosidad:



Gráfica No. 4 - Eficiencia vs. Área



Gráfica No. 5 - Temperatura vs. Área a una eficiencia del 85%

El análisis de sensibilidad que se plantea a este sistema es debido a que existen distintas variables que pueden modificar las dimensiones de la laguna y como se puede ver la sensibilidad que tiene el sistema es muy alta, ya que al cambiar un leve aspecto se modifica totalmente su área y/o eficiencia de remoción.

Con los datos seleccionados se obtiene un espacio que permite la experimentación con diversos materiales, alcanzando diferentes eficiencias y en distintas épocas estacionales.

- **Relación L: W**

Para Haiming, y otros (2015) la relación L:W de una humedal SSF debe se menor o igual a 3:1, para la EPA (1993) esta relación debe ser lo suficiente para que hidráulicamente funcione por lo que propone que debe ser entre 0.4:1 y 3:1. Con ello se selecciona una relación de 2.5:1:

L= 7 m; **W=** 2.8 m; **h=** 0.5 m

δ= 0.6 m

Borde libre= 0.15 m

- **Tiempo de retención teórico (Hidraulic Retention Time, HRT)**

Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) sugiere que este debe ser calculado mediante la expresión representada en la Ecuación No. 4 - Tiempo de retención del humedal artificial., aplicando dicha ecuación se obtiene:

$$t = 2.26\ días \approx 3\ días$$

Un tiempo adecuado de retención se encuentra entre los 2 a 5 días (Haiming, y otros, 2015), 4-15 (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; Romero, 2005), su variación depende de las dimensiones, porosidad del humedal y caudal.

- **Carga Hidráulica Superficial (*Hydraulic Loading Rate*, HLR)**

Para el cálculo de la carga hidráulica se empleará la siguiente expresión:

$$HLR = \frac{Q_{mda}}{A}$$

Ecuación No. 28 - Carga Hidráulica.

Donde:

Q_{mda}: caudal medio diario futuro de diseño, m^3/día

A: sección transversal del humedal, m^2

Aplicando los datos se tiene $HLR = 7.98\ {}^{cm}/_{d}$.

Algunas recomendaciones para la carga hidráulica se presentan a continuación.

Carga Hidráulica (cm/día)	Autor
2-20	(Kadlec & Knight, 1996)
<50	(Haiming, y otros, 2015)
1.5-5	(Environmental Protection Agency, 1988)
10-20	(Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

Tabla No. 39 - Cargas hidráulicas recomendadas para humedales SSF.

La HLR se encuentra dentro de lo recomendado por la literatura.

- **Hidráulica de un humedal SSF de flujo horizontal**

La Comisión Nacional del Agua (2016) establece que se debe comprobar el diseño de la laguna con su hidráulica, para ello se aplicará la ley de Darcy.

La ecuación describe el flujo en regimen laminar a través de un medio granular. es necesario aclarar que esta ecuación no es aplicable para humedales SSF con gravas gruesas o rocas ya que el flujo actúa en régimen turbulento, se debe aplicar la ecuación de Ergun (Lara, 1999).

Las características hidráulicas se ven controladas por la sigueinte expresión:

$$Q = k_s A_c s$$

Ecuación No. 29 - Ley de Darcy para un humedal SSF.

Donde

Q: caudal medio que circula a través del humedal, m^3/d

A_c: área transversal perpendicular a la dirección del flujo, m^2

k_s: conductividad hidráulica del medio de una unidad de área del humedal perpendicular al flujo, m/d

s: gradiente hidráulico o pendiente de de la superficie de agua, m/m

Kadlec & Wallace (2009) establecen que la pendiente superfiecie libre del agua no depende de la solera de la laguna pero debe ser menor y debe ser seleccionada considerendo las pérdidas que se producen por la obstrucción de los espacios-

El caudal será el promedio entre el caudal de entrada y de salida, igual a 1.486 $\frac{m^3}{\mathrm{d}}$ y con los datos de conductividad y área, se obtiene una pendiente de superficie de agua de 0.212%. Con la pendiente obtenemos la velocidad del efluente que será representada por la ecuación:

$$v = k_s \times s$$

Ecuación No. 30 – Velocidad de un humedal SSF de flujo horizontal.

Sabiendo que k_s es 500 m/d y s= 0.212% se obtiene una velocidad de 1.22 x 10^{-5} m/s, este dato se ocupará la ecuación de Reynolds para lo cual se ocupará la siguiente expresión:

$$Re = \frac{D \times \rho \times v}{(1-n)\,\mu}$$

Ecuación No. 31 - Número de Reynolds para humedal SSF.

Donde

Re: Número de Reynolds

D: diámetro de la partícula, m

ρ: densidad del agua, kg/m^3

v: velocidad del flujo, m/s

n: porosidad del medio

μ: viscosidad del agua, kg/ms.

La ecuación será ocupada con el fin de determinar el régimen del agua si este valor es muy inferior a 10 por lo que el flujo es laminar y la ley de Darcy es aplicable (Lara, 1999).

Para este caso ocuparemos la densidad y viscosidad ocupada para la laguna No. 1, el diámetro se ocupará 38.1 mm que corresponde al tamaño del tamiz por donde más del 95% del agregado pasa y la velocidad será de 1.062 m/d, entonces se tiene un número de Reynolds de 0.2218 que

$$Re = \frac{0.0381\ m \times 998.12\ {}^{kg}/_{m^3} \times 1.22 \text{ x } 10^{-5}\ {}^{m}/_{s}}{(1-0.36)\ \times 0.003294\ {}^{kg}/_{m.s}} = 0.2218 \ll 10\ OK$$

- **Sistema de distribución y recolección**

Referirse al Sistema de distribución y recolección de la laguna No. 1, añadiendo que las tuberías conducirán al agua a un material granular de mayor tamaño para que actúe como medio amortiguador.

- **Salida de agua**

Referirse a la Salida de agua de la laguna No. 1

- **Muestreo**

Para esto se dispondrán en el humedal SSF, 2 tuberías de PVC de 110 mm perforadas con un orificio menor al del tamaño d10 del material granular, cada 2.60 m, esta deberá ser sujetada dentro del empaque y cuya base debe estar a 0.30 m desde el fondo de la laguna.

- **Impermeabilización de la laguna**

Para evitar las filtraciones y daños por labores de limpieza y mantenimiento, la laguna deberá ser recubierta con una geomembrana de polietileno con un espesor mínimo de 5 mm.

- **Disposición de los componentes en la laguna**

Se presenta a continuación una sección del humedal SSF para entender la composición de las capas de material:

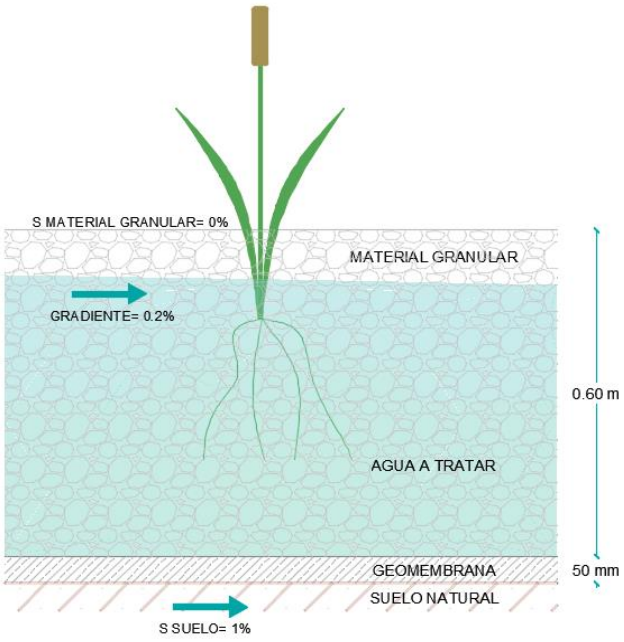


Figura No. 29 - Capas del humedal SSF.

El corte longitudinal y transversal de la laguna junto con los muestreadores, disposición de las tuberías y la vegetación:

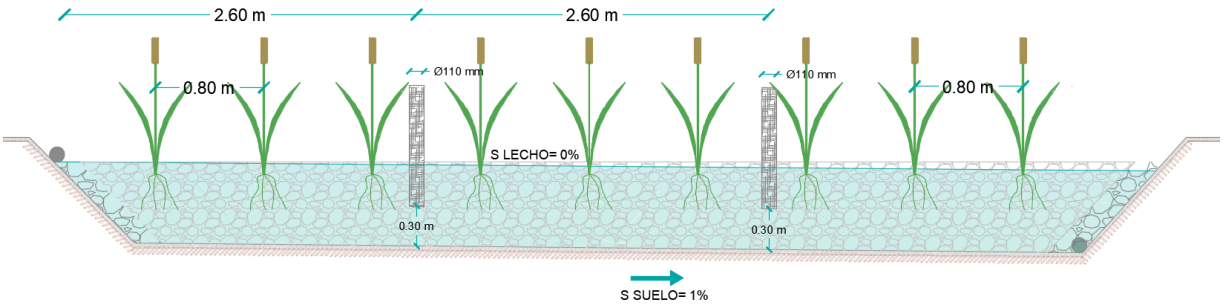


Figura No. 30 - Sección longitudinal humedal SFF horizontal. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

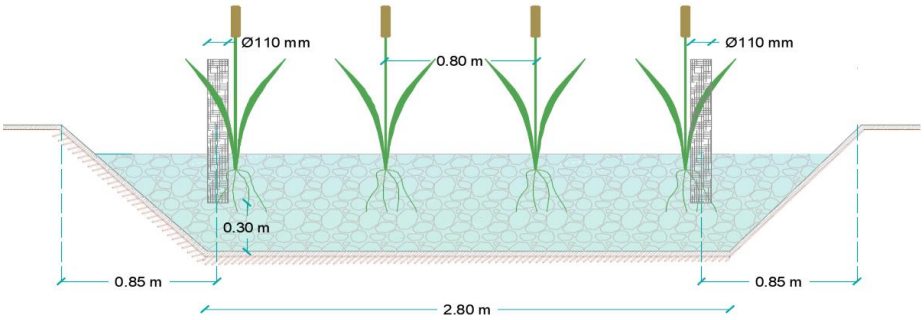
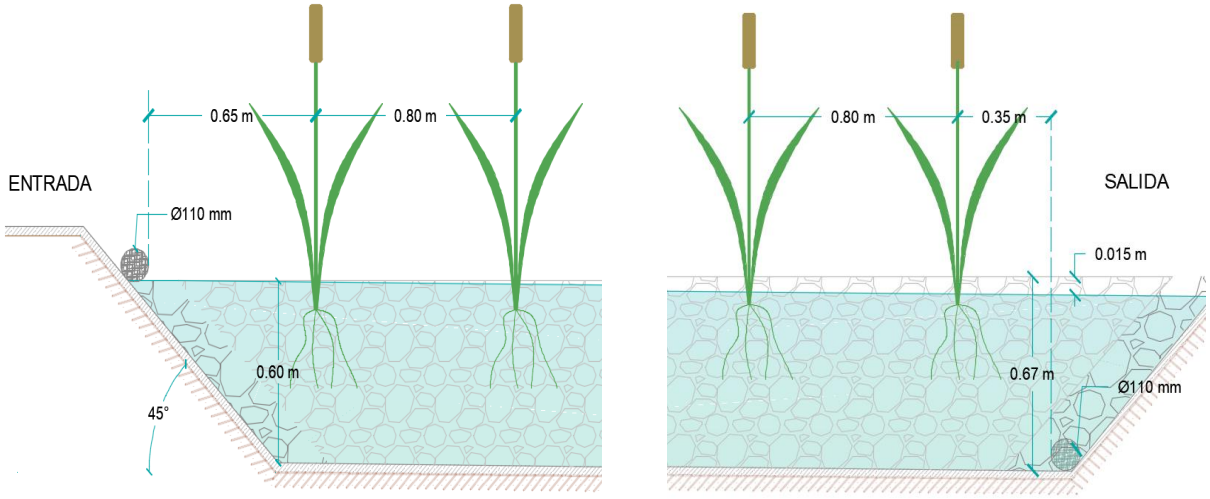


Figura No. 31 - Sección transversal humedal SSF horizontal. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

El talud para esta laguna será de 45° como lo establece las recomendaciones (Comisión Nacional del Agua, 2016), se presenta la disposición de la laguna en los extremos:



a) Entrada de laguna

a) Salida de laguna

Figura No. 32 - Detalle de entrada y salida del humedal SFF horizontal.

La vista en planta efleja que la separación entre plantas debe ser de 0.80 m:

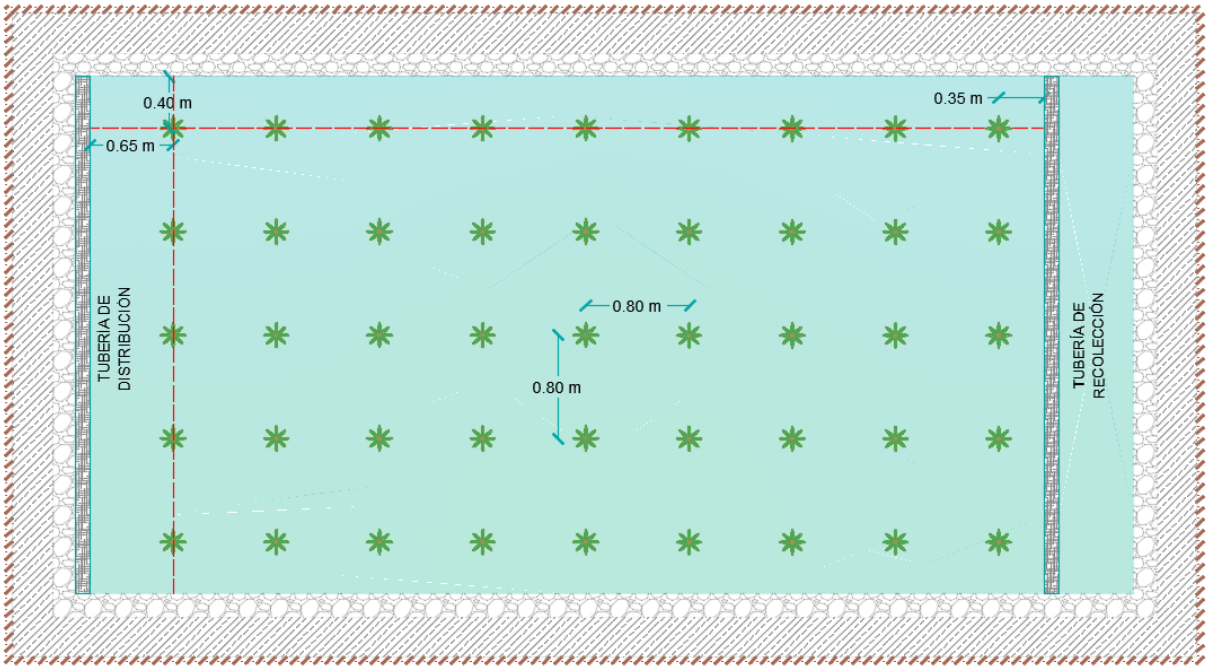


Figura No. 33 - Vista en planta del humedal SSF horizontal.

- **Construcción del humedal artificial**

Al ser objetivo del proyecto el analizar el tratamiento secundario se le da énfasis al proceso constructivo.

Los manuales de humedales artificiales indican el siguiente proceso:

1. Replanteo y nivelación.
2. Excavación del espacio necesario añadiendo una inclinación a las paredes de 45°.
3. Colocación una geomembrana de polietileno, PVC o polipropileno que cubra todo el espacio que ocuparía el AR.
4. Disposición las tuberías de entrada y salida, colocación de material granular amortiguador.
5. Colocación del material granular junto con la siembra de la vegetación y los muestreadores.

4.5.5.5. Laguna No. 3

La última laguna es compartida por el humedal SSF de flujo vertical y el lecho de turba, esto debido a que su sistema de distribución es el mismo y diferente al del resto de lagunas.

Para el diseño de esta tercera laguna no existen modelos matemáticos específicos desarrollados, se puede aplicar la misma teoría de cinética de primer orden que se aplicó para el humedal SSF de flujo horizontal (Kadlec & Knight, 1996), generalmente este tipo de humedales se diseñó en función de superficies unitarias (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

Los humedales SSF de flujo vertical poseen la misma distribución de capas que un humedal SSF horizontal con la diferencia de la dirección del flujo, que en este caso es perpendicular a la superficie de la laguna.

- **Modelo de diseño**

Para esta laguna existen no existen modelos matemáticos como los de regresión o los de cinética de primer orden, sin embargo, se pueden aplicar tres métodos:

- Área superficial basada en la población equivalente.
- Área superficial en base a la tasa hidráulica.
- Área superficial en base a las ecuaciones de cinética de primer orden.

García Ávila y otros (2019) obtienen resultados muy parecidos entre el método de la población equivalente y el de cinética de primer orden, por lo que para este proyecto diseñaremos con el método de la población equivalente.

- **Profundidad**

La profundidad se encontrará entre los 0.45 m – 0.90 m (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010), se selecciona una profundidad del lecho de material granular de 0.60 m.

- **Vegetación**

Se sugiere el uso del carrizo (*Phragmites australis*), referirse a Vegetación de la laguna No. 1.

- **Porosidad (n), coeficiente de uniformidad (Cu) y porcentaje de finos del material de empaque**

Para la porosidad se toma n=0.36, referirse a Porosidad (n) y conductividad hidráulica (k_s) del material de empaque de la laguna No.2.

Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade (2010) establecen que el material debe tener un coeficiente de uniformidad menor a 4 y un porcentaje de finos menor al 4%. Con los datos presentados por los autores Domenech y Espinoza (2016) se tiene:

Cantera	Cu	% finos
Pifo	2.03	1.00
Guabo	2.96	1.00
Fucusucu V	2.47	1.00
Rosita	2.85	1.00

Tabla No. 40 - Coeficiente de uniformidad y porcentaje de finos de las canteras Pifo y Pomasqui-San Antonio. (Domenech & Espinoza, 2016)

- **Caudal**

Se ocupará el medio diario anual futuro $\left(Q_{mda} = 1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\right)$, referirse al

Caudal de la laguna No. 1.

- **Área**

Se aplicará el método de la población equivalente que es la relación de la carga orgánica de DBO y el DBO_5 (g/día.hab eq.) (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; García Serrano & Corzo Hernández, 2008).

Se calcula la población equivalente mediante la siguiente expresión:

$$Población\ equivalente = \frac{DBO_5 \times Q}{DBO_{5\ eq}}$$

Ecuación No. 32 - Población equivalente.

Donde

DBO_5: es la concentración de DBO entrante, mg/L.

Q: es el caudal medio, m^3/d.

$DBO_{5\ eq}$: 40 – 60, g DBO_5/día.hab (García Serrano & Corzo Hernández, 2008).

Para el cálculo se ocupará 217 mg/L que es el promedio de la DBO obtenida de los resultados del análisis de aguas, se va a asumir que no se tiene tratamiento previo debido a que la retención en el tanque es corta y además el análisis no fue realizado en con mínimo 8 muestras en un día que es lo recomendable.

El $DBO_{5\ eq}$ se selecciona de 50 g DBO_5/día.hab que es el valor intermedio entre los límites recomendables.

Se obtiene una población equivalente de:

$$Población\ equivalente = 6.80 \approx 7\ habitantes\ equivalente$$

Para el área ocuparemos lo propuesto por García Ávila, y otros (2019):

$$Área\ superficial = Población\ equivalente\ \times 2.5\ \frac{m^2}{hab\ eq.}$$

Ecuación No. 33 - área superficial de un humedal SSF vertical. (García Ávila, y otros, 2019)

Obteniendo así un área superficial de 17.50 m^2.

- **Relación L: W**

Es recomendable una relación de 3:1 (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; García Serrano & Corzo Hernández, 2008; García Ávila, y otros, 2019).

L= 7.3 m; **W=** 2.5 m; **h=** 0.6 m

- **Pendiente**

Se selecciona el 1% para la pendiente del terreno.

Se debe tomar en cuenta que el empaque granular no tendrá pendiente este deberá ir completamente horizontal

- **Tiempo de retención teórico (Hidraulic Retention Time, HRT)**

García Ávila, y otros (2019) sugiere que este debe ser calculado mediante la expresión representada en la Ecuación No. 4 - Tiempo de retención del humedal artificial., aplicando dicha ecuación se obtiene:

$$t = 2.52\ días \approx 3\ días$$

- **Sistema de distribución y recolección**

Para la distribución, se ubicarán tuberías paralelas al largo de la laguna con un espaciamiento a los bordes y entre ellas de 0.5 m, estarán enterradas dentro del lecho a una profundidad de 5 cm con una ligera pendiente de 0.1% y el sistema de recolección se ubicarán entre las tuberías de distribución.

Todas las tuberías serán de 110 mm perforadas con orificios de 3 mm (máximo 8mm) y distanciados entre si 0.5 m. Se presenta un esquema de la entrada de agua:

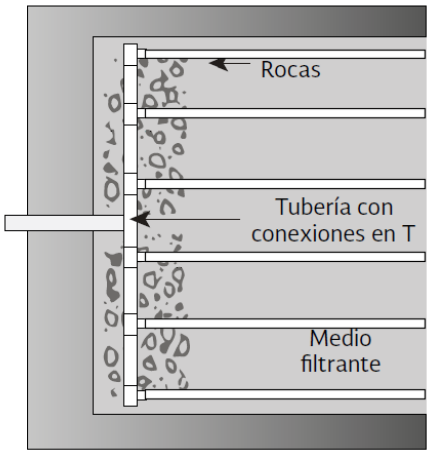


Figura No. 34 - Esquema de la distribución del agua sobre al humedal. Adaptado de: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 47)

- **Sistema de ventilación**

Los humedales SSF verticales requieren de la oxigenación del sustrato por lo que se colocan tuberías de 110 mm lisas, como chimenea vertical, al inicio, mitad y final de la laguna.

- **Salida de agua**

Referirse a la Salida de agua de la laguna No. 1

- **Muestreo**

Se colocarán 2 tuberías de PVC lisas de 110 mm cada 2.65 m, esta deberá ser sujetada dentro del empaque y cuya base será una rejilla con espaciamiento menor al tamaño máximo nominal para permitir la entrada del agua, debe estar a 0.30 m desde la rejilla al fondo de la laguna con el fin de que entre el agua que ha pasado por todas las capas de áridos.

- **Impermeabilización de la laguna**

Referirse a impermeabilización de laguna No. 1.

- **Disposición de los componentes en la laguna**

Se presenta a continuación una sección del humedal SSF de flujo vertical:

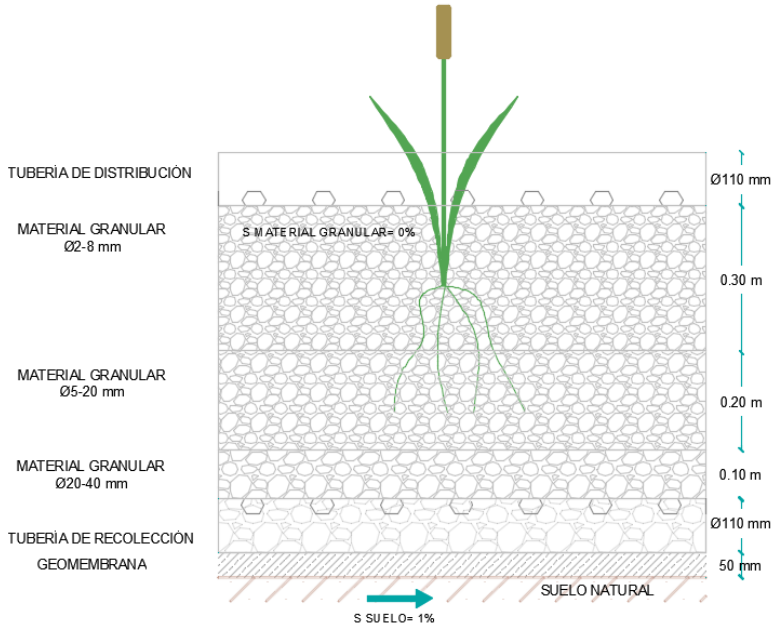


Figura No. 35 - Capas del humedal SSF de flujo vertical.

El corte longitudinal de la laguna junto con los muestreadores, disposición de las tuberías y la vegetación:

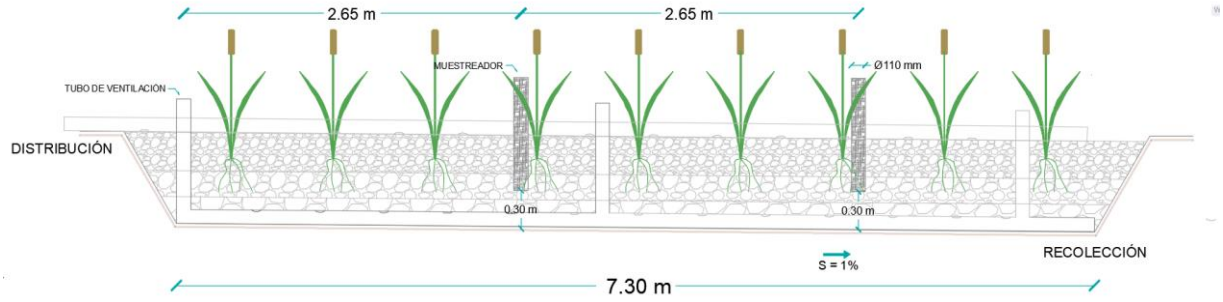
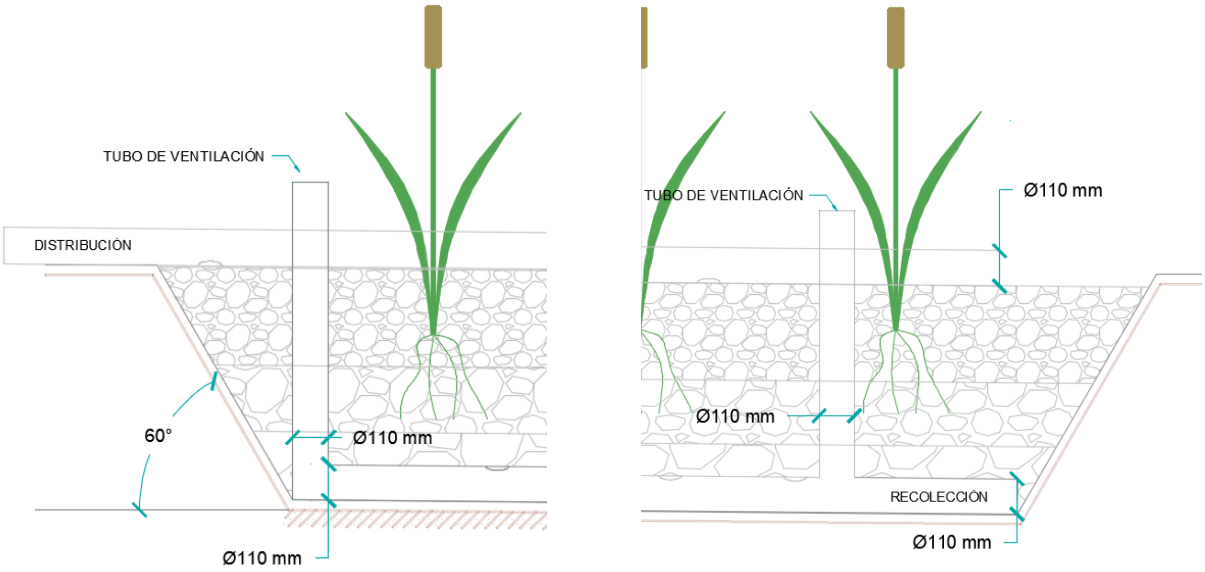


Figura No. 36 - Sección longitudinal de un humedal SSF de flujo vertical. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

El talud para esta laguna será de 60° como lo establece las recomendaciones, se presenta a continuación la disposición de la laguna en los extremos:

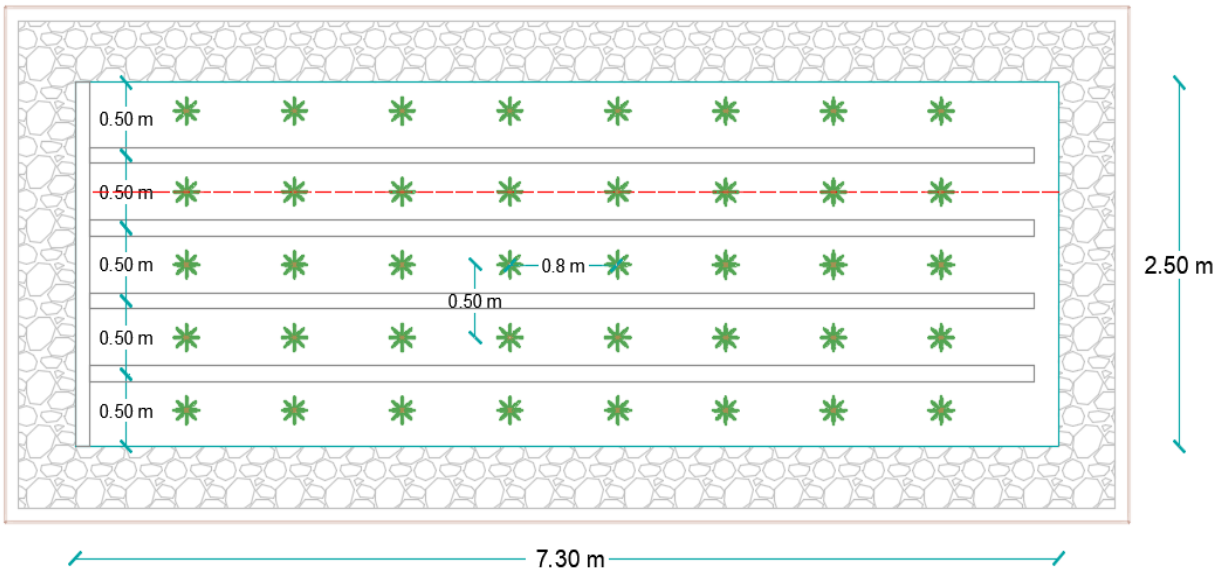


a) Inicio de laguna

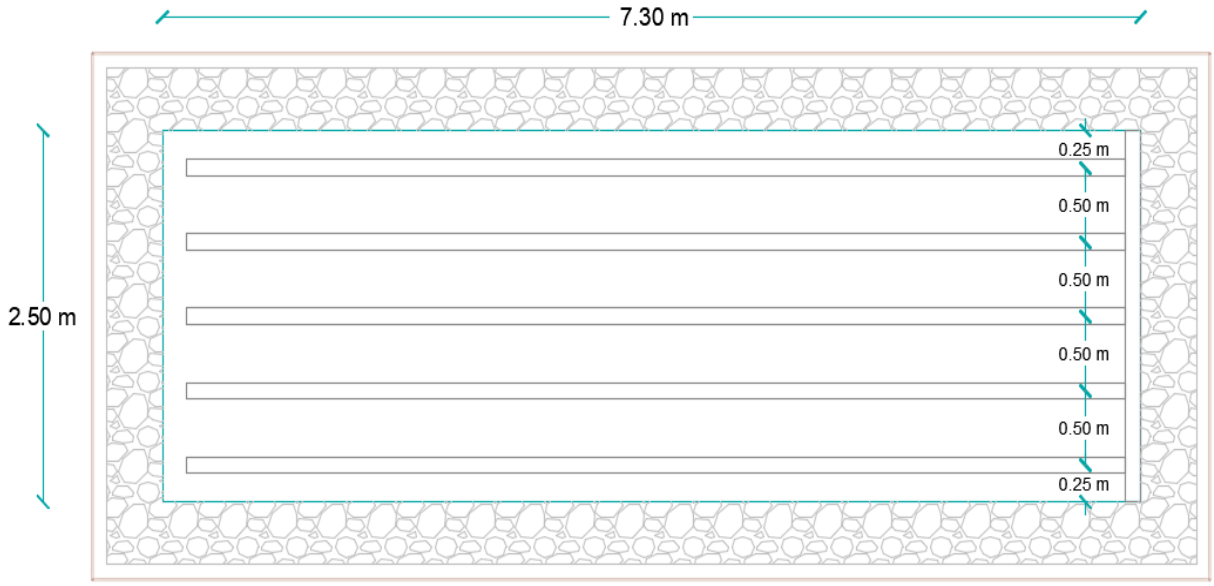
b) Fin de la laguna

Figura No. 37 - Parte inicial y final del humedal SSF de flujo vertical.

La vista en planta efleja que la separación entre plantas horizontalmente de 0.8 m y verticalmente de 0.5 m:



a) Vista en planta parte superficial de la laguna.



b) Vista en planta parte del fondo de la laguna.

Figura No. 38 - Sistema de distribución y recolección del humedal SSF de flujo vertical.

- **Construcción del humedal artificial**

Al ser objetivo del proyecto el analizar el tratamiento secundario se le da énfasis al proceso constructivo. Los manuales de humedales artificiales indican el siguiente proceso:

1. Excavación del espacio necesario añadiendo una inclinación a las paredes de 45°.
2. Colocación una geomembrana de polietileno, PVC o polipropileno que cubra todo el espacio que ocuparía el AR.
3. Disposición las tuberías de salida, colocación de material granular amortiguador.
4. Colocación de las capas de material granular junto con la siembra de la vegetación y los muestreadores.
5. Disposición de las tuberías de entrada.

- **Adaptación al otro sistema**

Comparando las dimensiones geométricas obtenidas en el prediseño de los lechos de turba podemos decir que el espacio está apto para albergar a este tipo de tratamiento.

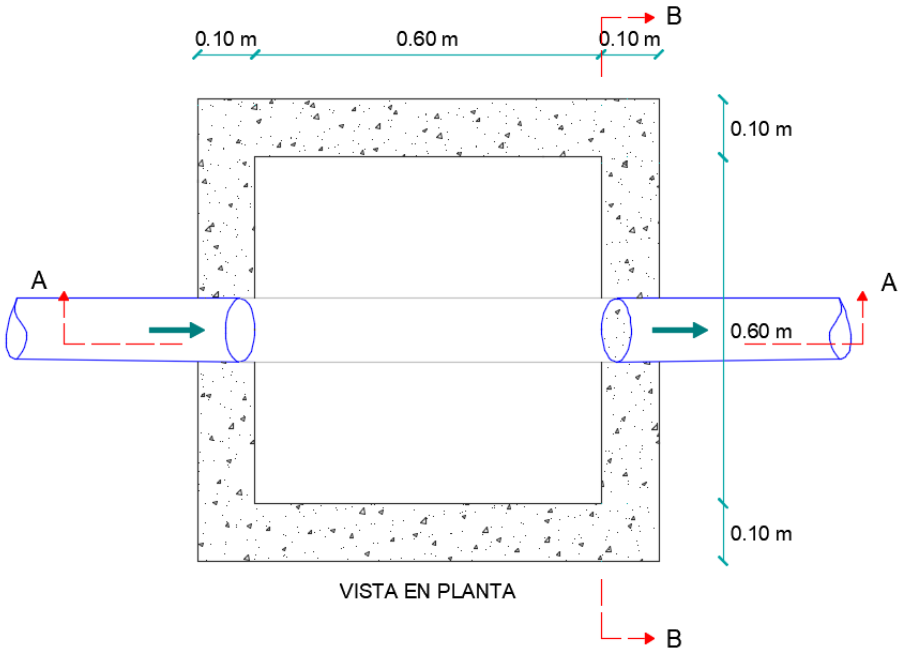
SSF vertical		Lecho de turba
L= 7.3 m	>	L= 2.5 m
W= 2.5 m	>	W= 1.1 m
D= 0.6 m	=	D= 0.6 m

4.5.6. Obras de conexión entre etapas de tratamiento.

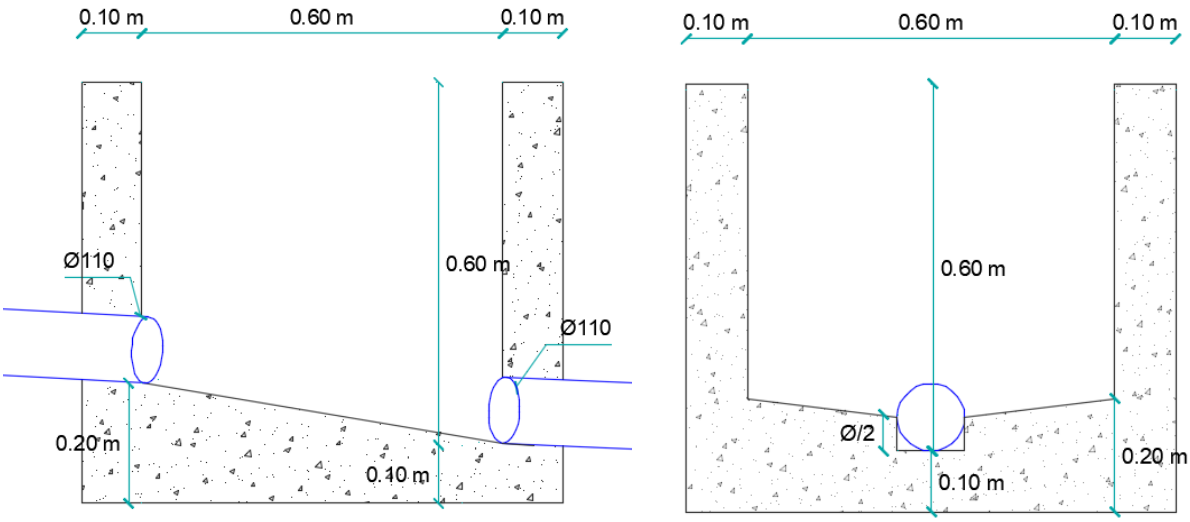
Cada tratamiento terminará con una caja de revisión con excepción del tratamiento preliminar, estas cajas serán como se describe en el numeral 4.5.2.4. Así también las cajas de cada laguna permitirán tomar muestras para el análisis de calidad de agua.

Las cajas de revisión de la salida de cada laguna tendrán un vertedero rectangular de ancho de 0.11 mm (diámetro del tubo) y una altura de 0.055 mm (radio del tubo), con una pendiente del 16.67%, que corresponde a que la tubería de entrada se encuentre a 10 cm arriba de la de salida, además de un vertedero rectangular que permitirá la medición del caudal.

Las dimensiones y disposición de los componentes de la caja se presentan a continuación:



a) Vista en planta de la caja de evacuación de humedales.



a) Elevación de la caja de evacuación de humedales.

b) Corte transversal de la caja de evacuación de los humedales.

Figura No. 39 - Caja de evacuación de los humedales.

Para la conexión entre tratamientos existirá una tubería de 110 mm corrugada con una pendiente de 1.5%, seleccionada con el fin de cumplir la velocidad mínima, 0.45 m/s, requeridas para tuberías menores a 200 mm por la OPS, cuya longitud dependerá del espacio requerido para la circulación donde mínimo será 1 m.

4.5.7. Obras de descarga.

- **Caja de revisión**

Las aguas provenientes de las cajas de revisión de cada laguna evacuarán en una caja de revisión como se describe en la sección anterior con la diferencia que esta tiene una tubería de salida de 160 mm. Se presenta un esquema de la conexión entre cajas:

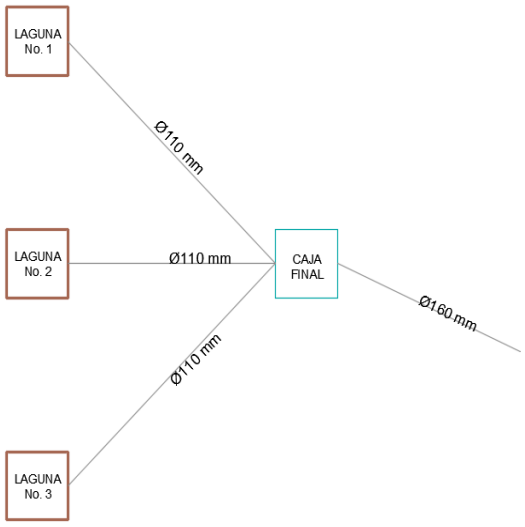


Figura No. 40 - Esquema de cajas de descarga.

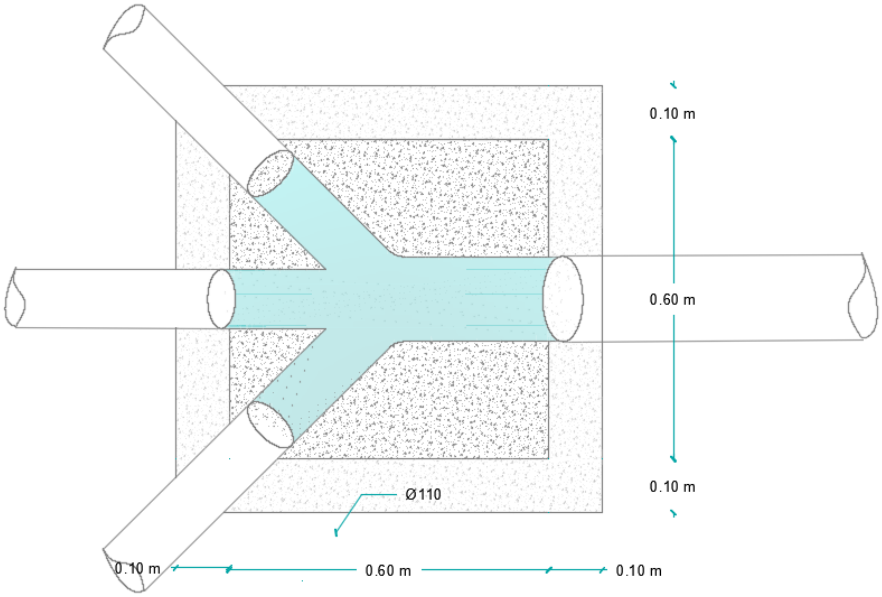


Figura No. 41 - Vista en planta de la caja de revisión de llegada.

Cada caja tendrá una tapa para evitar la contaminación del agua tratada.

- **Tubería**

La caja de revisión se conectará con el alcantarillado, el punto final e inicial de la tubería se presenta a continuación:

	X	Y	Z (msnm)
CAJA DE REVISIÓN	507895.850	9980159.74	2382.500
POZO	507955.220	9980209.69	2381.000

Tabla No. 41 - Coordenadas para el diseño de la tubería de salida.

Se tiene una pendiente del 1.933% y una longitud de 77.60 m, realizando y tomando los mismos datos y procedimiento de la sección 4.5.2 Obra de llegada., se tiene que la tubería cumple con una velocidad mínima de 1.00 m/s y máxima de 1.56 m/s aunque posee un sobredimensionamiento.

- **Secado de lodos**

Para esto es necesario considerar que los lodos obtenidos del tratamiento son considerados como lodos no peligrosos debido a que no contiene metales pesados, aun así se debe realizar un análisis microbiológico de los lodos y comparar con los estándares establecidos en el *Standards for Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503* (Environmental Protection Agency, 1993).

Los lodos serán sometidos a un proceso únicamente de secado solar ya que es un uso muy eficiente de la energía calórica del sol (Dry Tec Solar, 2015) y considerando los aspectos presentados en el apartado 3.1.2 , además para que los costos energéticos sean nulos y que no se requiera de personal especializado se ocupará el método del lagunaje.

Es necesario que este proceso de secado de lodos no es adecuado para plantas grandes (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Este método solo requiere de plataformas que permitan depositar los lodos y que permitan que se sequen.

Para ello se ha decido tomar un área de 65 m^2 (13 m x 5 m), que corresponde al área disponible. Metcalf & Eddy (2014) aseguran que para la deshidratación mediante lagunaje puede optarse por depositarse en un espacio de laguna o en una plataforma.

Para el proyecto se ha decido realizar una plataforma de hormigón de 10 cm de espesor como se muestra a continuación:

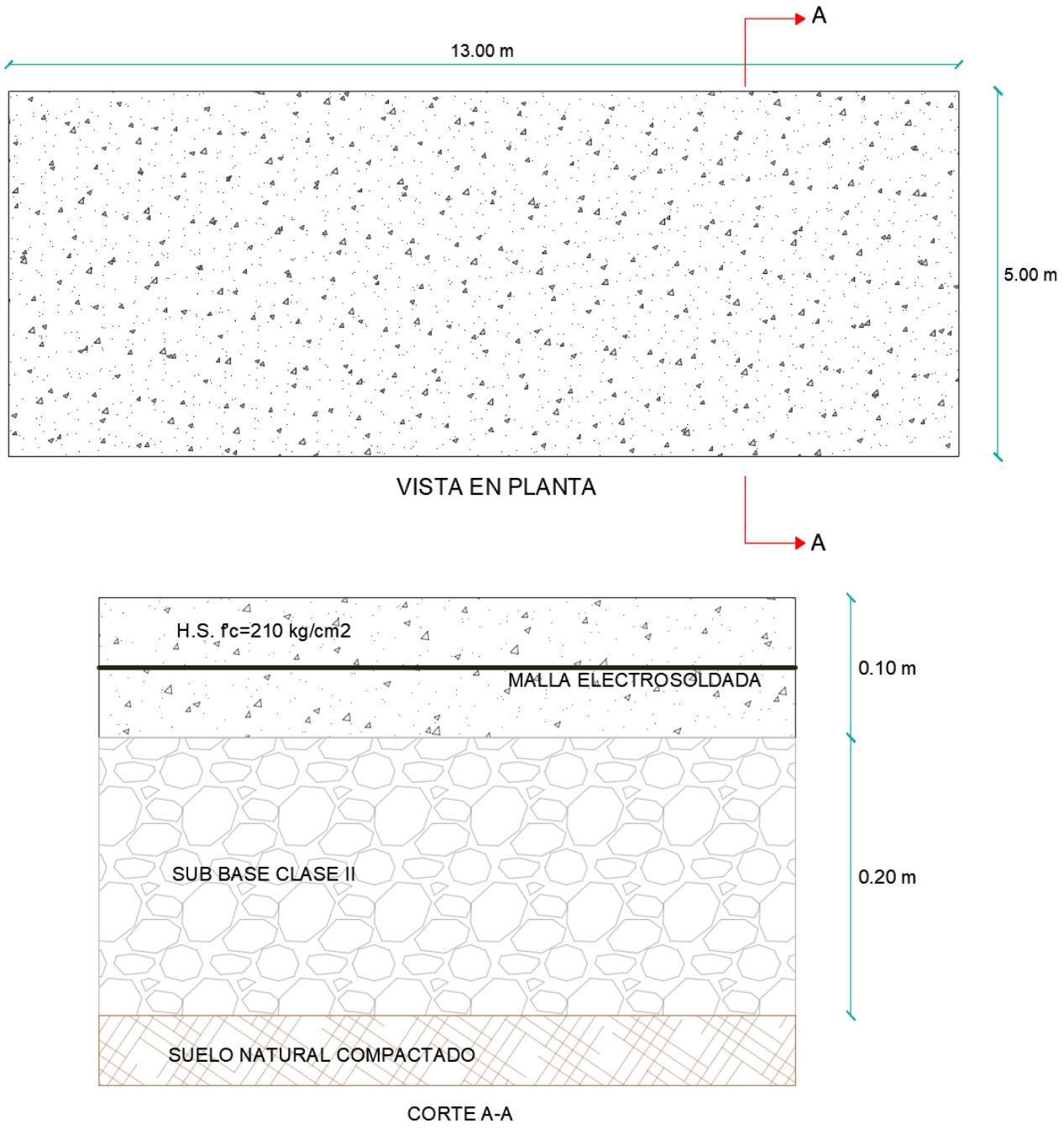


Figura No. 42 - Plataforma para secado de lodos.

Estos simplemente deben ser dispuestos en el espacio y dejar secar al sol, tomar muestras del lecho. Una vez

Los lodos deberán ser enterrados en espacios verdes donde no se pretenda realizar edificaciones o estructuras ni cultivos de alimentos.

4.6. Planos de construcción.

Se presentan los planos de construcción en el Anexo No. 19 - Planos

4.7. Especificaciones técnicas.

Se presentan las especificaciones técnicas de construcción en el Anexo No. 13 - Especificaciones Técnicas. Presupuesto.

4.8. Especificaciones técnicas

Se presentan el análisis de precios unitarios en el Anexo No. 17 - Presupuesto y análisis de precios unitarios.

4.9. Programación de obra.

Se presentan el cronograma valorado y ruta crítica en el Anexo No. 18 – Cronograma y ruta crítica.

CAPÍTULO V: PLAN DE EXPERIMENTACIÓN.

5.1. Objetivo

Experimentar en la PTAR piloto con el fin de obtener resultados que permita la investigación del comportamiento del tratamiento primario y secundario.

5.2. Diseño del plan de experimentación.

5.2.1. Seguridad del personal

- **Vestimenta del responsable del mantenimiento**

Los usuarios de la PTAR piloto deberán vestir de la siguiente manera:

- Overol de color azul



- Guantes quirúrgicos



- Botas punta de acero.



- Mascarilla de seguridad



- Gafas de seguridad



Fotografías tomadas de: https://dotacionesrac.com/

- **Reglas de comportamiento dentro del laboratorio**

- Todos los usuarios deberán obligatoriamente portar la vestimenta descrita debido a que se maneja residuos humanos que pueden afectar la salud del investigador.
- No se puede portar aparatos electrónicos a menos que sirvan para el registro de la investigación y si el profesor a cargo se lo permite.

- **En el caso de tener contacto directo con las aguas residuales**

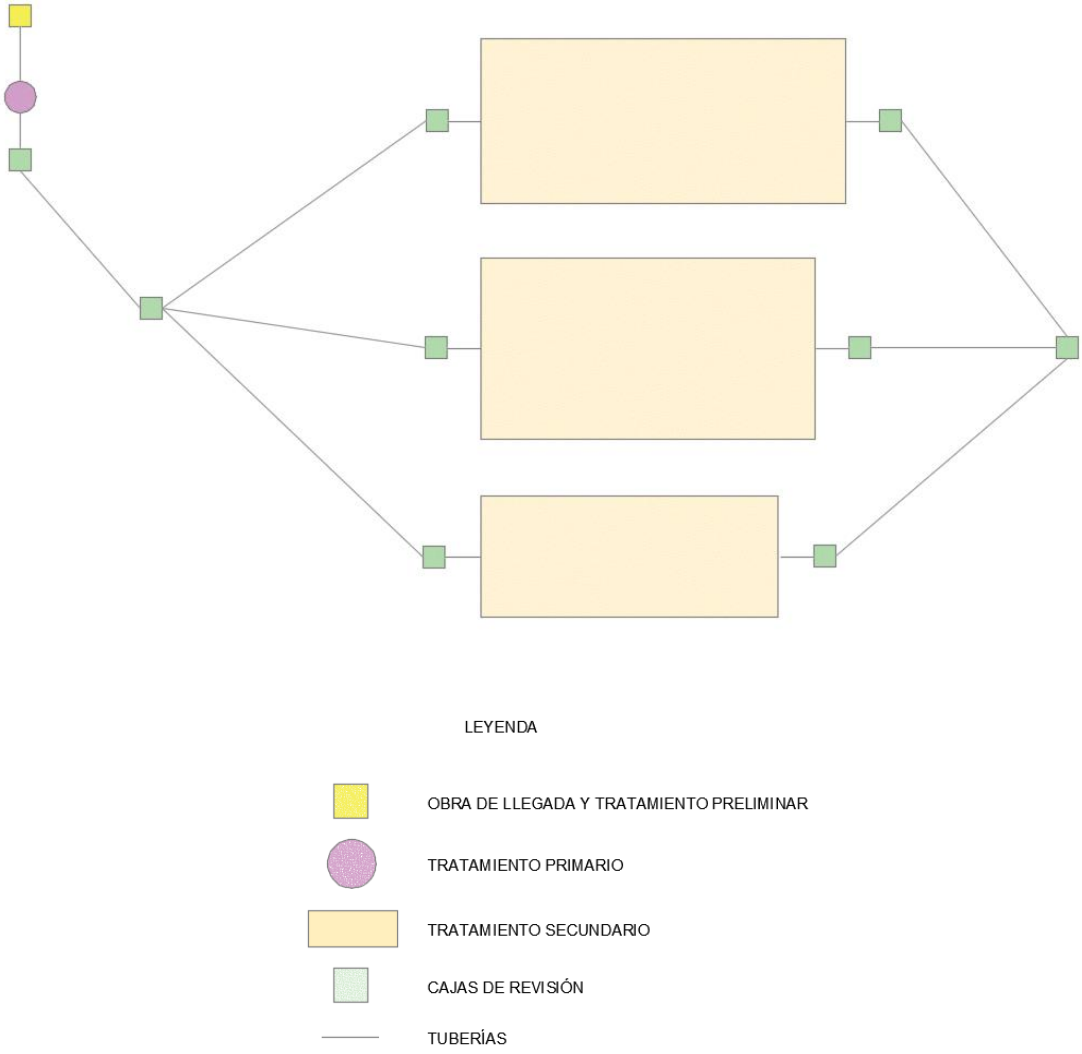
- Se deberá mantener la calma, la persona afectada deberá limpiar con abundante agua potable y jabón la zona contaminada.
- Si luego de realizar el procedimiento la zona contaminada presenta reacción alérgica inmediata, dirigirse inmediatamente al centro de salud de Nayón.
- Si después de 5 a 14 días de tener contacto con el agua residual presenta algún síntoma estomacal, dirigirse al centro de salud más cercano.

- **Procedimiento de disposición de desechos**

- Una vez finalizada la experimentación, los usuarios deberán disponer los guantes quirúrgicos en una bolsa de plástico roja y arrojar junto con los desechos del resto de los laboratorios del campus.

5.2.2. Experimentación en la PTAR piloto.

5.2.2.1. Esquema general del sistema.



Esquema General del sistema.

En la imagen anterior se tiene el sistema en general que consiste en:

- Obra de llegada y tratamiento preliminar.
- Tratamiento primario: biodigestores prefabricados.
- Tratamiento secundario:
  - Laguna No. 1:
    - Humedal Artificial con macrófitas flotantes.
    - Humedal Artificial Superficial con macrófitas emergentes.

- Laguna No. 2:
  - Humedal Artificial Subsuperficial de flujo horizontal con macrófitas emergentes.
- Laguna No. 3:
  - Lechos de Turba
  - Humedal Artificial Subsuperficial de flujo vertical con macrófitas emergentes.

Cada sistema tiene un sitio de muestreo que permitirá la toma de muestras antes y después, mientras que el caudal solo podrá ser medido en los canales de las cajas de revisión antes y después de las lagunas.

5.2.2.2. Toma de muestras

- **Técnica de muestreo**

Norma que seguir: NTE INEN 2 176:2013- Calidad del agua. Técnicas de Muestreo.

Dicha norma, en el numeral 4.1. establece el tipo de muestreos que se pueden tomar entre ellas muestras puntuales, compuestas, en serie, periódicas.

Para el análisis de la calidad de agua se recomienda las muestras puntuales o simples con cierto periodo de recogida debido a que el objetivo del muestreo es determinar la calidad existente en el agua para la caracterización.

Aun así, el investigador deberá seleccionar el tipo de muestreo que se acople al propósito de la investigación.

- **Toma y manejo de muestras**

Norma que seguir: NTE INEN 2 169:2013- Agua. Calidad del agua. Manejo y Conservación de muestras.

- La norma establece el manejo y el almacenamiento de la muestra, más al encontrarse muestreadores en la laguna, estos deben ser drenados en su totalidad
- Esperar hasta que la altura del agua dentro del tubo sea al menos 5 cm.
- Extraer el agua mediante equipos de succión, como los lisímetros (ver imagen abajo).



Fuente: https://dotacionesrac.com/

- Usar distintos equipos para cada punto de muestreo con el fin de evitar la contaminación cruzada de las muestras.
- Almacenar la muestra y analizar a los tiempos recomendados por la norma.

- **Frecuencia de muestreo**

Se debe evitar que los datos se encuentren dispersos entre ellos si no existirá un sesgo, varias investigaciones sobre el comportamiento de los humedales han realizado tantas como sean necesarias.

García Ávila, y otros (2019) en su investigación de humedales artificiales SSF de flujo vertical sugieren que las muestras deben ser tomadas por al menos 5 días consecutivos y una cada dos horas para tener datos representativos.

Salas, Pidre, & Sánchez (2007) establecen que una muestra debe ser tomada al inicio de las plantas de tratamiento durante 8 días, esto para el control de la PTAR.

Por lo que se sugiere que muestras deben ser tomadas en la caja de revisión de llegada y en posterior al tratamiento a estudiar durante 5 días, cada dos horas

- **Medición de caudales**

Medir los caudales en los vertederos rectangulares dispuestos dentro de las cajas de revisión antes y después de las lagunas.

Esta se debe realizar cumpliendo con la metodología de medición de caudales en canales abiertos en donde se aplica la ecuación en la que el caudal es igual al producto de la velocidad por el área.

$$Q = V \times A$$

Donde

Q: caudal, m^3/seg

A: es la base del canal por la altura del agua, m^2

$$A = base\ del\ canal \times calado$$

V: es la relación entre la distancia que le toma a un objeto (hoja, pluma, etc.) en recorrer y el tiempo que tarda en hacerlo, (m/seg)

$$V = \frac{distancia}{tiempo}$$

5.2.2.3. Funcionamiento

El funcionamiento empieza cuando se permite la circulación a través de la tubería que conecta la PTAR y la obra de llegada, y simultáneamente se obstruye la circulación de la tubería que conduce directamente a la alcantarilla.

La obra de llegada, tratamiento preliminar, cajas de revisión y tuberías de conducción se encontrarán construidas, más el tratamiento primario y el secundario son modificables.

- **Tratamiento primario**

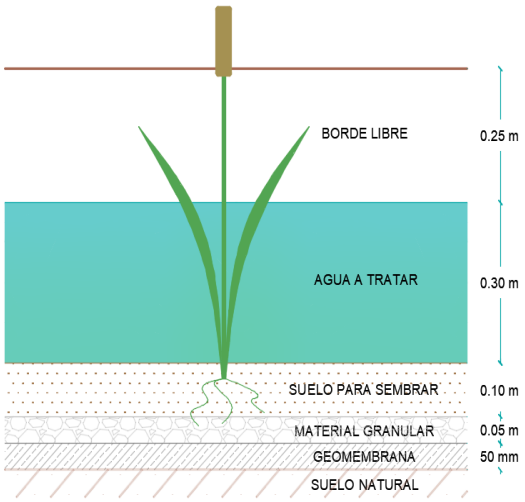
Cuando se experimente con este se deberá tomar en cuenta la conexión de la tubería de salida de la obra de llegada y la tubería de salida del tanque prefabricado, además se debe tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante, ver

Anexo No. 11 - Manual de instalación y mantenimiento de biotanque.

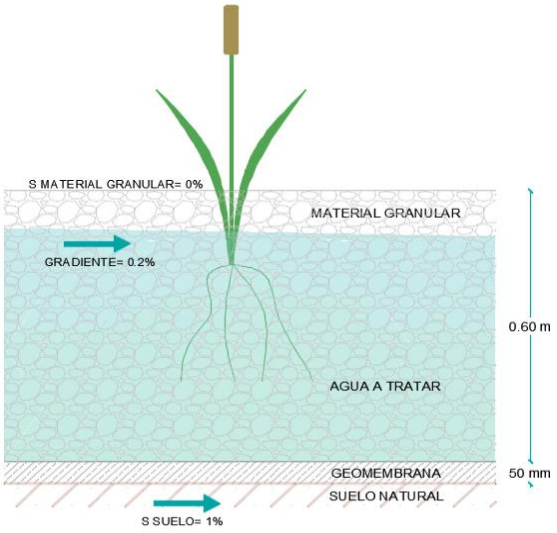
La toma de muestras se deberá realizar en la obra de llegada para el afluente y en la caja de revisión para el efluente.

- **Tratamiento secundario**

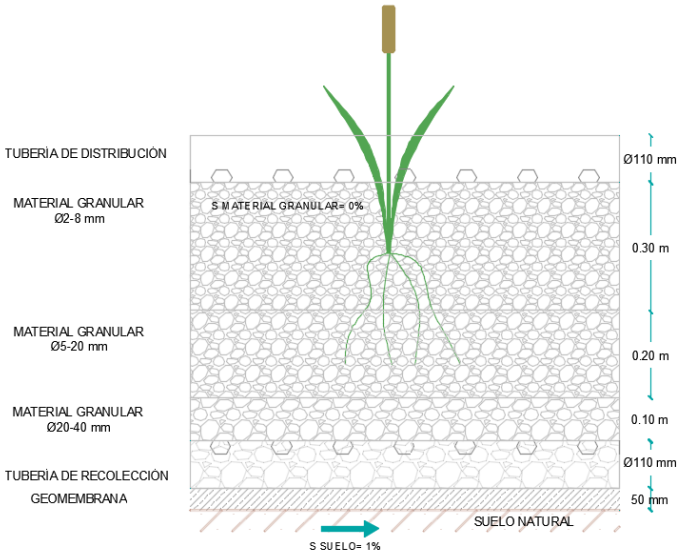
Se deberá tomar en cuenta la disposición recomendada de las capas de cada laguna para poder experimentar. Así se tiene una sugerencia de distribución de capas en los humedales:



Disposición de capas.

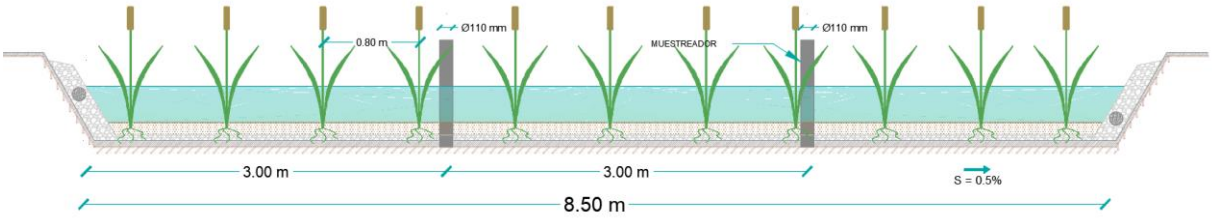


Capas del humedal SSF.

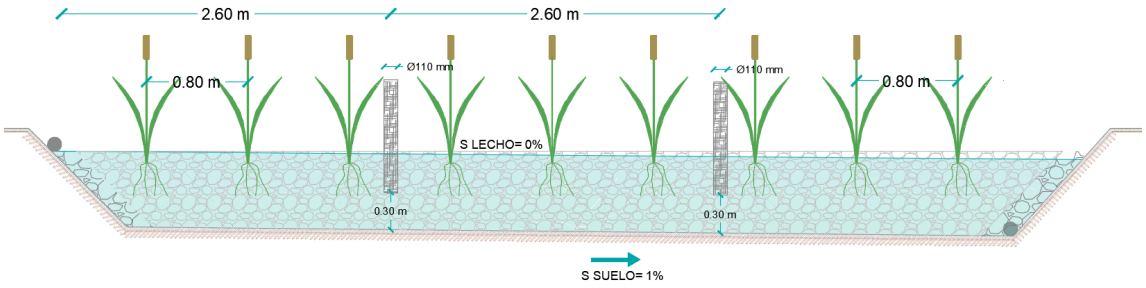


Capas del humedal SSF de flujo vertical.

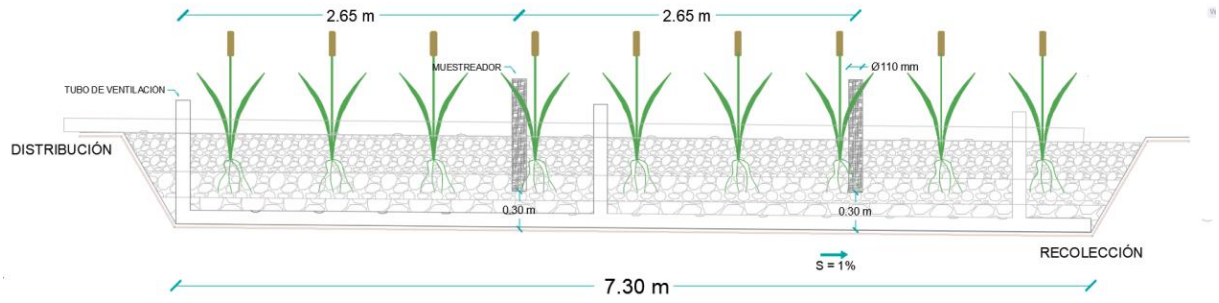
El corte longitudinal de la laguna junto con los muestreadores, disposición de las tuberías y la vegetación:



Corte longitudinal humedal FWS (Laguna No.1). Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

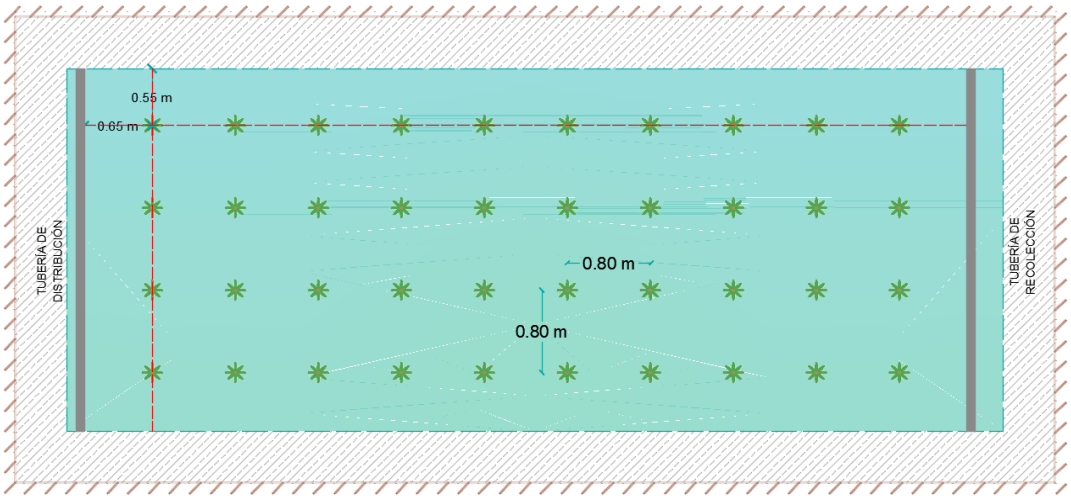


Sección longitudinal humedal SFF horizontal (Laguna No. 2). Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

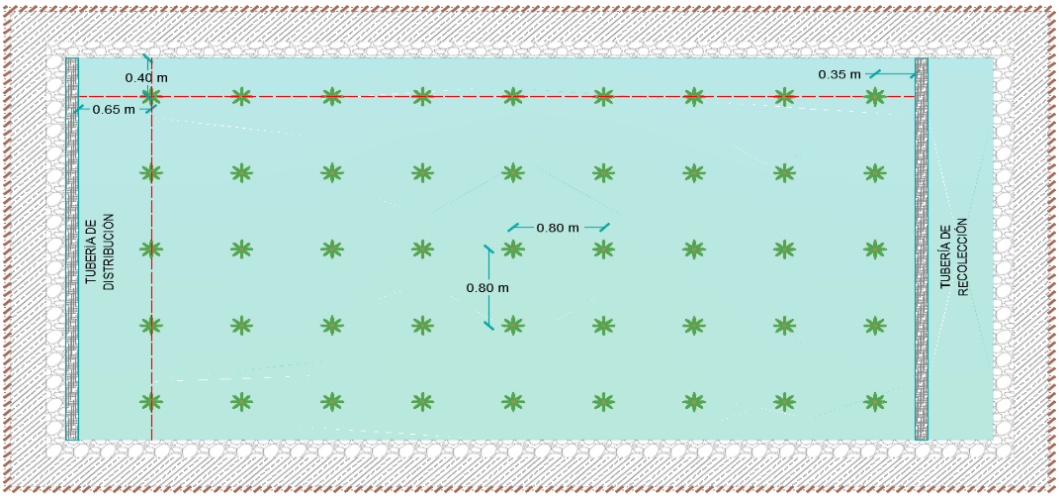


Sección longitudinal de un humedal SSF de flujo vertical (Laguna No. 3). Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018).

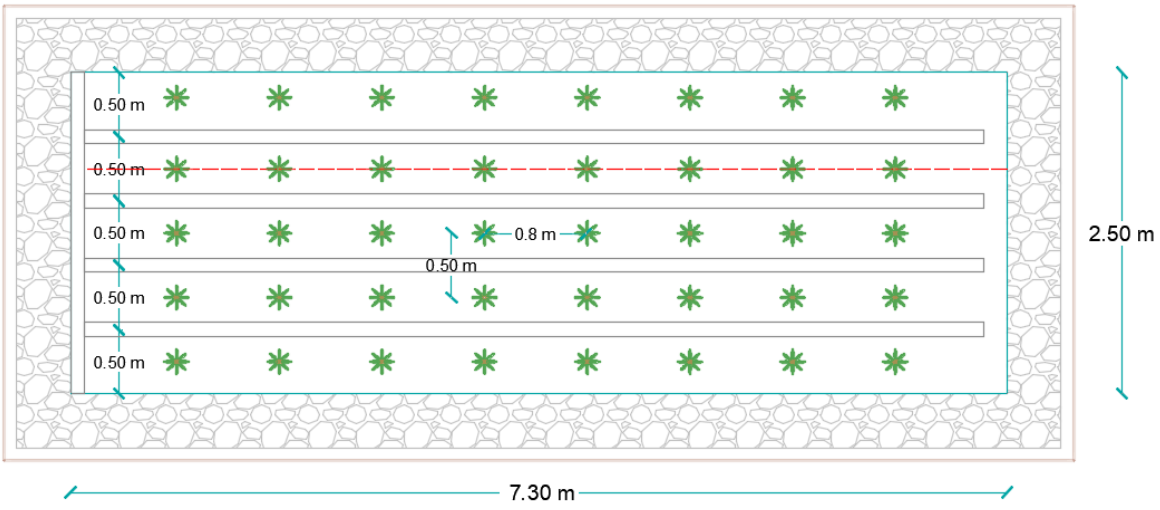
La vista en planta:



Vista en planta humedal FWS (Laguna No. 1)



Vista en planta humedal SSF (Laguna No. 2)



Vista en planta humedal SSF de flujo vertical (Laguna No. 3).

Esta solo es una recomendación por lo que para experimentar se deberá tomar en cuenta las dimensiones y los sistemas de distribución y recolección de las lagunas.

Tomar en cuenta la literatura técnica e investigaciones para la disposición de la vegetación.

La recomendación de la disposición de los muestreadores es para analizar la calidad del agua a través del efluente y describir más a detalle el comportamiento de los humedales. Los investigadores pueden disponerlas donde crean necesario y conveniente.

- **Comprobación del funcionamiento de las lagunas.**

- En lo que se refiere a la comprobación de la circulación del agua, para la laguna No. 1 será evidente a simple vista. Lo contrario que sucede para las lagunas No. 2 y 3.
- La comprobación de la circulación se la realizará penetrando una varilla en el lecho granular y se lo extraerá al minuto de sumergido.
- Una vez extraído se procederá a medir la altura de lo humedecido.
- La altura recomendable para la laguna No. 2 es 10 cm menos que la altura del lecho mientras que para la laguna No. 3 debe estar en su totalidad humedecida.

- **Finalizar experimentación**

Se debe obstruir la entrada de la laguna y permitir la circulación del agua hacia el alcantarillado desde la caja de revisión de salida.

- **Limpieza**

Ver en CAPÍTULO VI: PLAN DE MANTENIMIENTO.

5.2.3. Prácticas recomendadas dentro de la PTAR piloto.

*5.2.3.1. **Práctica #1:** Eficiencia de remoción de la laguna.*

- **Objetivo**

Determinar la eficiencia de remoción de la laguna.

- **Equipos, materiales y especímenes de ensayo**

- Equipo de protección personal
- Flexómetro
- Cronómetro
- Objetos para medición de caudal (piedras, hojas, etc.)
- Equipo de succión
- Recipientes plásticos para el almacenamiento de las muestras

- **Marco teórico**

Los humedales artificiales son tecnologías no convencionales construidas por el hombre con los recursos del medio en el que van a ser instalados. Tienen diferentes configuraciones, pero sus componentes principales son:

- Confinamiento del humedal: se encuentra complemente impermeabilizado por geomembranas que evitan la fuga de las aguas.
- Vegetación: se escogen macrófitas, plantas que pueden vivir en sitios inundados, que permitan la depuración del agua.
- Lechos: aunque los humedales de flujo superficial no tienen obstrucciones más que las raíces de las macrófitas, los de flujo subsuperficial harán circular las aguas a través de un empaque granular.

La depuración de las aguas en los humedales se da por procesos de filtración, sedimentación, absorción de los componentes por parte de la vegetación presente. Y tienen capacidad de remoción de DBO, SST, nitrógeno, fósforo y metales pesados.

Según investigaciones establecen que los humedales pueden tener más del 70% de eficiencia de remoción de DBO y SST, aunque se tiene menos del 50% de remoción de nitrógeno y fósforo.

Los parámetros que se deben analizar frecuentemente según Metcalf & Eddy (1995) son DBO, SST, pH, nitrógeno total, fósforo total y si es posible coliformes fecales. Estos se deben analizar ya que son los principales parámetros que pueden llegar a darle características que perjudique a la salud y estética del ser humano.

Además estos parámetros permitirán compararlos con los establecidos para la Norma de Calidad Ambiental y de Descargar de Efluente: Recurso de Agua, que rige en el Ecuador, en la que se establecen los criterios de calidad para aguas de uso agrícola, pecuario, recreativo y descarga de efluentes que se presentan en el Anexo No. 10 - Criterios de calidad para el reuso y descarga de aguas residuales.

- **Procedimiento**

- Seguir el procedimiento de preparación de los lechos.
- Medir el caudal de entrada a las lagunas.
- Tomar muestras en los puntos establecidos a lo largo de las lagunas bajo el procedimiento establecido en la sección Toma y manejo de muestras.
- Medir el caudal y temperatura a la salida de las lagunas.
- Toma de muestra a la salida de la laguna.
- Analizar las muestras de agua y determinar los siguientes componentes bajo las normativas siguientes:
    - DBO: Standard Methods 5210 B- Biochemical Oxygen Demand (BOD)
    - SST: *Standard Methods 2540 D-Total suspended solids*
    - pH: NTE INEN ISO 10523: Calidad del agua. Determinación del pH
    - Nitrógeno total: *Standard Methods 4500 N org – Total Kedah Nitrogen*
    - Fósforo total: *Standard Methods 4500 C – Phosphorus Concentration*
    - Coliformes fecales: *Standard Methods 9221 E - Standard Total Coliform Fermentation Technique*

- **Cálculos**

$$\% \, eficiencia = \frac{Co - Ce}{Co} \times 100\%$$

Donde

Co: concentración del afluente, mg/L

Ce: concentración del efluente, mg/L

Las mediciones de concentraciones corresponden a la DBO, SST, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Coliformes Fecales.

- **Discusión de Resultados**

- Realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos
- Comparar con los resultados de investigaciones.

*5.2.3.2. **Práctica #2:** Constante de velocidad de remoción.*

- **Objetivo**

Determinar la constante de velocidad de remoción de los componentes de las aguas residuales.

- **Equipos, materiales y especímenes de ensayo**

- Equipo de protección personal
- Equipo de succión para extracción de muestras
- Recipientes plásticos para el almacenamiento de las muestras

- **Marco teórico**

La gran dificultad presentada en el diseño de humedales artificiales es la definición de las constantes de remoción de DBO (k) que define cuan rápido se remueve un componente y que a su vez depende de la temperatura, de los estratos por los que circula el agua residual.

Cuando es mal definida se puede subdimensionar la estructura por lo que la eficiencia de remoción se verá reducida, o por el contrario se puede sobredimensionar haciendo que el tiempo de retención hidráulica teórica difiera de la real.

Es deseable obtener una constante de remoción óptima, existen varios métodos para la determinación entre ellos mínimos cuadrados, el de los Momentos, diferencias diarias, el de relación, el Thomas y el Fujimoto. Para la práctica se realizará bajo el método de los mínimos cuadrados, pero es recomendable realizar también otros dos métodos adicionales.

- **Procedimiento**

- Seguir el procedimiento de preparación de los lechos.
- Tomar muestras en los puntos establecidos a lo largo de las lagunas bajo el procedimiento establecido en la sección Toma y manejo de muestras, en periodos establecidos de horas o días.
- Toma de muestra a la salida de la laguna con intervalos de un día.
- Analizar las muestras de agua y determinar DBO (consumido): Standard Methods 5210 B- Biochemical Oxygen Demand (BOD).

- **Cálculos**

Para el cálculo de los resultados, se explicará con un ejemplo con el método de los mínimos cuadrados. Para el ejemplo se considera que ya se tiene DBO consumido (y) en tiempo específico, por tanto, se obtiene lo siguiente:

t (días)	y (mg/L)	y2	y'	yy'
2	11	121	4.5	49.5
4	18	324	2.75	49.5
6	22	484	1.5	33
8	24	576	1.00	24
$\sum$	75	1505	9.75	156

Tomado de: (Metcalf & Eddy Inc., 1995, pág. 89)

Donde y', que es la pendiente, se puede calcular con la siguiente expresión:

$$y' = \frac{y_{n+1} - y_{n-1}}{2(t_{n+1} - t_n)}$$

En las siguientes ecuaciones se deben reemplazar los valores obtenidos:

$$na + b\sum y - \sum y' = 0$$

$$a\sum y + b\sum y^2 - \sum y\, y' = 0$$

Donde $a = -b \times DBO_u$ y $k = -b$

Así se obtiene:

$$4a + 75b - 9.75 = 0$$

$$101a + 1505b - 156 = 0$$

Obteniendo a= 7.5 y b=-0.271, entonces:

$$k = -b = 0.271$$

- **Discusión de Resultados**

- Utilizar los distintos métodos además del que se presenta como el Thomas y el Fujimoto para el cálculo de k.
- Comparar el valor de k obtenido con el k de diseño de la laguna.

*5.2.3.3. **Práctica #3:** Tiempo de retención hidráulica*

- **Objetivo**

Determinar el tiempo de retención hidráulico real.

- **Equipos, materiales y especímenes de ensayo**

- Equipo de protección personal
- Cronómetro
- Equipo de succión para extracción de muestras
- Recipientes plásticos para el almacenamiento de las muestras
- Trazador químico

- **Marco teórico**

El tiempo de retención hidráulico se lo calcula a partir de la constante de cinética de primer orden (k) al ser un valor tomado de la literatura este tiempo de retención se convierte en un valor teórico y no real.

Kadlec y Wallace (2009) establecen que los tiempos de retención reales pueden variar entre el 60% al 90% del tiempo real, para la medición de los tiempos teóricos y medición de caudales se utilizan reactivos químicos.

Estos reactores químicos se los conocen como trazadores químicos y generalmente son el Cloruro de Sodio o el Cloruro de Litio, un volumen de trazador con una concentración específica en un tiempo dado, es arrojada a las aguas para luego medir las concentraciones en el punto de salida de las lagunas, con ello se obtiene una curva de concentración permitiendo comparar los tiempos de retención.

Existen dos métodos: (i) inyección rápida o (ii) inyección constante.

- Inyección rápida: consiste en inyectar una sola vez una concentración de trazador en un lugar determinado. Luego de inyectarse se toma varias medidas en intervalos de tiempos iguales, se mide las concentraciones al inicio y al final.
  El caudal se obtiene del principio de continuidad:

$$V_1 \times C_1 = \int_{t1}^{t2} Q\ C_2\ d_t - \int_{t1}^{t2} Q\ C_2\ d_t$$

  Teniendo un caudal:

$$Q = \frac{V_1 \times C_1}{\int_{t1}^{t2}(C_2 - C_0)d_t}$$

  Donde:
  V_1: volumen del trazador.
  C_1: la concentración del trazador
  Q: caudal de la corriente que se desea conocer
  C_2: concentración del trazador en un punto determinado, en un tiempo t
  C_0: concentración inicial de las aguas.

- Inyección constante: consiste en inyectar una caudal de trazador químico con una concentración específica. Se recogen las muestras aguas abajo con intervalos de tiempos iguales, con ello se mide las concentraciones iniciales y finales.
  El caudal se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = \frac{q(C_1 - C)}{C - C_2}$$

  Donde:
  C_1: la concentración del trazador.
  Q: caudal de la corriente que se desea conocer
  C: concentración del trazador en un punto determinado, en un tiempo t
  q: caudal del trazador, l/s o m^3/s

- Procedimiento

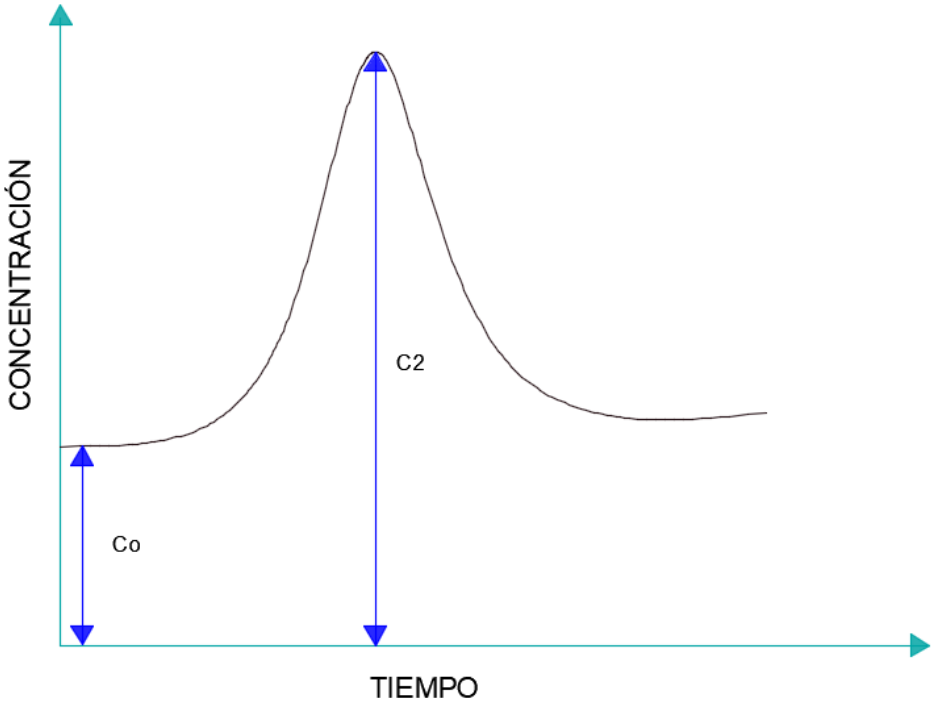
- Seguir el procedimiento de preparación de los lechos.
- Se recomienda toar la metodología de inyección rápida ya que esta sirve para caudales pequeños.

- Tomar la muestra inicial, para determinar la concentración del trazador en las aguas residuales están deben ser tomadas conforme a los explicado en la práctica No. 1
- Arrojar un volumen de trazador con una concentración específica, tomando el tiempo de inyección.
- Toma de muestra a la salida de la laguna con intervalos de mínimo 2 horas en un día, las necesarias para armar la curva.
- Analizar las muestras de agua y determinar la concentración del trazador, las muestras pueden ser llevadas a laboratorio o si se prefiere utilizar técnicas a micro escala para la determinación de cloruros, esto puede realizarse “in situ”. Se sugiere del método de Mohr para la determinación de cloruros.
- Medir las dimensiones de la laguna para la determinación teórica del tiempo de retención. No se debe incluir bordes libres, sino solo el volumen sumergido.

- **Cálculos**

Medición del caudal

Con los resultados obtenidos se deberá armar la curva concentración vs. tiempo



El cálculo del caudal se lo realiza:

$$Q = \frac{V \times C}{\sum C_t \times \Delta t}$$

Donde:

Q: caudal, L/s

V: volumen del trazador, L

C: concentración del trazador, mg/L

C_t: concentración del trazador en el efluente en un intervalo de tiempo t, mg/L

Δt: Intervalo de tiempo para la toma de muestra durante el trazado, seg

Tiempo de retención teórica:

$$TRH = \frac{L\ W\ D\ n}{Q}$$

Donde:

TRH: tiempo de retención teórico, días.

Q: caudal, m^3/día

L: longitud del lecho, promedio entre el ancho de la base y el de la superficie, m.

W: ancho del lecho, m.

D: profundidad del lecho, m.

n: porosidad del lecho.

Tiempo de retención teórica:

- Tomar datos y presentar curvas concentración vs. tiempo.
- El valor de tiempo real será cuando la concentración de salida sea similar al 95% a la concentración inicial del trazador químico.

Eficiencia Hidráulica

$$EH = \frac{Tiempo\ de\ retención\ experimental}{Tiempo\ de\ retención\ teórico} \times 100\%$$

- **Discusión de Resultados**

- Eficiencia Hidráulica, comparar valor teórico con el real.
- En el caso que exista diferencia significativa entre el tiempo real y el tiempo teórico, definir si las consideraciones supuestas en el diseño son correctas.

CAPÍTULO VI: PLAN DE MANTENIMIENTO.

7.1. Objetivo.

Hacer funcionar la PTAR piloto de acuerdo con el diseño con el fin de obtener los resultados esperados y así mantener las instalaciones en condiciones óptimas.

7.2. Diseño del plan de mantenimiento.

El plan mantenimiento de la PTAR de piloto se diseñará bajo la metodología de protocolo de mantenimiento cuyo objetivo es concentrarse en la limpieza de las estructuras.

El método se lo utiliza para evitar la contaminación y alteración de las muestras por lo que el tiempo de mantenimiento será antes y después de cada acción de experimentación.

Para ello se clasificará a las estructuras por su función y se establecerán acciones para cada grupo, además se presentan las normativas de seguridad de las personas que realicen el mantenimiento.

7.2.1. Seguridad del personal

- **Vestimenta del responsable del mantenimiento**

Los estudiantes o investigadores que realizaron la experimentación serán responsables del mantenimiento de las instalaciones por lo tanto cada que realicen mantenimiento a las estructuras deberán portar la misma vestimenta propuesto para la experimentación.

7.2.2. Mantenimiento de las estructuras

El mantenimiento de las estructuras se realizará cada que se empieza y se finaliza una experimentación esto con el fin de evitar la contaminación y resultados erróneos en las investigaciones.

Se ha decido tomar el método por protocolo para el diseño del plan de mantenimiento, es decir, que se asignan una serie de actividades para cada una de las estructuras. Estas actividades en su mayoría serán de inspección y limpieza.

- **Clasificación de estructuras**

Se realizará una estructura jerárquica por función, es decir, se clasificará las estructuras (obras civiles) por la función que realizan, siendo así se tiene:

Identificación	Estructuras	Obras civiles	Cantidad
CR	Obras de llegada	Cajas de revisión	10
T1	Tratamiento preliminar	Rejilla	1
T2	Tratamiento primario	Biotanque Prefabricado	1
T3	Tratamiento secundario	Humedales Artificiales	3
D	Sistemas de distribución en lagunas	Tuberías perforadas	6
R	Sistemas de recolección en lagunas	Tuberías perforadas	7
C	Tuberías de conexión	Tubería	17
M - V	Muestreadores y ventilación	Tubería	16
N	Residuos y desechos	N.A.	N.A.

Tabla No. 42 - Clasificación de estructuras para mantenimiento.

- **Acciones por ejecutar**

Estas son las acciones que se deben ejecutar para todas las estructuras entre ellas están:

Grupo	Tiempo	Actividad general	Descripción
CR	Antes y después	Inspección del material de recubrimiento (hormigón).	Se deberá realizar una inspección visual de la estructura verificando que no tenga fisuras en la base, uniones y verificando que no tenga objetos que obstruyan el flujo del agua.
		Inspección de la unión de tubería y pared de caja.	Realizar inspección visual de las uniones verificando que no tenga espacios por donde pueda escaparse el agua.
	Después	Limpieza	Limpiar la base, paredes, uniones tubería-pared, canales con cepillos limpios.
		Disposición de residuos.	Disponer en las camas de secado de lodos, para luego disponer en áreas verdes.

Grupo	Tiempo	Actividad general	Descripción
T1	Antes y después	Inspección del material.	Se deberá realizar una inspección visual de la estructura verificando que la rejilla posee el espaciamiento establecido en el diseño.
		Inspección de la unión de rejilla y pared de caja.	Realizar inspección visual de las uniones verificando que no tenga espacios por donde pueda escaparse el agua sin tratamiento, además de que se encuentra sujeta firmemente a la estructura de llegada.
	Después	Limpieza	Limpiar la base y barrotes de la rejilla con cepillos limpios.
		Disposición de residuos.	Disponer en las camas de secado de lodos, para luego disponer en áreas verdes.
T2	Antes y después	-	Revisar el manual de mantenimiento dado por el fabricante. Ver

			Anexo No. 11 - Manual de instalación y mantenimiento de biotanque.
T3	Antes y después	Inspección de la geomembrana	Se deberá realizar una inspección visual de la estructura verificando que la geomembrana no posee roturas, además que se encuentre correctamente sujeta a la estructura de tierra.
		Inspección de la unión de tubería geomembrana	Realizar inspección visual de las uniones verificando que no tenga espacios por donde pueda escaparse el agua sin tratamiento, además de que la geomembrana se encuentre sujeta firmemente a la estructura de tierra y a la tubería. Si esta se llega a romper deberá ser reemplazada.
Grupo	**Tiempo**	**Actividad general**	**Descripción**
T3	Antes y después	Limpieza de la estructura.	Luego de finalizada la experimentación con el retiro de los lodos, limpiar la base con escobas de pelos limpios.
	Después	Disposición de residuos sobrantes.	Disponer en las camas de secado de lodos, para luego disponer en áreas verdes.
D R	Antes y después	Inspección del material.	Se deberá realizar una inspección visual de la estructura verificando que las tuberías no tengan obstrucciones en los orificios y no posean fisuras por la que se puede contaminar las aguas.
		Inspección de las uniones T	Verificar visualmente que no se tenga orificios ni fisuras en las uniones.

D	Después	Limpieza de las tuberías	Luego de finalizada la experimentación se deberá hacer circular agua potable a través de ella y dichas aguas evacuarlas hacia el alcantarillado, dejar secar con luz solar y finalmente ser limpiadas con un cepillo.
C	Antes y después	Inspección de uniones	Realizar inspección visual de las uniones verificando que no tenga fugas.
		Inspección del material.	Se deberá realizar una inspección visual de la estructura verificando que la tubería no posee las fugas.
	Durante	Inspección del material.	Visualizar si el terreno aledaño a las tuberías se encuentra seco, en caso contrario obstruir la entrada de agua en la caja de revisión de salida y buscar la fuga.
Grupo	**Tiempo**	**Actividad general**	**Descripción**
M V	Antes y después	Inspección del material.	Se deberá realizar una inspección visual de la estructura verificando que las tuberías no tengan obstrucciones en los orificios y no posean fisuras por la que se puede contaminar las aguas.
		Inspección de las uniones T	Verificar visualmente que no se tenga orificios ni fisuras en las uniones.
	Después	Limpieza de las tuberías	Luego de finalizada la experimentación se deberá hacer circular agua potable a través de ella y dichas aguas evacuarlas hacia el alcantarillado, dejar secar con luz solar y finalmente ser limpiadas con un cepillo.

N	Después	Desecho de los lodos y vegetación utilizada.	Los lodos deberán ser depositadas en la plataforma de secado de lodos, al cabo del tiempo mínimo de retención se deberá tomar muestras para verificar que los lodos se encuentran estables. Una vez cumplidos los parámetros estos deberán ser depositados en la escombrera más cercana.

Tabla No. 43 - Acciones de mantenimiento.

7.2.3. Formato de seguimiento del mantenimiento.

Se presenta una tabla que deberá ser completada antes, durante y después de la experimentación. Para el seguimiento del mantenimiento dividiremos según el equipo jerárquico de lugar en la que se divide los espacios:

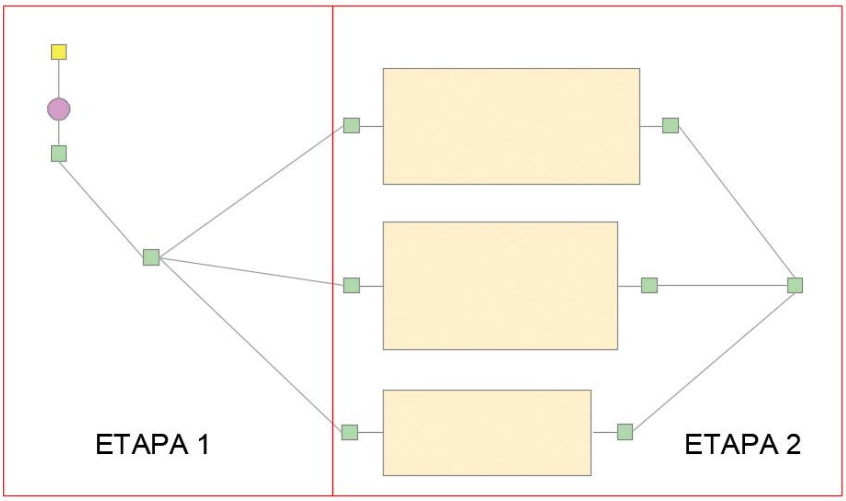


Figura No. 43 - Distribución de espacios para mantenimiento.

Estas etapas permiten simplificar los nombres, con ello las nomenclaturas.

Las tuberías de conexión serían:

C-1-1: Conexión - etapa 1 - tubería 1

Los muestreadores y ventilación serían:

M-1-1: Muestreador - laguna 1 - tubo 1

V-3-1: Ventilación - laguna 3 - tubo 1

Las cajas de revisión:

CR-1-1: Caja de revisión - etapa 1 - tubería 1

Con el código se deberá identificar a las estructuras con el fin de que si existen problemas puedan ser identificadas fácilmente.

Se deberá calificar el estado de la estructura en una escala de:

Calificación	Descripción
Muy buena	No presenta fisuras, sin obstrucciones, defiende el diseño de la PTAR piloto.
Buena	Presenta manchas que no afectan al funcionamiento, existe un poco de desgaste en la estructura.
Regular	Hay desgaste evidente en la estructura no hay fisuras.
Mala	Existen fisuras, fugas de agua, la estructura ya no tiene el funcionamiento esperado.

Tabla No. 44 - Calificación del estado de la estructura.

Una vez calificada, la persona encargada del mantenimiento puede establecer una observación de funcionamiento o mantenimiento para el siguiente investigador.

Para formato ver Anexo No. 12 - Formato para el mantenimiento de la PTAR piloto.

7.3. Costos.

Se estiman abajo los costos del mantenimiento, resaltando que los TNC no contemplan gastos importantes. El costo presentado es por cada proyecto de investigación.

D E S C R I P C I Ó N	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TANQUERO	m3	8	4.53	36.24
ARTICULOS DE LIMPIEZA	u	1	25.00	25.00
DESALOJO DE MATERIALES	m3	43.83	8.43	369.49
TOTAL				430.73

Tabla No. 45 - Costos estimados del mantenimiento.

Para este análisis simplificado de costos de mantenimiento se tomo en cuenta que el mantenimiento se realizará a todo el sistema.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENCIONES

7.1. Conclusiones.

- El diseño de la PTAR, en lo que respecta al tratamiento secundario, se alinea con las recomendaciones de los manuales internacionales, investigaciones recientes y a la literatura técnica ya que no existe información alguna en la normativa nacional sobre diseño, construcción, operación y mantenimiento.
- En lo que se refiere al diseño de las tuberías de alcantarillado de diámetro menor a 200 mm, la normativa nacional no establece criterios de diseño razón por la cual se ha tomado como referencia para el diseño la normativa establecida por la Comisión Nacional del Agua (México) y las recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- El tratamiento secundario consiste en tres laguas que permite albergar humedales artificiales de flujo superficial y subsuperficial además de lechos de turba, en las que se puede modificar los elementos que componen a estos tratamientos con el fin de determinar los factores que los afectan significativamente.
- El diseño del tratamiento secundario prevé obtener una remoción del 85% de la concentración inicial de DBO bajo condiciones cercanas a la temperatura media de 16.4°C, más no se puede obtener concentraciones menores a 10 mg/L debido a que esto representa el arrastre de las partículas presentes dentro del mismo tratamiento.
- Los humedales artificiales de flujo superficial y subsuperficial fueron diseñados con una profundidad que cubra en su totalidad las raíces de la mayoría de macrófitas emergentes, permitiendo así experimentar con distintos tipos de vegetación.
- El sitio de implantación del proyecto se encuentra dentro del permiso otorgado por el Ministerio del Ambiente para la edificación de estructuras de equipamiento dentro del campus, además la PTAR piloto se acoplará a la visual del medio y no perjudicará las actividades habituales de los usuarios del campus.
- El plan de experimentación contempla la seguridad de los usuarios, procedimientos a seguir y las experimentaciones recomendadas que son la base para la modificación los parámetros de las lagunas.
- El plan de mantenimiento agrupa a las estructuras jerárquicamente por su función y establece actividades específicas para cada grupo que deben ser realizadas antes y después de cada experimento.

- El seguimiento del mantenimiento, que se realiza antes y después de cada experimentación, se lo ejecuta mediante un formato que ordena a los equipos jerárquicamente por su lugar y que evalúa su estado con una escala cualitativa.
- Ninguno de los tres sistemas naturales de depuración de agua propuestos en este diseño, alcanzará una depuración menor a 10 mg DBO/L debido, a que esta concentración representa los residuos microscópicos, procedentes de las plantas y lechos granulares utilizados para la depuración de agua.
- En la etapa de tratamiento primario, tanque prefabricado, la eficiencia de remoción de los sólidos sedimentales que se estima alcanzar es aproximadamente 90% y menos del 40% de sólidos disueltos, este último debido a que se busca que estos sean removidos en el proceso posterior.
- En laguna No. 1, en la que se emplea la tecnología de humedales de flujo superficial con carrizo y con un área en planta de 24 m^2, está prevista que la eficiencia sea del 85% de remoción del DBO en un tiempo de retención de 4 días. Es decir, que, en el peor de los escenarios, y considerando las características de las aguas a tratar, este sistema de depuración podría alcanzar una concentración final de aproximadamente 23 mg DBO/L.
- En laguna No. 2, en la que se emplea la tecnología de humedales de flujo subsuperficial de flujo horizontal con carrizo y con un área en planta de 18.42 m^2, está prevista que la eficiencia sea del 85% de remoción del DBO en un tiempo de retención de 3 días. Es decir, que, en el peor de los escenarios, y considerando las características de las aguas a tratar, este sistema de depuración podría alcanzar una concentración final de aproximadamente 23 mg DBO/L.
- Los modelos matemáticos usados para el diseño de la laguna No. 3, humedal subsuperficial de flujo vertical con carrizo, son poco desarrollados para este tipo de sistema utilizado, por lo tanto, no se puede confirmar la eficiencia de remoción. Aún así se ha seguido todas las recomendaciones dadas en las normas e investigaciones internacionales, por lo que se puede establecer que la eficiencia de remoción oscilará entre el 70-90% de remoción de DBO en un periodo de retención de 3 días.
- El proceso de depuración establecido puede alcanzar eficiencias de remoción de sólidos sedimentales y disueltos, con ello DBO, bastante satisfactorios. Permitiéndose cumplir con los parámetros de descarga hacia cuerpos hídricos que se encuentran establecidos en la normativa nacional.

7.2. Recomendaciones.

- Realizar un análisis estadístico de la calidad de las aguas residuales del edificio del CISeAL con muestras tomadas periódicamente durante un día de actividades, con el propósito de mejorar la caracterización de aguas residuales y así estimar con mayor certeza la calidad del efluente luego del proceso de tratamiento.
- Efectuar un análisis estadístico de la climatología del campus Nayón PUCE con la intención de permitir mayor certidumbre en la obtención de los constantes de velocidad de remoción de DBO.
- Para la instalación, operación y mantenimiento de los elementos prefabricados como tanques, rejillas, geomembranas, tubería tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante.
- En la preparación del material de empaque granular de las lagunas, tomar en cuenta el grado de compactación ya que de ello depende la porosidad y conductividad hidráulica del medio.
- En el caso que no pueda ser medido el caudal bajo los métodos tradicionales, se recomienda realizar las mediciones con trazadores químicos que aplica el concepto básico de balance de masas que permite la relación entre la concentración en un volumen arrojada en un punto y las concentraciones medidas en un tiempo dado en un punto alejado del primer punto.
- Los instrumentos de toma y almacenamiento deben ser únicos para cada punto de muestreo para evitar la contaminación cruzada y por consiguiente el error en los resultados.
- Realizar los planos *as-built* concluida la construcción con el fin de actualizar los planos de diseño y permitir la facilidad de experimentación en la PTAR piloto.
- Las experimentaciones deben ser realizadas con todo el equipo de protección dispuesto además de tomar todas las medidas de precaución para la toma de muestras.
- Crear un espacio virtual donde puedan ser cargados los registros de las prácticas y mantenimiento, con el objetivo que exista una actualización permanente de las actividades realizadas dentro de la PTAR piloto.

Referencias

Aguirre, S., Vargas, M., Zefron, M., Cruz, M., & Flores-Gómez, S. (2018). Tratamiento primario de aguas servidas mediante tanque séptico en urbanización de Lurigancho, Lima. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 4*(2), 29-41.

Alvarez Bernal, D., Contreras Ramos, S. M., & Poggi Varaldo, H. M. (2002). Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales por Aplicación del Suelo. *Avance y perspectiva, 21*, 333-340. Obtenido de http://www.cinvestav.mx/avanceyperspectiva

Álvarez Vega, F. (2002). Filtros verdes. Un sistema de depuración ecológico. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, XXIII*(2), 25-28.

Araya, A., González, V., & Jiménez, M. (2018). Análisis de la variación del coeficiente de rugosidad de Manning con respecto a la pendiente del canal en tubería de PVC de 315 mm de diámetro. *Ingeniería UC, 25*(1), 43-49.

Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado. (2010). *Manual de diseño e instalación de tubos de hormigón.* Andalucía: Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado.

asturnatura.com. (24 de abril de 2006). Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steude. *Asturnatura.com [en línea]*(72). Recuperado el 26 de Diciembre de 2019, de https://www.asturnatura.com/especie/phragmites-australis.html

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2018). *Proceso Regional de las Américas Foro Mundial del Agua 2018.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Burbano, G. (2011). *Memoria técnica del sistema de agua potable del campus Nayón de la PUCE.* Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Calderón, J. C. (2018). *Informe Técnico Proyecto definitivo Troncal Metropolitana Tramo Norte AGR-Gualo.* Quito: Secreteraía de Movilidad del DMQ.

Castro, F. (2017). Apuntes de Sanitaria II. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2005). Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima-Perú: Organización Panamericana de la Salud.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2005). Guía para el Diseño Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Eestabilización. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud.

Clima Data ORG. (2019). *Clima: Andalucía*. Obtenido de https://es.climate-data.org/europe/espana/andalucia-252/

Clima Data ORG. (2019). *Clima: Minnesota*. Obtenido de https://es.climate-data.org/america-del-norte/estados-unidos-de-america/minnesota-937/

Collado Lara, R. (2006). *Soluciones técnicas al saneamiento individual o no colectivo.* Cantanbria: Consorcio de aguas Bilbo/Bizkaia y la Universidad de Cantabria.

Comisión Nacional del Agua. (2011). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado* (Vol. 4). México D.F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de México.

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento, Operación Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Tratamiento y Disposición de Lodos.* México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de México.

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Diseño de Alcantarillado Sanitario.* México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de México.

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales* (Vol. 30). México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de México.

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas de Estabilización* (Vol. 27). México D.F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de México. Obtenido de www.conagua.gob.mx

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario* (Vol. 26). México D.F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de México. Obtenido de www.conagua.gob.mx

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Tratamientos No Convencionales* (Vol. 36). México D.F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de la República de México.

CONABIO. (2018). *Sistema de información sobre especies invasoras en México.h*. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) Recuperado el 26 de Diciembre de 2019, de ttp://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/invasoras.html

Crites, R., & Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems.* Boston: McGraw-Hill.

Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales: Para núcleos pequeños y descentralizados.* Bogotá: Mc Graw-Hill.

Cubillos Sierra, D. F., & Huertas Huertas, D. M. (2018). Evaluación de la Eficiencia de Remoción de Materia Orgánica de un Biodigestor Tubular Anaerobio a Escala Piloto para el Tratamiento de Aguas Residuales Porcinas en la Institución Educativa Agrícola Guacavia, Cumaral-Meta. (tesis de pregrado). Villavicencio, Colombia: Universidad Santo Tomás.

Damián, R., & Chalán, E. (1994). Diseño del Sistema de Agua Potable y ALcantarillado Sanitario y Puvlial para la Segunda Etapa de la Cooperativa "6 de JUnio" de COnocoto. Cantón Quito (tesis grado). Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Delgadillo, Ó., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* Cochapamba: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA).

Dirección de Comunicación institucional y Relaciones Públicas PUCE. (2010). Estructura PUCE. *Actualidad*(23), 34-38.

Domenech, M. A., & Espinoza, A. R. (2016). Determinación de las propiedades físico-mecánicas de los hormigones y morteros utilizando materiales pétreos de las canteras de Pifo y Pomasqui-San Antonio (tesis pregrado). Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Dong-Qing, Z., K.B.S.N., J., Gersberg, R. M., Yu, L., Soon Keat, T., & Wun Jeng, N. (2015). Application of constructed wetlands for wastewater treatment in tropical and subtropical regions (2000–2013). *Journal of Environmental Sciences, 30*, 30-46.

Dry Tec Solar. (2015). *Das Klima und die absolute Luftfeuchte in Gramm Wasser je Kubikmeter Luft*. Obtenido de https://bit.ly/30D8rGo

Economopoulou, M. A., & Tshirintzis, V. A. (1 de Abil de 2004). Design Methodology of Free Water Surface Constructed Wetlands. *Water Resources Management*(18), 541-565.

Enriquez Viteri, M., & López Cevallos, E. L. (2019). Análisis de la Demanda y Capacidad Vial para los Accesos Vehiculares de la PUCE- sede Nayón (tesis pregrado). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Environmental Agency Protection. (2012). *Guidelines for Water Reuse.* Washington D.C.: Environmental Agency Protection.

Environmental Protection Agency. (1988). *Design Manual. Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment.* Cincinnati, USA: U.S. Environmental Protection Agency.

Environmental Protection Agency. (1993). Standards for Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503. Washintong D.C., U.S.A.: U.S. Environmental Protection Agency. Obtenido de https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-503

Environmental Protection Agency. (1993). *Subsurface Flow Constructed Wetlands For WasteWater Treatment. A Technology Assessment.* Office of Wastewater Management: Wahintong D.C.

Environmental Protection Agency. (2000). *Manual. Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters.* Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency.

Environmental Protection Agency. (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow.* Washintong D.C.: Office of Wastewater Management.

Environmental Protection Agency. (2004). *Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems.* Washington D.C.: Office of Wastewater Management.

Estrada Gallego, I. Y. (2010). Monografía sobre humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS) para remoción de metales pesados en aguas residuales. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.

Fernández, J., Beascoecha, E., Muñoz, M., & Curt, M. D. (2014). *Manual de Fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación.* Madrid: Ayuntamiento de Lorca, Universidad Politénica de Madrid, Fundación Global Nature, Obra Social. Obtenido de https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/Manual%20sobre%20fitodepuracion.htm

Ferrer, G., Morán, C., & Aldana, G. (2013). Determination of the mean hydraulic retention time at the constructed horizontal flow wetlands using a chemical tracer. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 36*(3), 262-271.

French, R. (1985). *Open-Channel Hydraulics.* New York: McGraw-Hill.

García Ávila, F., Patiño Chávez, J., Zhinín Chimbo, F., Donoso Moscoso, S., Flores del Pino, L., & Avilés Añazco, A. (15 de Abril de 2019). Performance of Phragmites Australis and Cyperus Papyrus in the treatment of municipal wastewater by vertical flow subsurface constructed wetlands. *International Soil and Water Conservation Research*(7), 286-296.

García Serrano, J., & Corzo Hernández, A. (2008). Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial. Barcelona: Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya.

Gobierno Electrónico del Ecuador. (2019). *Guía de Trámites y Servicios del Ecuador*. Obtenido de http://gobec.gobiernoelectronico.gob.ec/

Google Inc. (s.f.). PUCE NAYÓN, Quito. Recuperado el 1 de octubre de 2019, de https://goo.gl/maps/8fAe4toEumEjz97MA

Gustafson, D. M., Anderson, J. L., & Christopherson, S. H. (2001). Peat Filters. *INNOVATIIVE ONSIITE SEWAGE TREATMENT SYSTEMS*, 1-4.

Haiming, W., Zhang, J., Wenshan , G., Zhen, H., Shuang, L., & Hai Liu, J. (enero de 2015). A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: Design and operation. *Bioresource Technology, 175*, 594-601.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). CPE INEN 5 Parte 9-1: Normas para estudio y diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). NTE INEN 2176:2013-Agua. Calidad del Agua. Técnicas de Muestreo. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2007-2012). *Anuarios Meterológicos.* Quito.

Kadlec, R. H., & Knight, R. (1996). *Treatment Wetlands.* Boca Ratón, Florida, U.S.A.: Lewis Publishers.

Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands.* Boca Raton, Florida, U.S.A: Taylor & Francis Group.

Lara, J. (1999). Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales (tesis master). Barcelona, España: Universidad Politectica de Cataluña.

Lozano-Rivas, W. (2012). FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE PLANTAS DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.

Martelo, J., & Lara Borrero, J. A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia, ing. cienc., 8*(15), 221-243.

Metcalf & Eddy Inc. (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización.* (G. Tchobanoglous, F. Burton, Edits., & J. d. Trillo, Trad.) Madrid: McGraw-Hill.

Metcalf & Eddy Inc. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource.* (G. Tchobanoglous, F. Burton, Edits., & J. Trillo, Trad.) New York: McGraw-Hill.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, & Cámara de la Construcción de Quito. (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción-Capítulo 16: Norma Hidrosanitaria NEH Agua. Quito, Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2011). Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Libro VI Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Quito, Ecuador: Presidencia de la República del Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Norma de Calidad Ambiental y de Descargar de Efluente: Recurso de Agua.* Quito-Ecuador: Gobierno de la República del Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2019). *Sistema Único de Información Ambiental (SUIA)*. Obtenido de http://suia.ambiente.gob.ec/catalogo_ambiental

Miranda Medina, M. E. (2013). Tratamiento de Aguas Residuales con Fosa Séptica Convencional y Fosa Séptica Prefabricada (tesis de pregrado). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

Mo, W., Dong-Qing, Z., Jian Wen, D., & Soon Keat, T. (2017). Constructed wetlands for wastewater treatment in cold climate - A review. *Journal of Environmental Sciences, 57*, 293-311.

Monson, S., & McCarthy, B. (1999). *Wastewater Treatment by Peat Filters.* Minnesota: University of Minnesota.

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2019). *Informe de Regulación Metropolitana.* Quito.

New Jersey Department of Environmental Protection. (2008). *Peat Biofilter Wastewater Treatment Systems Guidance Document.* New Jersey: New Jersey Department of Environmental Protection.

Ordenanza Metropolitana No. 0127: Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. (25 de julio de 2016). Distrito Metropolitano de Quito.

Organiciación de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *Guía para la Descripción de Suelos.* Roma: Organización de las Naciones Unidas.

Orozco, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales Teoría y diseño.* Colombia: Acodal.

Ortiz, D. (2011). Manual de Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales para poblaciones medianas de la Región Sur del Ecuador. (tesis pregrado). Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.

Pipe Association Technical Brief. (2016). *Mannings "n" for PVC Gravity Sewer Pipe.* Irving, Texas: Uni-Bell PVC Pipe Association.

Pourrut, P., Róvere, O., Romo, I., & Villacrés, H. (1995). Clima del Ecuador. (I. N. Ganadería, Ed.) *El Agua en el Ecuador*, 13-26.

Prudencio Gonzáles, J., & Vargas Simeón, R. O. (2018). Eficiencia de los Biodigestores Prefabricados en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en la localidad de Ñausilla (tesis de pregrado). Huánuco, Perú: Universidad Emilio Valdizán.

Rabat Blázquez, J. (2016). Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración (tesis master). Alicante, España: Universidad de Alicante.

Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales.* Sevilla: Editorial Reverté S.A.

Red de Biodigestores para América Latina y el Caribe. (2019). *Biodigestores.* Recuperado el 2 de octubre de 2019, de http://redbiolac.org/biodigestores/

Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. (2000). *Agua Potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas.* Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua.

Redacción El Tiempo. (28 de Abril de 2016). Carrizo, un material ancestral vivo. *El Tiempo*.

Reed, S., & Brown, D. (1995). Subsurface Flow Wetlands: A Performance Evaluation. *Water Environment Research, 67*(2), 244-248.

Reed, S., Crites, R., & Middlebrooks, J. (1995). *Natural Systems for Waste Management and Treatment* (2da ed.). New York, U.S.A.: McGraw-Hill.

Rodríguez García, J. P., García Ubaque, C. A., & Pardo Pinzón, J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista Tecnura, 19 (46)*, 149-164. doi:10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a12

Romero, J. A. (2005). *Tratamiento de aguas residuales.Teoría y principios de diseño* (Tercera ed.). (J. Lemoide Garzón, Ed.) Bogotá, Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rotoplas Ecuador. (2019). *Biodigestores Fosas Sépticas Autolimpiantes*. Obtenido de http://rotoplas.com.ec/categoria-producto/biodigestores/

Rousseaua, D., Vanrolleghemb, P., & De Pauw, N. (2004). Model-based design of horizontal subsurface flow constructed treatment wetlands: a review. *Water Research, 64*, 1484-1493.

Salas, J. (2 de Julio de 2018). *Introducción a los Humedales Artificiales como tratamiento de las aguas residuales*. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales

Salas, J. J., Pidre, J. R., & Fahd, K. (2007). *Manual de Tecnologías No Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales- Capítulo V: Filtros de Turba.* Andalucía, España: Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua.

Salas, J. J., Pidre, J. R., & Sánchez, L. (2007). *Manual de Tecnologías No Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales- Capítulo IV: Humedales Artificiales.* Andalucía: Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua.

Sánchez, A. (2014). *Aguas Residuales: Realidad y Perspectivas.* Quito: Secretaría del Agua.

Sánchez, D. (2013). Diseño y modelización de humedales para el tratamiento de efluentes de depuradora. Aplicación en el entorno del parque nacional de Las Tablas de Daimiel. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha.

Secretaría General de Planificación del DMQ. (2018). *Infraestructura de Datos Espaciales Distrital*.

Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbana. Zaragoza, España: Ideasamares.

Secretariado Alianza por el Agua. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbana. Zaragoza, España: Ideasamares.

Seoánez, M. (2005). *Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo.* Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.

Serrano, S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., & Villacís, M. (2012). Análisis Estadístico de Datos Meteorológicos Mensuales y Diarios para la Determinación de Variabilidad Climática y Cambio Climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La granja. Revista de Ciencias de la Vida, 16*(2), 23-47.

Terzaghi, K., & Peck, R. (2013). *Soil mechanics in engineering practice.* England: Read Books Ltd.

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2018). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento.* (Banco Interamericano de Desarrollo, Ed.) Dübendorf: Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática.

Universidad Técnica Particular de Loja. (2010). Guía para la Selección de Tecnologías de Depuración de Aguas Residuales por Métodos Naturales. En poblaciones menores a 5000 habitantes de Loja. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.

Valdez, E., & Vázquez, A. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales.* Dsitrito Federal: Fundación ICA, C.A.

Vásquez, G. d. (2013). Panorama del tratamiento de aguas residuales con tecnología anaerobia en la Costa Atlántica Colombiana. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia-Facultad Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

Wood, A. (1995). Constructed wetlands in water pollution control: Fundamentals to their understanding. *Water Science and Technology, 32*(3), 21-29.

Xu, Y., Wu, Y., & Sun, Q. (2014). Flow Characteristics of the Raw Sewage for the Design of Sewage-Source Heat Pump Systems. *Scientific World Journal* , 503-624.

Anexo No. 1 - Temperaturas medias

Año	2012	2011	2010	2009	2008	2007	Promedio	D.E.	C.V.
Mes	Temperatura media mensual (°C)								
ENERO	16.3	16.2	18.0	16.1	16.5	17.6	16.8	0.738	4.39%
FEBRERO	16.3	16.2	18.3	16.4	15.7	17.0	16.7	0.830	4.97%
MARZO	17.2	15.7	18.2	16.8	15.4	16.9	16.7	0.935	5.60%
ABRIL	16.2	15.7	17.2	16.8	15.9	16.5	16.4	0.515	3.14%
MAYO	16.7	16.9	17.4	16.8	15.7	17.1	16.8	0.528	3.14%
JUNIO	17.1	16.8	16.5	17.3	16.4	16.4	16.8	0.351	2.09%
JULIO	17.5	16.2	16.2	17.1	16.3	16.9	16.7	0.500	2.99%
AGOSTO	17.6	17.0	16.5	17.5	16.1	16.6	16.9	0.540	3.19%
SEPTIEMBRE	17.7	17.4	16.2	17.5	16.6	17.1	17.1	0.527	3.08%
OCTUBRE	17.4	16.4	16.9	17.4	16.1	16.0	16.7	0.572	3.42%
NOVIEMBRE	17.2	17.0	16.0	17.8	16.3	16.3	16.8	0.624	3.71%
DICIEMBRE	17.3	16.8	16.2	17.1	16.2	15.7	16.6	0.562	3.39%
Temperatura Media Anual (°C)	17.0	16.5	17.0	17.1	16.1	16.7	16.7	0.350	2.09%

Tabla No. 46 - Temperaturas medias. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012)

Anexo No. 2 - Precipitaciones totales mensuales

Año	2012	2011	2010	2009	2008	2007	Promedio	D.E.	C.V
ENERO	120.7	62.1	23.8	146.6	112.3	71.2	89.5	45.068	0.5036
FEBRERO	109.2	128.8	45.5	101.6	141.9	77.1	100.7	35.112	0.3487
MARZO	79.6	123.2	25.3	136.2	166.6	163.0	115.7	54.369	0.4699
ABRIL	181.9	345.6	97.2	83.8	153.6	192.0	175.7	94.092	0.5355
MAYO	17.6	45.1	108.9	29.9	114.6	46.9	60.5	41.154	0.6802
JUNIO	22.2	16.1	31.0	13.3	28.9	27.3	23.1	7.205	0.3119
JULIO	0.0	50.5	87.5	1.1	6.4	7.9	25.6	35.747	1.3964
AGOSTO	3.2	27.9	41.4	0.7	28.4	8.7	18.4	16.478	0.8956
SEPTIEMBRE	19.1	32.1	47.8	42.2	66.4	1.0	34.8	22.885	0.6576
OCTUBRE	88.9	67.4	32.3	113.6	219.5	144.2	111	65.520	0.5903
NOVIEMBRE	174.4	82.2	157.7	21.2	67.8	152.8	109.4	61.141	0.5589
DICIEMBRE	33.2	75.2	144.7	109.8	133.0	36.2	88.7	48.088	0.5421
Suma Mensual	850	1056.2	843.1	800	1239.4	928.3	952.8	166.962	0.1752

D.E.= Desviación Estándar C.V.= Coeficiente de variación

Tabla No. 47 - Precipitaciones Totales Mensuales (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012).

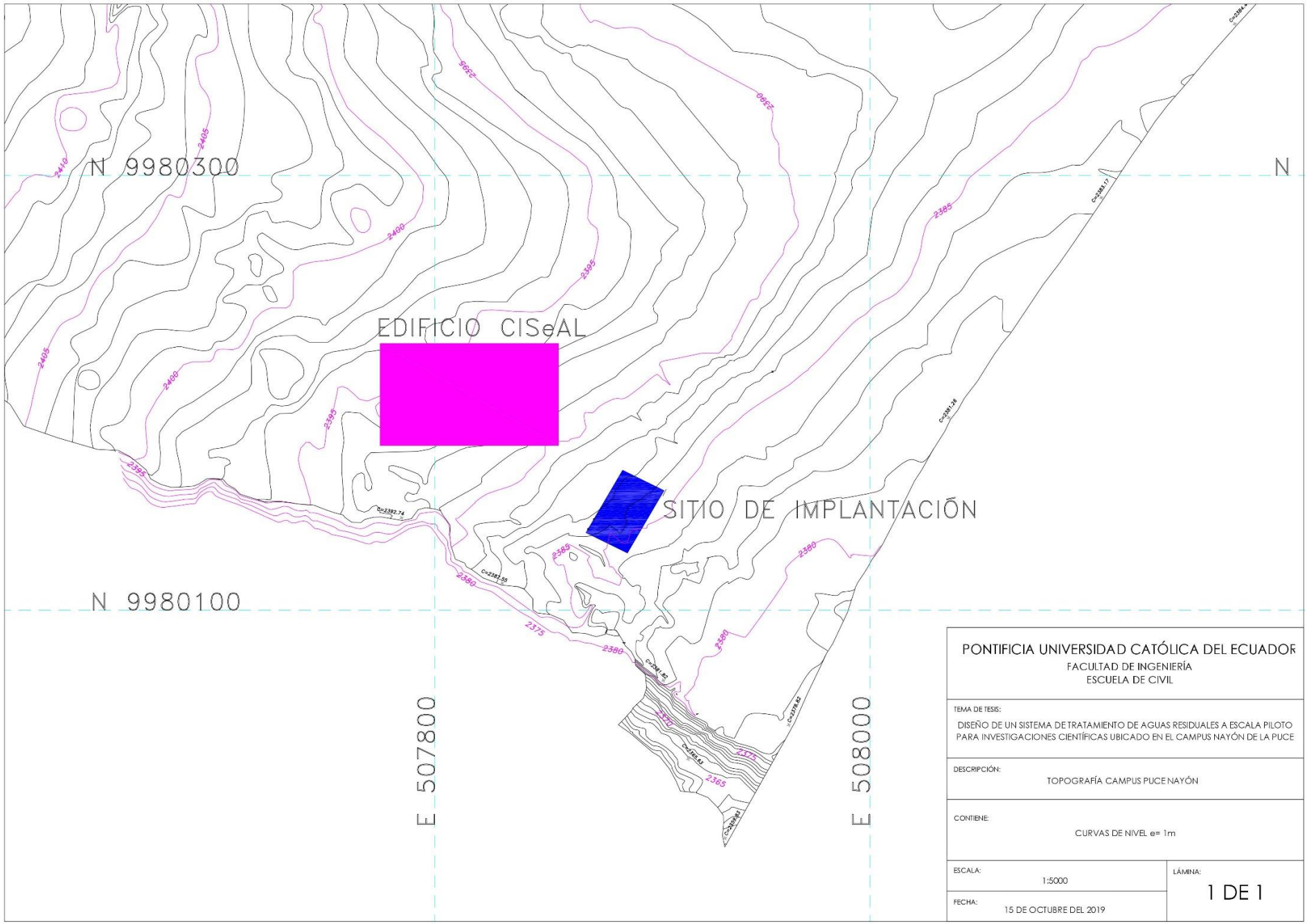
Anexo No. 3 - Humedades Relativas

Año	2012	2011	2010	2009	2008	2007	Promedio	D.E.	C.V
Mes	HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)								
ENERO	82	77	69	82	78	77	78	4.764	6.11%
FEBRERO	81	80	72	80	81	72	78	4.412	5.66%
MARZO	76	81	72	79	81	77	78	3.445	4.42%
ABRIL	81	83	77	79	81	79	80	2.098	2.62%
MAYO	76	79	75	75	82	75	77	2.898	3.76%
JUNIO	71	74	76	63	76	73	72	4.875	6.77%
JULIO	70	75	75	67	73	66	71	3.950	5.56%
AGOSTO	69	67	67	64	74	69	68	3.327	4.89%
SEPTIEMBRE	66	67	71	61	74	61	67	5.241	7.82%
OCTUBRE	72	74	71	70	79	76	74	3.386	4.58%
NOVIEMBRE	77	72	77	70	81	77	76	3.983	5.24%
DICIEMBRE	73	78	79	75	81	77	77	2.858	3.71%
HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)	75	76	73	72	78	73	75	2.258	3.01%

D.E.= Desviación Estándar C.V.= Coeficiente de variación

Tabla No. 48 - Humedades Relativas Medias (%) (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2007-2012).

Anexo No. 4 - Topografía del campus Nayón PUCE


N 9980300
N
EDIFICIO CISeAL
SITIO DE IMPLANTACIÓN
N 9980100
E 507800
E 508000
2410
2405
2400
2395
2390
2385
2380
2375
2370
2365
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
TEMA DE TESIS:
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE
DESCRIPCIÓN:
TOPOGRAFÍA CAMPUS PUCE NAYÓN
CONTIENE:
CURVAS DE NIVEL e= 1m
ESCALA:
1:5000
LÁMINA:
1 DE 1
FECHA:
15 DE OCTUBRE DEL 2019

Anexo No. 5 - Informe de Registro Metropolitano del campus Nayón de la PUCE

INFORME DE REGULACIÓN METROPOLITANA

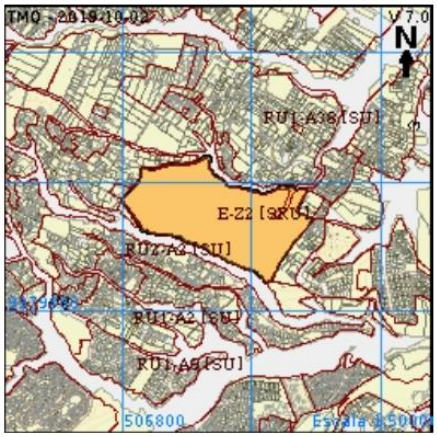
Municipio del Distrito Metropolitano de Quito

IRM - CONSULTA

*INFORMACIÓN PREDIAL EN UNIPROPIEDAD

DATOS DEL TITULAR DE DOMINIO	
C.C./R.U.C:	1790105601001
Nombre o razón social:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
DATOS DEL PREDIO	
Número de predio:	5027598
Geo clave:	
Clave catastral anterior:	11215 02 005 000 000 000
En derechos y acciones:	NO
ÁREAS DE CONSTRUCCIÓN	
Área de construcción cubierta:	283.00 m2
Área de construcción abierta:	0.00 m2
Área bruta total de construcción:	**283.00 m2**
DATOS DEL LOTE	
Área según escritura:	740000.00 m2
Área gráfica:	761326.81 m2
Frente total:	274.77 m
Máximo ETAM permitido:	2.00 % = 14800.00 m2 [SRU]
Zona Metropolitana:	NORTE
Parroquia:	NAYÓN
Barrio/Sector:	CONGRESO NACIONAL
Dependencia administrativa:	Administración Zonal Norte (Eugenio Espejo)
Aplica a incremento de pisos:	

*IMPLANTACIÓN GRÁFICA DEL LOTE



CALLES

Fuente	Calle	Ancho (m)	Referencia	Nomenclatura
SIREC-Q	39647	0		0

REGULACIONES

ZONIFICACIÓN
Zona: Z2 (ZC)
Lote mínimo: V m2
Frente mínimo: V m
COS total: V %
COS en planta baja: V %

PISOS
Altura: V m
Número de pisos: V

RETIROS
Frontal: V m
Lateral: V m
Posterior: V m
Entre bloques: V m

V variable.

Forma de ocupación del suelo: (Z) Áreas de promoción
Uso de suelo: (E) Equipamiento
Clasificación del suelo: (SRU) Suelo Rural
Factibilidad de servicios básicos: NO

ZONIFICACIÓN
Zona: A31 (PQ)
Lote mínimo: 0 m2
Frente mínimo: 0 m
COS total: 0 %
COS en planta baja: 0 %

PISOS
Altura: 0 m
Número de pisos: 0

RETIROS
Frontal: 0 m
Lateral: 0 m
Posterior: 0 m
Entre bloques: 0 m

Forma de ocupación del suelo: (A) Aislada
Uso de suelo: (PE/CPN) Protección Ecológica/Conservación del Patrimonio Natural
Clasificación del suelo: (SRU) Suelo Rural
Factibilidad de servicios básicos: NO

ZONIFICACIÓN
Zona: Z2 (ZC)
Lote mínimo: V m2
Frente mínimo: V m
COS total: V %
COS en planta baja: V %

PISOS
Altura: V m
Número de pisos: V

RETIROS
Frontal: V m
Lateral: V m
Posterior: V m
Entre bloques: V m

V variable.

Forma de ocupación del suelo: (Z) Áreas de promoción
Clasificación del suelo: (SU) Suelo Urbano
Uso de suelo: (E) Equipamiento
Factibilidad de servicios básicos: SI

AFECTACIONES/PROTECCIONES

Descripción	Tipo	Derecho de vía	Retiro (m)	Observación
Troncal Metropolitana	EXPRESA	35.00	15.00	El lote se encuentra afectado por el trazado de una vía [arterial|colectora|expresa], solicitará el informe técnico de afectación vial en la STHV.
QUEBRADA ABIERTA	QUEBRADA ABIERTA			No se permite edificar en el área de QUEBRADA ABIERTA.
QUEBRADA RELLENA	QUEBRADA RELLENA			El lote se encuentra en zona de quebrada rellena. Para edificar solicitará la definición del borde superior de accidente geográfico a la DMC y adjuntará un informe de estudio de suelos emitido por una entidad competente.
PROTECCIÓN DE ACCIDENTE GEOGRÁFICO	RETIRO			El retiro de protección de accidente geográfico visualizado en este documento es únicamente referencial. El retiro de protección de accidente geográfico definitivo se establecerá de acuerdo con los artículos 116 117 y 118 de la ordenanza No. 172 que establece el Régimen Administrativo del Suelo en el DMQ, en base a los parámetros establecidos en el informe de definición del borde superior de accidente geográfico emitida por la DMC.

OBSERVACIONES

SOLICITARA AL EMMOP, INFORME SOBRE EL PASO DE LA VIA PERIMETRAL.

EL RETIRO A LAS QUEBRADAS SE SUJETARA A LA ORDENANZA 255,ART.57.

SOLICITARA A ESTA ADMINISTRACION INFORME DE REPLANTEO Y AFECTACION VIAL.

AMPLIACION DE DATOS DE ZONIFICACION SOLICITARA A LA DIRECCION DE PLANFICACION TERRITORIAL.

SOLICITARA AL DEP. DE AVALUOS Y CATASTROS LA ACTUALIZACION DEL FRENTE DEL LOTE, YA QUE ACTUALMENTE CONSTA 0 M.

Previo a iniciar algún proceso de habilitación o edificación en el lote, procederá a la rectificación de áreas conforme lo establece la Ordenanza No. 0126, debe acercarsea la Dirección Metropolitanan de Catastros.

NOTAS

- Los datos aquí representados están referidos al Plan de Uso y Ocupación del Suelo e instrumentos de planificación complementarios, vigentes en el DMQ.
- * Esta información consta en los archivos catastrales del MDMDQ. Si existe algún error acercarse a las unidades desconcentradas de Catastro de la Administración Zonal correspondiente para la actualización y corrección respectiva.
- Este informe no representa título legal alguno que perjudique a terceros.
- Este informe no autoriza ningún trabajo de construcción o división de lotes, tampoco autoriza el funcionamiento de actividad alguna.
- "ETAM" es el "Error Técnico Aceptable de Medición", expresado en porcentaje y m2, que se acepta entre el área establecida en el Título de Propiedad (escritura), y la superficie del lote de terreno proveniente de la medición realizada por el MDMQ, dentro del proceso de regularización de excedentes y diferencias de superficies, conforme lo establecido en el Artículo 481.1 del COOTAD; y, a la Ordenanza Metropolitana 0126 sancionada el 19 de julio de 2016.
- Para iniciar cualquier proceso de habilitación de la edificación del suelo o actividad, se deberá obtener el IRM respectivo en la administración zonal correspondiente.
- Este informe tendrá validez durante el tiempo de vigencia del PUOS.
- Para la habilitación de suelo y edificación los lotes ubicados en área rural solicitará a la EPMAPS factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado.

© Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda
2011 - 2019

Anexo No. 6 - Registros de ingresos a los baños del edificio del CISeAL.

Tabla No. 49 - Número de ingresos a los baños del edificio del CISeAL

	FORMA NO. 1	FORMA NO. 2	FORMA NO. 3	FORMA NO. 4	FORMA NO. 5	FORMA NO. 6	FORMA NO. 7	FORMA NO. 8	SUMATORIA
JUNIO	HOMBRES PISO 5	MUJERES PISO 5	HOMBRES PISO 4	MUJERES PISO 4	HOMBRES PISO 3	MUJERES PISO 3	HOMBRES PISO 2	MUJERES PISO 2	
11	1	9	12	11	16	1	3	3	56
12	1	3	13	7	12	4	8	10	58
13	1	10	2	14	0	0	0	0	27
14	0	6	0	7	0	0	1	0	14
15	4	9	14	5	15	3	7	11	68
16	3	4	23	12	11	5	6	5	69
17	11	15	29	11	11	5	4	11	97
18	9	4	14	7	14	3	11	12	74

TODOS LOS DÍAS	1	PROM	58
		DESV	26.45
		COEF	45.61%

SOLO DÍAS LABORABLES	2	PROM	71
		DESV	14.760
		COEF	20.79%



Anexo No. 7 - Registros de ingresos al edificio de CISeAL

a) TODOS LOS DÍAS

DÍA	ABRIL	MAYO	JUNIO
1	39	13	13
2	36	32	35
3	36	4	35
4	40	5	37
5	30	2	33
6	1	40	37
7	2	38	29
8	37	38	3
9	38	36	2
10	34	32	37
11	31	3	38
12	30	4	36
13	3	34	36
14	4	31	36
15	31	32	3
16	35	30	3
17	35	26	39
18	7	4	41
19	4	4	38
20	2	30	35
21	4	30	38
22	12	35	12
23	35	26	5
24	36	14	34
25	35	7	33
26	40	1	29
27	1	36	30
28	3	34	26
29	42	36	9
30	39	35	2
31		30	

PROM	25	24	27
DESV	15.95021	14.11513	14.09508
COEF	63.80%	58.81%	52.20%

PROM	25
DESV	14.56584
COEF	58.26%

b) SIN SAB., DOM. Y FERIADO

Día	Abril	Mayo	Junio
1	39	13	13
2	36	32	35
3	36	4	35
4	40	5	37
5	30	2	33
6	1	40	37
7	2	38	29
8	37	38	3
9	38	36	2
10	34	32	37
11	31	3	38
12	30	4	36
13	3	34	36
14	4	31	36
15	31	32	3
16	35	30	3
17	35	26	39
18	7	4	41
19	4	4	38
20	2	30	35
21	4	30	38
22	12	35	12
23	35	26	5
24	36	14	34
25	35	7	33
26	40	1	29
27	1	36	30
28	3	34	26
29	42	36	9
30	39	35	2
31		30	

PROM	36	33	35
DESV	6.303508	5.743734	3.842628
COEF	17.51%	17.41%	10.98%

PROM	35
DESV	5.332855
COEF	15.24%

Tabla No. 50 - Registros de poblaciones: a) cálculo de la población con todos los días, b) cálculo de la población sin considerar sábados, domingos y feriados (celdas sombreadas)

Anexo No. 8 - Informe de Resultados de Aguas Residuales.

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

INFORME DE RESULTADOS

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre:	Chalán Paladinez María Ema
Dirección:	Limo Curima Oe 51 – 99 y Cipriano Farina
Muestra:	**Agua residual 1**
Descripción de la muestra:	Líquido incoloro con ligera presencia de sedimentos
Fecha Elaboración:	---
Fecha Vencimiento:	---
Fecha de Toma:	18 de noviembre del 2019
Lote:	---
Localización:	Universidad Católica Campus Nayón
Envase:	Funda estéril
Conservación de la muestra:	Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción:	18 de noviembre del 2019
Toma de muestra por:	Laboratorio
Fecha de realización del ensayo:	18 – 21 de noviembre del 2019
Fecha de emisión del informe:	25 de noviembre del 2019
Condiciones ambientales:	25.3°C 50%HR

ANÁLISIS MICROBIÓLOGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Recuento de Coliformes fecales	NMP/100ml	PEEMi/LA/29 Standard Methods 9221 E	$3,6 \times 10^6$

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

LABOLAB ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

INFORME DE RESULTADOS

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre:	Chalán Paladinez María Ema
Dirección:	Limo Curima Oe 51 – 99 y Cipriano Farina
Muestra:	**Agua residual 1**
Descripción de la muestra:	Líquido incoloro con ligera presencia de sedimentos
Fecha Elaboración:	---
Fecha Vencimiento:	---
Fecha de Toma:	18 de noviembre del 2019
Lote:	---
Localización:	Universidad Católica Campus Nayón
Envase:	Frasco de polietileno
Conservación de la muestra:	Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción:	18 de noviembre del 2019
Toma de muestra por:	Laboratorio
Fecha de realización del ensayo:	18 – 25 de noviembre del 2019
Fecha de emisión del informe:	25 de noviembre del 2019
Condiciones ambientales:	21.2°C 59%HR

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	Standard Methods 5210 B	140
Nitrógeno total	mg/l	Standard Methods 4500 N org. B	3,88
Potencial hidrógeno (20°C)	----	PEE/LA/10 INEN ISO 10523	8,77
Solidos suspendidos totales	mg/l	Standard Methods 2540 D	98
Fósforo	mg/l	Standard Methods 4500 C	13,99

Cecilia Izurriaga S

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

LABOLAB ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N°198525
Informe N° 198525
Hoja 1 de 2

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre:	Chalán Paladinez María Ema
Dirección:	Limo Curima Oe 51 – 99 y Cipriano Farina
Muestra:	**Agua residual 2**
Descripción de la muestra:	Líquido ligeramente azul con presencia de sedimentos
Fecha Elaboración:	---
Fecha Vencimiento:	---
Fecha de Toma:	18 de noviembre del 2019
Lote:	---
Localización:	Universidad Católica Campus Nayón
Envase:	Funda estéril
Conservación de la muestra:	Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción:	18 de noviembre del 2019
Toma de muestra por:	Laboratorio
Fecha de realización del ensayo:	18 – 25 de noviembre del 2019
Fecha de emisión del informe:	25 de noviembre del 2019
Condiciones ambientales:	21.2°C 59%HR

ANÁLISIS MICROBIÓLOGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Recuento de Coliformes fecales	NMP/100ml	PEEMi/LA/29 Standard Methods 9221 E	2,4 x 10^5

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

INFORME DE RESULTADOS

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre:	Chalán Paladinez María Ema
Dirección:	Limo Curima Oe 51 – 99 y Cipriano Farina
Muestra:	**Agua residual 2**
Descripción de la muestra:	Líquido ligeramente azul con presencia de sedimentos
Fecha Elaboración:	---
Fecha Vencimiento:	---
Fecha de Toma:	18 de noviembre del 2019
Lote:	---
Localización:	Universidad Católica Campus Nayón
Envase:	Frasco de polietileno
Conservación de la muestra:	Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción:	18 de noviembre del 2019
Toma de muestra por:	Laboratorio
Fecha de realización del ensayo:	18 – 25 de noviembre del 2019
Fecha de emisión del informe:	25 de noviembre del 2019
Condiciones ambientales:	21.2°C 59%HR

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Demanda Bioquimica de Oxígeno	mg/l	Standard Methods 5210 B	402
Nitrógeno total	mg/l	Standard Methods 4500 N org. B	19,59
Potencial hidrógeno (20°C)	----	PEE/LA/10 INEN ISO 10523	8,86
Solidos suspendidos totales	mg/l	Standard Methods 2540 D	90
Fósforo	mg/l	Standard Methods 4500 C	29,81

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N°198526
Informe N° 198526
Hoja 1 de 2

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre:	Chalán Paladinez María Ema
Dirección:	Limo Curima Oe 51 – 99 y Cipriano Farina
Muestra:	**Agua residual 3**
Descripción de la muestra:	Líquido azul tenue con ligera presencia de sedimentos
Fecha Elaboración:	---
Fecha Vencimiento:	---
Fecha de Toma:	18 de noviembre del 2019
Lote:	---
Localización:	Universidad Católica Campus Nayón
Envase:	Funda estéril
Conservación de la muestra:	Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción:	18 de noviembre del 2019
Toma de muestra por:	Laboratorio
Fecha de realización del ensayo:	18 – 21 de noviembre del 2019
Fecha de emisión del informe:	25 de noviembre del 2019
Condiciones ambientales:	25.3°C 50%HR

ANÁLISIS MICROBIÓLOGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Recuento de Coliformes fecales	NMP/100ml	PEEMi/LA/29 Standard Methods 9221 E	$1,1 \times 10^5$

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

INFORME DE RESULTADOS

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre:	Chalán Paladinez María Ema
Dirección:	Limo Curima Oe 51 – 99 y Cipriano Farina
Muestra:	**Agua residual 3**
Descripción de la muestra:	Líquido azul tenue con ligera presencia de sedimentos
Fecha Elaboración:	---
Fecha Vencimiento:	---
Fecha de Toma:	18 de noviembre del 2019
Lote:	---
Localización:	Universidad Católica Campus Nayón
Envase:	Frasco de polietileno
Conservación de la muestra:	Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción:	18 de noviembre del 2019
Toma de muestra por:	Laboratorio
Fecha de realización del ensayo:	18 – 25 de noviembre del 2019
Fecha de emisión del informe:	25 de noviembre del 2019
Condiciones ambientales:	21.2°C 59%HR

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	Standard Methods 5210 B	110
Nitrógeno total	mg/l	Standard Methods 4500 N org. B	0,73
Potencial hidrógeno (20°C)	----	PEE/LA/10 INEN ISO 10523	8,76
Solidos suspendidos totales	mg/l	Standard Methods 2540 D	50
Fósforo	mg/l	Standard Methods 4500 C	10,84

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

LABOLAB ANÁLISIS DE ALIMENTOS

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

Anexo No. 9 - Parámetros comunes de las ARD

Parámetro	Unidad	Concentración [3]			Concentración [4]	Concentración [5]	Concentración [6]
		Fuerte	Media	Débil	Promedio	ARD Ciudad de México	ARD Bogotá
Sólidos Totales	mg/L	1200	720	350	720	1590	403
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	850	500	250	500	-	243
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	350	320	100	220	-	160
Sólidos sedimentables	mg/L	20	10	5	10	-	-
DBO_5	mg/L	400	220	110	220	220	190
COT	mg/L	290	160	80	160	-	-
DQO	mg/L	1000	500	250	500	500	382
Nitrógeno Total	mg/L	85	40	20	40	-	-
Fósforo Total	mg/L	20	10	6	8	-	-
Grasas y Aceites	mg/L	150	100	50	100	-	-
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	10^7-10^9	10^7-10^8	10^6-10^7	-	63 x 10^7	8.23 x 10^7

Tabla No. 51 - Parámetros comunes de las ARD.

[3] (Metcalf & Eddy Inc., 1995)
[4] (Romero, 2005, pág. 21)
[5] (Sánchez A. , 2014, pág. 70)
[6] (Romero, 2005, pág. 20)

Anexo No. 10 - Criterios de calidad para el reuso y descarga de aguas residuales.

Actividad		Parámetro	Unidad	Límite Máximo
USO	Agrícola	pH	-	6-9
		Coliformes totales	NMP/100 ml	1000
	Pecuario	Nitrógeno total	mg/L	10
		Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1000
	Recreativo	pH	-	6.5-8.5
		Coliformes fecales	NMP/100 ml	200
DESCARGA	Alcantarillado público	DBO_5	mg/L	250
		Fósforo total	mg/L	15
		Nitrógeno total	mg/L	40
		pH	-	5-9
		SST	mg/L	220
	Cuerpo hídrico de agua dulce	Coliformes fecales	NMP/100 ml	c
		DBO_5	mg/L	100
		Fósforo total	mg/L	10
		Nitrógeno total	mg/L	15
		pH	-	5-9
		SST	mg/L	100
	Cuerpo hídrico de agua marina	Coliformes fecales	NMP/100 ml	Remoción>99.9%
		DBO_5	mg/L	100
		Fósforo total	mg/L	10
		Nitrógeno total	mg/L	40
		pH	-	6-9
		SST	mg/L	100

Tabla No. 52 - Límites máximos permisibles para el reuso y descarga de aguas residuales. Adaptado de: Norma de Calidad Ambiental y de Descargar de Efluente: Recurso de Agua (2017).

Anexo No. 11 - Manual de instalación y mantenimiento de biotanque.

Soluciones para mejora de saneamiento

Biodigestor Autolimpiable

Manual de instalación y mantenimiento

4a. Edición - Junio 2013



5 Años de Garantía

PRODUCTO PATENTADO

Rotoplas® más y mejor agua

Tabla de Contenido

Descripción de las notas	3
El Biodigestor Autolimpiable	3
Características	3
Beneficios	4
Componentes	4
Localización	5
Excavación	6
Colocación del Biodigestor	7
Relleno	7
Registro de lodos	7
Instalación hidráulica	8
Descarga del agua tratada	8
Funcionamiento	8
Limpieza y mantenimiento	9
Especificaciones técnicas	11
Dispositivos previos al Biodigestor y generalidades de la línea	12
Notas	13
Garantía	15

Descripción de las notas

IMPORTANTE
Considerar esta nota ya que de no ser así puede afectar la funcionalidad del producto.

ADVERTENCIA
Tomar la importancia debida a esta nota ya que puede poner en riesgo la integridad del producto.

PELIGRO
Esta nota le indica que de no tomarla en cuenta puede poner en riesgo la integridad del usuario.

1. El Biodigestor Autolimpiable

Es un producto desarrollado por Grupo Rotoplas que tiene como objetivo mejorar el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

2. Características

- Sustituye, de manera más eficiente, los sistemas tradicionales como fosas sépticas de concreto y letrinas, las cuales son focos de contaminación al agrietarse las paredes y saturarse con sólidos.
- Posee un sistema único que permite extraer sólo los lodos o material digerido, haciéndolo higiénico, económico, sin malos olores ni contaminación. Su mantenimiento no requiere equipo electromecánico especializado para su limpieza.
- En el uso doméstico su servicio es de 2 hasta 60 personas y de hasta 233 usuarios en oficina, edificios comerciales, educativos o deportivos.



El Biodigestor Autolimpiable está fabricado con plásticos de alta tecnología que aseguran una vida útil de más de 35 años.

3. Beneficios

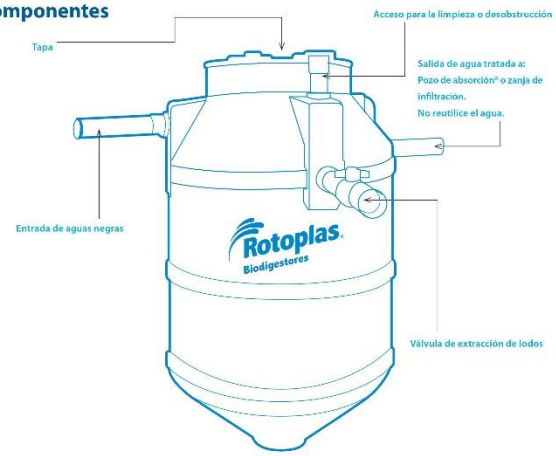
Consumidor final

- Autolimpiable, al abrir una válvula se elimina el lodo digerido del Biodigestor.
- Hermético, ligero y resistente.
- Preservación de mantos freáticos.
- Cuidado del medio ambiente.
- Reduce el riesgo de enfermedades gastrointestinales.

Instalador

- Fácil y rápido de instalar.
- No se agrieta ni se fisura.
- Garantía de 5 años.

4. Componentes



NOTA: Ver "Guía Constructiva de Pozo de Absorción", en nuestra página web www.rotoplas.com, o llame al Centro de atención a clientes, 01800 506 3000.

Nunca descargue el agua tratada a río, mar, laguna o algún cuerpo de agua.

5. Localización

Recomendaciones

- Evite cualquier paso de vehículos.
- Considere la posibilidad de futuras expansiones de la construcción, banquetas, bardas, patios, etc., antes de seleccionar el sitio para instalar el Biodigestor.

ADVERTENCIA
- Instale el Biodigestor de acuerdo a las recomendaciones indicadas en la NOM-006-CONAGUA-1997; contemple el pozo de adsorción o zanja de infiltración.

Evite terrenos pantanosos.



Evite terrenos de relleno o sujetos a inundación.



Evite terrenos de paso de vehículos.



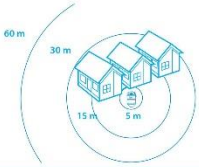






Distancias mínimas recomendadas al punto de descarga

60 m	Distancia a embalses o cuerpos de agua utilizados como fuente de abastecimiento.
30 m	**Distancia de pozos de agua.**
15 m	Distancia a corrientes de agua.
5 m	Distancia a la edificación o predios colindantes.



6. Excavación

Ángulo de excavación en función al tipo de suelo

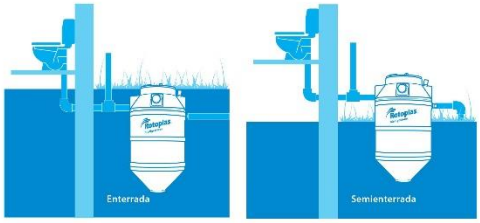
Expansión	Alto-Medio	Bajo	Nulo
Tipo de suelo	Suelo plástico blando o rocoso inestable	Suelo estable o tepetate	Suelo duro roca
Ángulo de excavación			
	Entre 45 y 60 grados	Entre 60 y 75 grados	90 grados

Recomendaciones

- Realice la excavación dejando una pendiente que no permita el deslave de la tierra.

ADVERTENCIA
- Elimine las piedras filosas que puedan dañar el tanque.

- Cuando el nivel freático esté alto, extraiga el agua bombeándola hasta que permita la instalación del Biodigestor.
- Compacte el suelo antes de la colocación del Biodigestor.
- La profundidad máxima a la que se debe enterrar el Biodigestor es de 10 cm.



Puede instalarse todo o parcialmente enterrado.

Tabla 1. Volumen mínimo del registro de lodos zona rural y urbana.

Modelo del Biodigestor	HP-600	HP-1300	HP-3000	HP-7000
Volumen mínimo del registro de lodos (L).	150	300	600	1 800

PELIGRO
- Nunca conecte la purga de lodos a un cuerpo de agua o una barranca.

10. Instalación hidráulica

- Ensamblar la tubería de entrada y salida.
- Sellar con pegamento para PVC los puntos de unión de las interconexiones; las partes roscadas sólo llevarán cinta teflón.
- Ensamblar la válvula para extracción de lodos y sellar con pegamento para PVC.
- Asegúrese que la válvula de lodo se encuentre cerrada y que su tubería esté debidamente apoyada y fija en el piso.



Instalación hidráulica.

11. Descarga del agua tratada

El agua tratada que sale del Biodigestor debe ser descargada a suelo en un pozo de absorción o zanja de infiltración, utilizando las recomendaciones indicadas por la NOM-006-CONAGUA-1997. Los detalles constructivos de tal pozo los puede ver en nuestra página web www.rotoplas.com

Se recomienda la instalación de un sistema de cloración para la desinfección del agua tratada; tal sistema se instalará entre la salida del Biodigestor y el pozo de absorción o zanja de infiltración.

No reutilice el agua tratada; tampoco la descargue a un cuerpo de agua como río, lago, mar.



Funcionamiento.
1. Entrada de desechos.
2. Filtro por donde pasa el agua.
3 Salida de agua.

12. Funcionamiento

El agua entra por el tubo #1 hasta el fondo, donde las bacterias empiezan la descomposición, luego sube y pasa por el filtro #2, donde los microorganismos adheridos al material filtrante retienen otra parte de la contaminación. El agua tratada sale por el tubo #3 y se descarga en un pozo de absorción en el suelo.

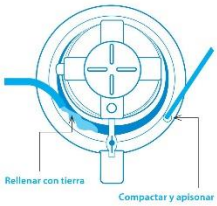
7. Colocación del Biodigestor

Baje el Biodigestor con cuidado sin dañar las conexiones; asegúrese que el tanque esté en posición vertical utilizando un "nivel" de burbuja. Alinee la entrada y salida del agua y verifique que hay por lo menos 20 cm de espacio libre entre el Biodigestor y la pared de la excavación.

8. Relleno

Para rellenar la excavación fuera del Biodigestor, agregue 30 cm del material extraído (o tepetate) y compacte con aplanador manual; después agregue 30 cm de agua dentro del Biodigestor, repita la operación las veces que sea necesario.

Para zonas de nivel freático alto, se recomienda llenar el Biodigestor con agua antes de rellenar la excavación exterior.

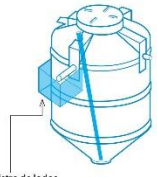


Relleno.

ADVERTENCIA
- Cuide que el material no sea cascajo, ya que podría romper las paredes del tanque.

9. Registro de lodos

- Se debe instalar un "Registro de Lodos" que recibirá los sólidos que se producen por el Biodigestor.
- Determine la posición de la válvula y cave un espacio donde se instalará el Registro de Lodos. La distancia entre el Biodigestor y el Registro debe ser menos a 2 m, la pendiente de la tubería será del 2%.
- La Tabla 1, indica el volúmen útil del registro, el cual se mide desde la válvula de extracción hasta el fondo del registro.
- El registro deberá ser impermeable y contar con tapa pero no hermética, para ayudar el secado de lodos y evitar que estos se mojen durante la lluvia. Se sugiere colocar esta tapa sobre calzas.
- La dimensión del registro debe permitir colocar una cubeta.



Registro de lodos.



Ubicación del registro de lodos.

13. Limpieza y mantenimiento

Purga de lodos

Cada año abra la válvula #4 para que el lodo acumulado y digerido, fluya al Registro de Lodos. Una vez hecha la purga, cierre la válvula y manténgala así hasta el siguiente mantenimiento.

Los lodos son espesos y negros. Esto tardará de 3 a 10 minutos. Si vuelve a salir lodo café, cierre la válvula, esto significa que ya salió todo el lodo digerido.

Si observa que sale con dificultad o la línea se encuentra obstruída, remueva el tapón #5 y destape con un palo de escoba.



Instalación hidráulica.
4. Válvula
5. Tapón

PELIGRO
- Adicionar cal en polvo al lodo extraído para eliminar los microorganismos. La cantidad de ambos depende del tamaño del Biodigestor y la frecuencia del mantenimiento. (Ver tabla 2).

Revuelva 5 minutos, utilizando una pala; al final espolvoree un poco de cal sobre toda la superficie para evitar moscas.

Tape el registro y deje secar el lodo por 2 meses o hasta que sea fácil su manejo con pala. Para acelerar el secado o en climas húmedos, se recomienda revolver cada mes y agregar una delgada capa de cal al final.

Se recomienda excavar un hoyo, rellenar con el lodo (seco o húmedo) y tapar con tierra; otra opción es enviar estos desechos al relleno sanitario.

En climas muy húmedos o en caso de no contar con áreas verdes exteriores para reutilizar el lodo seco, puede utilizar un servicio de desazolve.



Purga de lodos.

Se pueden reusar los lodos como abono de plantas o mejorador de suelo, tomando en cuenta los siguientes cinco puntos:

ADVERTENCIA
- Es recomendable rellenar con agua después de extraer los lodos.

- Se desinfectó el lodo recien extraído del Biodigestor, utilizando suficiente cal según la tabla #2 y se revolvió adecuadamente.
- El lodo a reutilizar está seco.
- No se debe reutilizar el lodo para hortalizas.
- El lodo desinfectado aún tiene cierta cantidad de microorganismos; utilice protección personal y evite el contacto con los niños.
- La opción del reuso del lodo es responsabilidad del usuario ya que depende de la eficiencia del método de desinfección y la aplicación que el usuario determine.

PELIGRO

- Para el mantenimiento del Biodigestor y el manejo de lodos, siempre utilice guantes, botas y cubre bocas.
- Lávese las manos perfectamente después de cada mantenimiento.
- Los lodos líquidos NUNCA deberán ser enviados al drenaje ni puestos en barrancas, selvas, humedales o en ríos, lagos o mares.

Tabla 2. Purga de lodo y cantidad de cal para mantenimiento cada año.

Modelo del Biodigestor	RP-600	RP-1300	RP-3000	RP-7000
Usuarios (zona rural)	5	10	25	60
Purgue anual (L)	100	200	400	1 200
Cal para mezclado (kg)	10	20	40	120

NOTA: Si el mantenimiento se hace cada año y medio, multiplicar la cantidad de lodo y cal por 1.5.



Limpieza del tanque

Limpieza del tanque

• Filtro

ADVERTENCIA

- El Biodigestor cuenta con un material filtrante de plástico donde microorganismos se adhieren para limpiar el agua. El filtro debe ser limpiado cada 2 años o antes si es que se obstruye.

Para su mantenimiento, abra la válvula y purgue el lodo hasta bajar el nivel de agua. Retire el material que contiene el filtro.

Con una escoba frote el filtro para remover sólidos acumulados. Se puede utilizar una manguera y chorro de agua para facilitar esa actividad. Limpie la cubeta dentro del tanque con una escoba. Regrese el material filtrante a la cubeta y tape nuevamente.

PELIGRO

- NO ENCIENDA FLAMAS, GENERE CHISPAS NI FUME CERCA DEL BIODIGESTOR DURANTE SU MANTENIMIENTO, YA QUE CORRE EL RIESGO DE QUEMADURAS Y/O EXPLOSIÓN.
- Antes de dar mantenimiento, destape el tanque y deje ventilar durante 10 minutos.



Material flotante: Una vez al año abra la tapa y remueva con un cedazo o pala las grasas y cualquier material flotante, para evitar obstrucción de tuberías o del pozo de absorción.
El material removido deberá ser mezclado con cal y dispuesto al relleno sanitario.

IMPORTANTE

El material flotante no deberá ser enviado al drenaje, cuerpos de agua, barrancas, selvas o humedales.

ADVERTENCIA

- No tire basura en la taza del baño (papel, toallas sanitarias ni otros sólidos), ya que se pueden obstruir los conductos.
- No descargar al Biodigestor sustancias químicas como: cloro, amoniaco, sosa, ácido, pintura, aceites y grasas de coche, ya que pueden reducir la efectividad del Biodigestor.
- No retire el plástico en la parte central del tanque, ya que éste es el material filtrante del Biodigestor.
- El Biodigestor deberá estar siempre con agua hasta el nivel del tubo de salida. Si está completamente lleno o vacío, el producto no está operando adecuadamente y se le recomienda acudir inmediatamente a su instalador para su inspección.
- Mantenga bien tapado el Biodigestor.
- La garantía del buen funcionamiento del Biodigestor, depende del seguimiento de las indicaciones de instalación y mantenimiento indicadas en esta guía.
- No reutilice el agua tratada.

15. Dispositivos previos al Biodigestor y generalidades de la línea

a) Es recomendable instalar un registro previo al Biodigestor. En uso público el registro tendrá necesariamente que contar con una rejilla o criba de 1.5" de paso libre para retener la basura que viertan los usuarios.

b) Todas las tuberías conectadas antes del Biodigestor, deberán ser de por lo menos 10 cm de diámetro, con una pendiente mínima del 2%.

c) Si el equipo está conectado a una cocina o algún sitio que genere grasa en grandes cantidades, se recomienda instalar una trampa de grasa antes del Biodigestor.

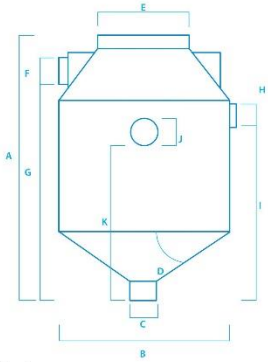
14. Especificaciones técnicas

Tabla 3. Biodigestor Autolimpiable.

Modelo de Biodigestor	RP-600	RP-1300	RP-3000	RP-7000
Capacidad	600 L	1 300 L	3 000 L	7 000 L
Altura máxima con tapa	1.60 m	1.95 m	2.15 m	2.65 m
Diámetro máximo	0.86 m	1.15 m	2 m	2.4 m
Número de usuarios (zona rural, aportación diaria 130 litros / usuario)	5	10	25	60
Número de usuarios (zona urbana, aportación diaria 260 litros / usuario)	2	5	10	23
Número de usuarios (oficina, aportación diaria 30 litros / usuario)	20	43	100	233

Tabla 4. Dimensiones.

Tamaño Concepto	RP-600	RP-1300	RP-3000	RP-7000
A	1.60 m	1.90 m	2.10 m	2.60 m
B	0.86 m	1.15 m	2.00 m	2.50 m
C	0.25 m	0.25 m	0.25 m	0.25 m
D	45 grados	45 grados	45 grados	45 grados
E	18 "	18 "	18 "	18 "
F	4"	4"	4"	4"
G	1.33 m	1.64 m	1.83 m	2.38 m
H	2"	2"	2"	2"
I	1.27 m	1.54 m	1.68 m	2.27 m
J	2"	2"	2"	2"
K	1.15 m	1.39 m	1.48 m	1.87 m



Dimensiones.

Notas

Notas

PÓLIZA DE GARANTÍA DE POR VIDA

Biodigestor Autolimpiable

Rotoplas, S.A. de C.V. a través de su red de distribuidores autorizados, otorga la presente garantía a partir de la fecha de factura.

Nombre del propietario	
Dirección:	
Teléfono:	No. de factura:
Fecha de compra:	Nombre y sello del distribuidor:

SELLO

Plazo de garantía:

Producto	
Biodigestor**	5 años

5 Años de Garantía*

Procedimiento para hacer válida la garantía:

1. Esta garantía deberá ser llenada con los datos del propietario, el nombre y sello del distribuidor, así como anexar copia de factura de compra.
2. El distribuidor procurará resolver su reclamación en un plazo no mayor a 45 días naturales contados a partir de haber recibido su queja, siempre y cuando no haya causas de fuerza mayor como retraso en suministro de partes, huelgas, etc.
3. Esta garantía se aplicará solo a productos ROTOPLAS que no hayan sido sujetos a mal uso, abuso, negligencia, accidentes, fenómenos naturales, instalación inadecuada hecha por terceros o reparaciones por personal ajeno a ROTOPLAS.
4. ROTOPLAS se responsabiliza únicamente por el Biodigestor dañado o componentes del mismo, pero no por instalaciones, tanques o equipo del cliente ni afecciones a terceros.
5. Esta garantía no es válida por daños al producto si este no fue instalado y utilizado de acuerdo a las indicaciones de la Guía de Instalación y Mantenimiento; los criterios que invalidan la garantía son:
   a) Uso del Biodigestor para tratar agua o lodo residual proveniente de aplicaciones industriales como agua de ingenios azucareros, rastros, granjas de puercos u otros animales, lecherías, procesadoras de alimentos, industria metalmecánica, entre otros.
   b) Instalación que no complete el tipo de suelo.
   c) Descarga al Biodigestor de sustancias químicas o basura.
   d) Uso del Biodigestor semi vacío.
   e) Otras marcadas en el manual de instalación.
6. Bajo ninguna circunstancia se hará válida la garantía si no se han seguido las recomendaciones de operación y mantenimiento preventivo indicado en la Guía de Instalación y Mantenimiento.
7. La omisión en cualquiera de las recomendaciones de instalación y/o uso invalidan la garantía del producto.
8. El diseño y construcción del pozo de absorción o infiltración es responsabilidad del cliente, por lo que ROTOPLAS se deslinda completamente de cualquier problema o daño ocasionado por el mismo.
9. ROTOPLAS se reserva el derecho de hacer una evaluación en sitio en caso de requerirse para aplicación o no de la garantíadel producto.
10. Esta garantía ampara todos los defectos de fabricación del producto.
11. En caso de que aplique la garantía, ROTOPLAS contemplará la reparación del producto. En caso de que no se pueda reparar, se realizará cambio físico.
12. La vigencia de la póliza de garantía da inicio a partir de la fecha de adquisición del producto, la cual debe quedar establecida en la póliza de garantía o en el comprobante de venta correspondiente.
13. Para hacer efectiva la garantía no pueden exigirse otros requisitos más que la presentación del producto, garantía vigente y comprobante de venta.

Plantas nacionales:

Golfo. Av. 2, manz. 6, lote 16a #261 entre Av. Framboyanes y Espuela de Ferrocarril, Cd. Industrial Bruno Pagliai, Veracruz, Ver., C.P. 91697. Tel. (229) 989 7200.
Guadalajara. Camino a Buenavista #56, Mpo. Tlajomulco de Zúñiga, Jal., C.P. 45640. Tel. (333)884 1800.
León. Carretera a Santa Ana del Conde #1650, Fracción del Ejido los López, León, Gto., C.P. 37680. Tel. (477) 710 7400.
México. Anáhuac #91, Col. El Mirador, Del. Coyoacán, México, D.F., C.P. 04950. Tel. (55) 5483 2950.
Monterrey. Valle Dorado #300 Esq. Valle de Anáhuac, Col. Valle Soleado, Guadalupe, N.L., C.P. 67114. Tel. (818) 131 0300.
Pacífico. Carretera al Campo 35 km 1.9 +100, Zona Industrial Santa Rosa, Los Mochis, Sin., C.P. 81200. Tel. (668) 816 1680.
Sureste. Tablaje #13348, Anillo Periférico, Fracc. Jacinto Canek, Mérida, Yuc., C.P. 97227. Tel. (999) 930 0350.
Tuxtla Gutiérrez. Calzada Emiliano Zapata km 2 #99 int. 5, Col. Terán, Tuxtla Gutiérrez, Chis., C.P. 29050. Tel: (961) 604 1847.

Para cualquier diferencia nos apegamos estrictamente a la Ley Federal de Protección al Consumidor.

Rotoplas, S.A. de C.V. 01800 506 3000 www.rotoplas.com

Plantas Latinoamérica

Argentina
Calle 22 No. 358, Parque Industrial Pilar, CP (1629) Prov. Buenos Aires, Argentina. Tel. (54) 0230 452 9500.

Brasil
Rua José Antonio Pereira Passos, 1300, Distrito Ind. Pires II - Extrema / MG – CEP: 37640-000, Tel. (0055) 19 3881 8666.

Ecuador
Av. Juan Tanca Marengo Km 2.3, Edificio La Llave Guayaquil, Ecuador. Tel. (593) 4601 3338.

Guatemala
Km. 18 Carretera a Amatitlán, Villa Nueva, Guatemala. PBX: (502) 6663 8888.

Perú
Av. Industrial, Lotes 18 y 19. Urb Las Praderas de Lurín, Lurín, Lima, Perú. Tel. (00 511) 614 2424. RUC 20389748669.

Rotoplas® más y mejor agua

01800 5063000 Rotoplas

ESR EMPRESA SOCIALMENTE RESPONSABLE

NOM

Rotoplas México

@RotoplasMexico

www.rotoplas.com

Este Manual es propiedad de Rotoplas, S.A. de C.V. El contenido no puede ser reproducido, transferido o publicado sin el permiso por escrito de Rotoplas, S.A. de C.V. La responsabilidad de Rotoplas, S.A. de C.V. relacionada al presente Manual se limita a informar a los usuarios sobre las características de los productos y su mejor utilización. En ningún caso pretende enseñar el oficio de Instalador, como así tampoco el diseño y cálculo de las instalaciones. Las imagenes son simuladas, el color del producto puede variar y los pesos y medidas son aproximados. Rotoplas S.A. de C.V. se reserva el derecho a modificar parcial o totalmente el presente Manual y los productos que presenta sin previo aviso.
Para mayor informacion contacte a su representante de ventas.© Rotoplas, 2013.

Anexo No. 12 - Formato para el mantenimiento de la PTAR piloto.

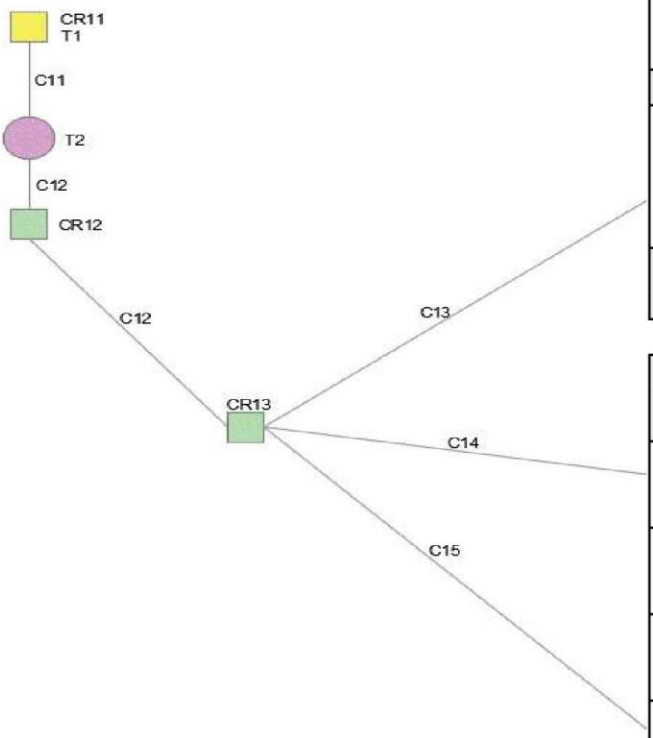
MANTENIMIENTO PTAR PILOTO PUCE NAYÓN

CÓDIGO	NOMBRE DEL INVESTIGADOR	
	FECHA DE MANTENIMIENTO	

TIEMPO	ANTES		DESPUÉS	

ETAPA NO. 1

GRÁFICA



IDENTIFICAR EN LA GRÁFICA SI EXISTEN FISURAS.

NOTA:CALIFICAR EL ESTADO CON LA SIGUIENTE ESCALA

	Descripción
Muy buena	No presenta fisuras, sin obstrucciones, defiende el diseño de la PTAR piloto.
Buena	Presenta manchas que no afectan al funcionamiento, existe un poco de desgaste en la estructura.
Regular	Hay desgaste evidente en la estructura no hay fisuras.
Mala	Existen fisuras, fugas de agua, la estructura ya no tiene el funcionamiento esperado.

1. EQUIPO A UTILIZAR

2. RIESGOS DE TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS

3. EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS

ESTRUCTURA	ESTADO	OBSERVACION
CR11		
CR12		
CR13		
C11		
C12		
C13		
C14		
C15		
T1		
T2		

FIRMA DE RESPONSABLE

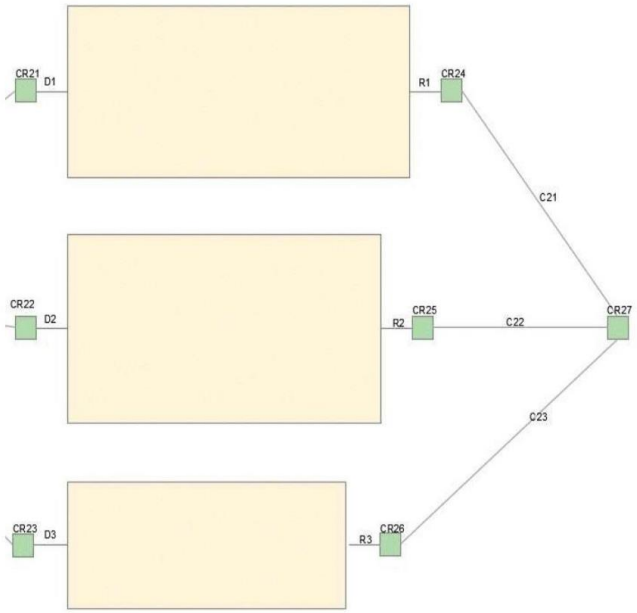
MANTENIMIENTO PTAR PILOTO PUCE NAYÓN

CÓDIGO	NOMBRE DEL INVESTIGADOR	
	FECHA DE MANTENIMIENTO	

TIEMPO	ANTES		DESPUÉS	

ETAPA NO. 2

GRÁFICA



IDENTIFICAR EN LA GRÁFICA SI EXISTEN FISURAS.

ESTRUCTURA	ESTADO	OBSERVACION
M1		
M2		
M3		
V3		

NOTA:CALIFICAR EL ESTADO CON LA SIGUIENTE ESCALA

		Descripción
Muy buena	No presenta fisuras, sin obstrucciones, defiende el diseño de la PTAR piloto.	
Buena	Presenta manchas que no afectan al funcionamiento, existe un poco de desgaste en la estructura.	
Regular	Hay desgaste evidente en la estructura no hay fisuras.	
Mala	Existen fisuras, fugas de agua, la estructura ya no tiene el funcionamiento esperado.	

1. EQUIPO A UTILIZAR

2. RIESGOS DE TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS

3. EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS

ESTRUCTURA	ESTADO	OBSERVACION
CR21		
CR22		
CR23		
CR24		
CR25		
CR26		
CR27		
C21		
C22		
C23		
D1		
D2		
D3		
R1		
R2		
R3		

FIRMA DE RESPONSABLE

Anexo No. 13 - Especificaciones Técnicas

1. REPLANTEO Y NIVELACIÓN.

1.1. Definición

Se entenderá por replanteo al proceso en el que los datos de los planos se trasladarán al terreno mediante el trazado y marcado de los puntos importantes con el fin de implantar el proyecto en su sitio respectivo.

1.2. Especificaciones

El trabajo deberá ser realizado con equipos de precisión como estaciones totales y cinta métrica, y deberá ser realizado por personal capacitado, se replanteará los sitios de movimiento de tierra necesarios para la construcción del proyecto.

Se deberá colocar estacas perfectamente identificadas que marquen los puntos importantes y que deberán ser removidos durante el proceso de construcción.

En lo posible es necesario mantener referencias permanentes externas accesibles y visibles que permitan verificación del replanteo.

- **Materiales mínimos:** estacas, combo, piola.
- **Equipo mínimo:** estación total, cinta métrica, jalones, piquetes, herramienta menor.

1.3. Medición y forma de pago

El replanteo se pagará en metros lineales con aproximación a dos decimales en el caso de tuberías y en el caso de las cajas de revisión, tanque séptico y lagunas se medirá en metros cuadrados correspondientes a los límites externos de las estructuras.

Se pagará de acuerdo con el precio unitario establecido en el análisis de precios unitarios.

1.4. Conceptos de trabajo

Replanteo y nivelación de estructuras	m^2
Replanteo y nivelación de ejes	m

2. DESBROCE Y LIMPIEZA.

2.1. Definición

Consiste en limpiar el terreno donde será implantado el proyecto de acuerdo con los planos.

2.2. Especificaciones

Se procederá a la retirar toda la vegetación como árboles, arbustos, hierbas incluidas sus raíces presentes en el área de construcción, estas operaciones pueden ser realizadas manualmente o empleando equipos mecánicos.

El material proveniente de la limpieza deberá ser dispuesto en un sitio seguro fuera de la zona de construcción.

Si fuera el caso que el material sea aprovechable, será propiedad de la PUCE, se deberá establecer el lugar en el que será dispuesto para luego ser reutilizado.

Para el material no aprovechable este deberá ser desalojado tomándose las precauciones necesarias.

- **Equipo mínimo:** herramienta menor.

2.3. Medición y forma de pago

Se pagará en metros cuadrados con aproximación a dos decimales correspondientes a los límites externos de las estructuras y a espacios designados por el Ingeniero Supervisor.

El desalojo se considera dentro del rubro. Se pagará de acuerdo con el precio unitario establecido en el análisis de precios unitarios.

2.4. Conceptos de trabajo

Desbroce y limpieza	m^2

3. EXCAVACIONES

3.1. Definición

Se entiende por excavaciones las acciones necesarias para retirar volúmenes de tierra u otros materiales, incluida el agua freática o superficial, de manera manual o con el uso de equipo mecánico con el objetivo de conformar espacios que se adecuen al proyecto en cuestión.

3.2. Normalización

En el proceso constructivo se debe tomar en cuenta las siguientes normativas y manuales:

- Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Secretaría Nacional del Agua-Ecuador.
- GPE INEN 12 – Guía de práctica. Excavaciones y medidas de seguridad. INEN-Ecuador.
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales. Comisión Nacional del Agua-México.
- Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Diseño de Alcantarillado Sanitario. Comisión Nacional del Agua-México.
- Manual de Tecnologías No Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales-Capítulo IV: Humedales Artificiales. España

3.3. Especificaciones

Antes de iniciar con el proceso de excavación se deberá contar con los planos de diseño, además de tener el replanteo y nivelación antes de la excavación. Se procederá a la retirar toda la tierra y materiales para conformar los espacios que alberguen a las tuberías y estructuras.

En ningún caso se ocupará la maquinaria para la excavación de cajas de revisión ni zanjas menores a 1.50 m de profundidad ni de tuberías de 110 mm, esta deberá ser a mano. Bajo ninguna excepción el último 0.50 m deberá ser excavado a mano con equipo mínimo.

Todas las excavaciones deberán ejecutarse de acuerdo con las alineaciones, pendientes, rasantes y dimensiones dispuestos en los planos, en el caso que se presente un inconveniente se deberá proceder con lo que dispone el Ingeniero Supervisor.

Se deberá tener que entibar las paredes de la excavación cuando por el tipo de suelo pueda derrumbarse, así también las excavaciones deberán ser de tal precisión que en cualquier punto de las paredes no disten de más de 5 cm de lo establecido por el diseño.

En el posible caso que exista presencia de agua se deberá eliminar el agua a través de cunetas, drenajes, tablestacas, etc., que permita mantener el área de excavación seca. El pago de esta deberá ser añadido ya que no consta en el análisis de precios unitarios.

Por ningún motivo se tendrá una excavación abierta por más de 72 horas, antes del tiempo señalado se deberá colocar toda la estructura que sobre esta se asentará.

En caso de que se proceda a excavar un área no correspondida al diseño sin autorización del Ingeniero Supervisor esta deberá ser rellenada con material que mejore las condiciones del suelo.

Cuando por decisión del Ingeniero Supervisor, el terreno donde se albergarán las estructuras no sea competente se procederá a realizar una sobre excavación hasta encontrar suelo competente caso contrario por decisión de fiscalización se puede mejorar el suelo.

Todas las excavaciones no deberán tener presencia de agua antes de instalar las tuberías, construir cajas de revisión y lagunas para humedales.

El material sobrante, que no será ocupado en relleno, se deberá disponer en un lugar autorizado por el Ingeniero Supervisor para luego ser desalojado a una escombrera.

La fiscalización tiene la facultad de suspender actividades temporal o totalmente cuando se considere que las excavaciones no garantizan las seguridades mínimas a las personas que efectúen el trabajo.

- **Equipo mínimo:** dependiendo del rubro será herramienta menor, excavadora, cargadora frontal u otra similar.
- **Mano de obra mínima:** peón (Estruc. Ocupacional E2), operador de equipo pesado (Estruc. Ocupacional C1), inspector de obra (Estruc. Ocupacional B3) a cada uno se le deberá proveer del equipo de protección personal.

- **Excavación de estructuras menores a mano**

Se refiere a las actividades de excavación realizadas por obreros con herramienta menor para albergar a las cajas de revisión y zanjas de tuberías de di: 110 mm.

- **Excavación a máquina**

Se refiere a las actividades de excavación realizadas con equipo liviano y/o pesado como retroexcavadoras u otra similar.

Se deberá conformar la laguna de los humedales de tal manera que el fondo se afine cuidadosamente a la profundidad señalada y con la pendiente del proyecto.

- **Excavación de zanjas H = 0-2.5 m**

Se ejecutarán cuando se requiere de la disposición de tubería esta tendrá un mínimo de profundidad de 1.20 m desde la superficie hasta el borde externo de la tubería.

La disposición del material de excavación, posterior relleno, será a mínimo de 1.00 m desde el borde de excavación para evitar que la pared tenga un sobrepeso.

Todos los anchos de zanjas deberán tener hasta +/- 0.05 m del diámetro exterior de la tubería

El fondo de la excavación deberá ser cuidadosamente conformado en función de la pendiente señalada en los planos de diseño

No se consideran dificultades presentadas por el terreno como mejoramiento de suelo o sobre excavaciones.

- **Conformación de taludes a mano**

Se dará una inclinación de las paredes de excavación para el tratamiento secundario conforme a los planos de diseño establecidos.

3.4. Especificaciones relacionadas

- REPLANTEO Y NIVELACIÓN.
- REPLANTEO Y NIVELACIÓN.DESBROCE Y LIMPIEZA.

3.5. Medición y forma de pago

Se pagará en metros cúbicos con aproximación a dos decimales lo que corresponde al material en banco de excavación de estructuras menores a mano, a máquina y zanjas.

La conformación de taludes a mano se lo medirá en metros cuadrado con aproximación a dos décimas.

Se pagará de acuerdo con el precio unitario establecido en el análisis de precios unitarios.

3.6. Conceptos de trabajo

Excavación de estructuras a mano	m^3
Excavación a máquina	m^3
Excavación de zanjas a máquina H = 0-2.5 m	m^3

Excavación de zanjas a mano H = 0-2.5 m	m^3
Conformación de taludes a mano	m^2

4. RASANTEO DE ZANJAS Y ESTRUCTURAS

4.1. Definición

El rasanteo de zanjas a mano es la adecuación a mano del fondo del terreno donde se asentará la tubería.

Para el rasanteo de estructuras se refiere a la conformación del nivel del suelo de tal forma que la superficie sea uniforme y se adecúe a las pendientes establecidas en el diseño.

4.2. Especificaciones

El resanteo se lo realizará a mano, arreglando el fondo donde se asentará las estructuras; tomando en cuenta las condiciones del suelo, las disposiciones del diseño, o lo dispuesto por el Ingeniero Supervisor.

Los niveles de rasante deberán ser verificados por el Ingeniero Supervisor.

- **Equipo mínimo:** herramienta menor.

4.3. Medición y forma de pago

Se pagará en metros cuadrados con aproximación a dos decimales correspondientes a los límites externos de las estructuras y zanjas, y a espacios designados por el Ingeniero Supervisor.

Se pagará de acuerdo con el precio unitario establecido en el análisis de precios unitarios.

4.4. Conceptos de trabajo

Rasanteo de zanjas	m^2
Rasanteo de estructuras	m^2

5. RELLENOS

5.1. Definición

Disposición de material, en capas, en espacios definidos y/o dejados por los procesos previos de excavación.

5.2. Especificaciones

No se deberá empezar ningún relleno sin previa autorización del Ingeniero Supervisor.

El material de relleno para las zanjas será el mismo material de excavación, a juicio del Ingeniero Supervisor se determinará si el material es el adecuado caso contrario deberá ser reemplazado por suelo de mejores condiciones, sin embargo, la primera parte, hasta alcanzar los 0.30 m sobre la clave de la tubería deberán ser rellenados con tierra fina sin presencia de piedras, ladrillos etc.

Para el resto, las capas serán dispuestas una vez que se haya comprobado que la capa anterior a este cumple con las condiciones de compactación exigidas, asegurando que la humedad se aproxime a la óptima y para con ello cumplir con un grado de compactación del 90% del contenido óptimo de agua definido por el ensayo del Proctor modificado y estándar.

En el caso que el suelo de excavación posee una humedad mayor a la óptima el Constructor deberá escarificar el material hasta obtener una aproximación a la humedad óptima, con dicho material aireado se procederá a colocar y compactar.

Las operaciones de serán ejecutadas sin demora y ninguna parte de los tramos de tubería se dejará parcialmente rellena por un largo período.

Se debe tener el cuidado de no transitar ni ejecutar trabajos innecesarios sobre la tubería hasta que el relleno tenga un mínimo de 30 cm sobre la misma.

La colocación del relleno ya sea este de suelo natural o seleccionado, se hará en capas de 0.15 m de espesor en ambos lados del tubo, independientemente del tipo de material a usar hasta cubrir el tubo completamente.

La capa siguiente después de colocar el material en la zona del tubo será de 20cm sobre la corona del tubo, de material de excavación limpio. Se compactará con compactador mecánico o manual comenzando las pasadas en dirección longitudinal lo más arrimado posible al muro de la zanja y posteriormente en la zona central.

- **Equipo mínimo:** herramienta menor, compactador manual o compactador mecánico
- **Mano de obra mínima:** residente de obra (Estruc. Ocupacional B1), peón (Estruc. Ocupacional E2), operador de equipo liviano (Estruc. Ocupacional D2), inspector de obra (Estruc. Ocupacional B3) a cada uno se le deberá proveer del equipo de protección personal.

- **Ensayos**

Es imprescindible determinar la densidad seca obtenida del proctor con el material de relleno, ya que con ella se obtiene el grado de compactación que es la relación entre la densidad “in situ” y la densidad de laboratorio, para este proyecto se exige un grado de compactación del 90%.

Obligatoriamente se deberá realizar la verificación del grado de compactación que se puede efectuar con un penetrómetro, densímetro nuclear o por cualquier otro método de campo dispuesto por el Ingeniero Supervisor y deben ser realizados en cualquier punto tomado aleatoriamente en todos los rellenos ejecutados.

En el caso que no se establezca el tipo de ensayo de campo, se sugiere realizar el ensayo del densímetro nuclear.

5.3. Medición y forma de pago

El relleno compactado se pagará en metros cúbicos con aproximación a la décima. Se medirán los volúmenes efectivamente colocados en las excavaciones.

El costo unitario comprende humectación, colocación, tendido, compactación del material de relleno, utilización de maquinaria, mano de obra, herramientas.

Se pagará de acuerdo con el precio unitario establecido en el análisis de precios unitarios.

5.4. Conceptos de trabajo

Relleno Compactado (material de excavación) m^3

6. ACARREO Y TRANSPORTE DE MATERIALES

6.1. Definiciones

- **Acarreo**

Traslado del material proveniente de cortes, excavaciones y derrumbes desde el lugar de su extracción hasta el sitio donde será utilizado o almacenado que se encuentren dentro de la "Zona de Acarreo" y que incluye a la "Zona de libre colocación", en el caso que el material sea reutilizado para otros fines.

- **Zona de Acarreo**

Es el área que contempla dentro de un radio de 5000 metros desde el centro de gravedad de la obra.

Para obras longitudinales corresponderá al área que contempla dentro de un radio de 5000 metros desde el punto de extracción del material.

- **Zona libre de colocación**

Es el área que contempla dentro de un radio de 100 metros desde el centro de gravedad de la obra.

Para obras longitudinales corresponderá al área que contempla dentro de un radio de 100 metros desde el punto de extracción del material.

- **Acarreo Libre**

Es el traslado del material producto de los cortes, excavaciones y derrumbes dentro de la "Zona libre de colocación" sin derecho a una compensación adicional por ese trabajo.

- **Transporte**

Conjunto de actividades involucradas para llevar el material al sitio de obra, estos materiales deben estar incluidos en los planos de diseño.

- **Sobreacarreo**

Traslado mecánico del material producto de los cortes, excavaciones y derrumbes fuera de la Zona de Acarreo, debe ser autorizado por el Ingeniero Inspector.

6.2. Especificaciones

Para el caso de acarreo libre el traslado del material será a hombro, carretillas, equipo mecánico o cualquier forma aceptable.

Para lo que es acarreo y sobre acarreo deberá realizarse con equipo mecánico.

El acarreo libre y acarreo incluye las actividades de carga, traslado y descarga.

El sobre acarreo solamente contempla el traslado mecánico del material, ya que la carga y descarga se contempla dentro del acarreo.

El transporte incluye las actividades de carga, transporte, descarga y almacenaje.

Antes de cualquier acción de acarreo el Constructor deberá presentar al Ingeniero Inspector un “programa de acarreo” en el que se definirán los materiales destinados a las “zona libre de colocación”, “zona de acarreo” y para “sobre acarreo”.

En el programa de acarreo se definirá las rutas de recorrido para el desalojo y los sitios de depósito y almacenaje de residuos tomando en cuenta que estos sitios no deben ser visibles con el fin de no alterar la cotidianidad de los habitantes ni el paisaje.

El material proveniente de las excavaciones, cortes y derrumbes que no sea utilizado para el relleno, será desechado en sitios de depósitos señalados por el Ingeniero Supervisor, con el criterio de que siempre se debe ocasionar el menor costo posible.

El Constructor tiene la responsabilidad de asegurarse que exista la cantidad suficiente para el relleno, antes de desalojar fuera de la zona libre de colocación o de la zona de acarreo.

SI en el caso que el material sobrante de las excavaciones que no sea utilizado para el relleno pero que se augura utilizar en obras futuras de la zona se debe fijar un lugar de acopio apropiado y autorizado por el Ingeniero Inspector.

El transporte del material y sobre acarreos deberán programarse de tal manera que fluya sin interrupción de tráfico peatonal y/o vehicular, que no afecte la cotidianidad de los habitantes ni del paisaje.

Los vehículos que transporten el material deberán tener bales limpios, adecuados y en buen estado. Tomar en cuenta que el material no debe sobrepasar la altura del compartimento de carga y deberá ser cubierto obligatoriamente con una lona con el fin de evitar que el material se riegue durante el recorrido.

Cada vehículo de traslado de material deberá ingresar a sitios poblados con llantas limpias, además de llevar un ayudante con palas para recoger el material que, eventualmente, puede caer en las vías públicas.

- **Equipo mínimo:** dependiendo del rubro será herramienta menor, excavadora, cargadora frontal, volqueta u otra similar.
- **Mano de obra mínima:** peón (Estruc. Ocupacional E2), operador de equipo pesado (Estruc. Ocupacional C1), inspector de obra (Estruc. Ocupacional B3) a cada uno se le deberá proveer del equipo de protección personal.

6.3. Especificaciones relacionas

- DESBROCE Y LIMPIEZA.
- EXCAVACIONES

6.4. Medición y forma de pago

- **Acarreo**

El acarreo del material producto de los cortes, excavaciones y derrumbes, se medirán en banco, en metros cúbicos con aproximación de dos decimales. No se considera esponjamiento.

- **Sobre acarreo**

Se medirá por metros cúbicos por los kilómetros transportados, contabilizados fuera de la "zona de acarreo".

Para el análisis de precios unitarios, una unidad equivale, a transportar un metro cúbico un kilómetro. No se incluye esponjamiento.

- **Transporte**

Se pagará el material que se requiera para la construcción y funcionamiento de la obra, en metros cúbicos por kilómetro, con aproximación a dos decimales.

Se pagará de acuerdo con el precio unitario establecido en el análisis de precios unitarios.

6.5. Conceptos de trabajo

Acarreo Mecánico hasta 5 km	m^3

Transporte de material de excavación	m^3.km
Transporte de subbase clase III	m^3.km
Transporte de vegetación	m^3.km

7. READOQUINADO DE CAMINERÍA

7.1. Definición

Es la operación de reposición con el material retirado (adoquín de colores) y que fue almacenado bajo responsabilidad del Constructor.

7.2. Especificaciones

Se deberá preparar la base del material granular, luego se colocará una capa de arena de aproximadamente 5 cm para luego asentar los adoquines para luego rellenar las juntas.

La superficie deberá ser uniforme y presentar la misma pendiente, alineaciones que tenía antes del proceso de retiro.

Los adoquines y material de retiro deberán ser ubicados dentro de la zona de libre colocación.

7.3. Medición y forma de pago

Se medirá en m2 con aproximación a dos décimas y se pagará de acuerdo con el precio unitario establecido en el análisis de precios unitarios.

7.4. Conceptos de trabajo

Readoquinado de caminería	m^2

8. INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA

8.1. Definición

Geomembrana de polietileno es un elemento impermeable que se colocará en el fondo de las lagunas del tratamiento secundario cuyo objetivo es evitar las fugas de aguas residuales.

8.2. Especificaciones

La geomembrana deberá ser elaborada usando resinas especiales de polietileno, microbiológicamente resistentes y deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- **Espesor mínimo:** 0.50 mm
- **Densidad** mayor a 0.90 g/cm^3
- **Propiedades mecánicas**
    - Tensión de rotura (Norma ASTM D638, tipo IV): 13 kN/m
    - Resistencia al rasgado (Norma ASTM D1004): 50 N
    - Resistencia al punzonamiento (Norma ASTM D4833): 200 N
    - Elongación de rotura: 700%
- **Propiedades hidráulicas**
    - Absorción de agua (Norma ASTM D570): menor al 0.2% de cambio de contenido de humedad.

Una vez que el Ingeniero Supervisor verifique que la Geomembrana cumple con las características mencionas, se deberá preparar el terreno mediante las acciones descritas en el rasanteo posterior a esto se deberá dejar secar, teniendo en cuenta los límites líquidos y plásticos del suelo que deberán ser aprobados por el Ingeniero Supervisor.

Al menos deberá tomarse dos muestras de suelo, lo menos alteradas posibles, en cada una de las lagunas a una profundidad un metro mayor que la profundidad excavada de laguna.

Una vez que se tiene el suelo preparado con las pendientes, alineaciones y habiendo conformado los taludes a mano, se deberá inicial el tendido de la geomembrana.

Entre rollos tendrá un traslape no menor a 40 cm. El termosellado de cada rollo deberá ser verificado por el Ingeniero Supervisor. La manipulación y tendido será manual, mientras que el transporte será con medio mecánicos.

El anclaje de la geomembrana sobre el talud debe ser al menos 0.50 m del borde de la laguna, este anclaje se sugiere que se realice con la excavación de una zanja de 0.40 m de ancho en el que se introducirá la geomembrana para luego volver a llenar zanja con la tierra de excavación, de igual manera se puede recurrir a grapas metálicas al menos 0.30 m para asegurar la sujeción de la geomembrana.

Las acciones de sujeción de la geomembrana pueden ser modificadas por juicio del Ingeniero Supervisor basándose en las instrucciones de instalación de la geomembrana provistas por el fabricante.

8.3. Medición y forma de pago

Se la realizará por metro cuadrado, con aproximación a dos decimales, de geomembrana instalada y tendida sin ondulaciones. Los traslapes no están considerados en el pago.

Se pagará de acuerdo con el precio unitario establecido en el análisis de precios unitarios.

8.4. Conceptos de trabajo

Instalación y suministro de geomembrana m^2

9. SUB BASE CLASE III (TENDIDO Y CONFORMACIÓN)

9.1. Definición

Se entenderá por suministro e instalación de subbase Clase III a las acciones requeridas para la colocación, el tendido, y conformación de material granular previo a la colocación de material de base o reposición de material de rodadura o aceras.

9.2. Especificaciones

Si el Ingeniero Supervisor establece que el investigador es el que debe definir qué clase de material granular se debe colocar, no se colocará el material y el costo correrá por cuenta del investigador.

Se debe tomar en cuenta le Plan de Experimentación general y el de cada investigador.

Los diferentes agregados que constituyen los componentes de la subbase serán mezclados en planta central y graduados uniformemente de grueso a fino.

El material de subbase a utilizarse en la obra deberá cumplir con los siguientes requisitos:

GRADUACION DE SUB-BASE DE AGREGADOS TRITURADOS

Tamiz % que pasa	
2”	100
1 ½”	70-100
N.º 4	30-70
N.º 40	15-40

N.º 200	0-12

REQUISITOS PARA MATERIALES DE SUBBASE GRANULAR

Características	
Límite Líquido máximo	25%
Índice de plasticidad máximo	8%
Equivalente de arena mínimo	29%

Se debe tomar en cuenta estos parámetros para las experimentaciones.

Los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste, no mayor del 50% a 200 revoluciones, determinado según ensayo AASHTO T-96. Para la graduación indicada, la porción de agregado que pasa al tamiz No. 40, deberá tener un límite líquido menor a 25 y un índice de plasticidad menor de 6, de acuerdo con lo especificado según AASHTO T-89 y T-90.

Se deberá excavar de manera adecuada y de acuerdo con lo aprobado por el Ingeniero Supervisor, con equipos de excavación y acarreo adaptables a las condiciones existentes, hasta las elevaciones indicadas en los planos o indicaciones dadas por el Ingeniero Supervisor. Antes de proceder a depositar materiales para la construcción de la subbase, estos deberán ser aprobados por el Ingeniero Supervisor.

Los materiales serán obtenidos en canteras o yacimientos locales aprobados por el Ingeniero Supervisor. El contratista transportará, mezclará y colocará la subbase en la forma especificada en el manual NEVI-12, VOLUMEN 3, SECCIÓN 403, SUB BASES, o como disponga el Ingeniero Supervisor.

No se compactará el lecho, debido a que se requiere que sea permeable el medio para permitir la circulación del agua.

9.3. Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro cúbico (m3) con dos decimales de aproximación.

El investigador deberá correr con el gasto cuando se desee cambiar de lecho.

Las cantidades determinadas del rubro indicado se pagarán a los precios contractuales que consten en el contrato. Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos que estará a entera satisfacción de la Fiscalización.

9.4. Conceptos de trabajo

SUB BASE CLASE III (tendido y conformación)	m^3
SUB BASE CLASE III (tendido, conformado y compactado)	m^3

10. CAJA DE REVISIÓN 0.60 m x 0.60 m

10.1. Definición

Se entiende por construcción de cajas de revisión, al conjunto de acciones que debe ejecutar el Constructor para poner en obra una sección de 60x60 en hormigón simple para recibir la tubería que viene de un tratamiento posterior con el tratamiento siguiente.

Este a su vez se convierte en una obra de muestreo y de medidor de caudal.

10.2. Especificaciones

Las cajas de revisión serán construidas en los lugares que señale el proyecto y/o indique el ingeniero supervisor durante el transcurso de la instalación de las tuberías.

Las cajas de revisión se construirán según los planos del proyecto, tanto los de diseño común como los de diseño especial.

La construcción de la base de las cajas de revisión deberá hacerse previamente a la colocación de las tuberías para evitar que se tenga que excavar bajo los extremos de las tuberías y que éstos sufran desalojamientos.

Se usarán para la construcción los planos de detalle existentes. Cuando la subrasante está formada por material poco resistente será necesario renovarla y reemplazarla con piedra picada, cascajo o con hormigón de un espesor suficiente para construir una fundación adecuada de cada pozo.

La caja de revisión será construida de hormigón simple f'c = 210kg/cm^2, de conformidad a los diseños especiales. Todas las cajas tendrán un canal que conecten las tuberías con una pendiente como se definen en los planos. Los canales se deben realizar tal y como se indican en los planos, el Constructor debe presentar al Ingeniero Supervisor el método de construcción de los canales y este debe ser aprobado.

Las paredes laterales interiores del pozo serán enlucidas con mortero de cemento-arena en la proporción 1:3 en volumen y un espesor de 1 cm terminado tipo liso pulido fino; la altura del enlucido será de 0.7 m medidos a partir de la base del pozo, según los planos de detalle.

Las tapas de las cajas de revisión deben ser de un material tal que puede ser fácilmente retirado por una persona además que evite que se contamine el agua que circula con elementos externos.

Las cajas especiales, como la obra de llegada, cumplirá con los mismos requisitos añadiendo que esta deberá albergar la rejilla.

10.3. Medición y forma de pago

La construcción de cajas de revisión se medirá en unidades. Al efecto se determinará directamente en la obra, el número de conexiones construidas por el Constructor. El pago se hará de acuerdo con la cantidad estimada de material puesto en obra y al precio unitario estipulado en el contrato.

Esta incluye hormigón, la construcción del canal, la tapa, equipo y mano de obra.

10.4. Conceptos de trabajo

Caja de revisión 0.6 x 0.6 m	u

11. HORMIGÓN SIMPLE f'c= 210 kg/cm^2

11.1. Definición

- **Hormigón**

Se entiende por hormigón al producto endurecido resultante de la mezcla de cemento Portland de uso general, agua y agregados pétreos en proporciones adecuadas, puede tener aditivos con el fin de obtener cualidades especiales.

- **Cemento**

Es un conglomerante hidráulico que al ser hidratado se solidifica y endurece. Es producto de la pulverización de Clinker y yeso, utilizado para hormigones, morteros y lechadas.

- **Aditivo**

Los aditivos son aquellos productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

11.2. Especificaciones

El hormigón de 210 kg/cm^2 será utilizado para la construcción de las cajas de revisión su agregado máximo 19 mm será de vaciado directo con relación agua-cemento 0.5 y asentamiento 8-10 cm.

El diseño de la mezcla deberá ser realizado en el laboratorio de materiales de construcción de la PUCE, la dosificación se realizará al peso, pero en obra puede hacerse al volumen.

El cemento ocupado para la fabricación del hormigón será cemento de uso general (tipo I), este material no procederá de almacenamiento mayores a 3 semanas

El agregado fino estará por conformado por arena natural, triturada o mezcla de ambas. Esta deberá ser limpia y de mina. No se utilizará agregado fino con contenido de humedad mayor al 8%.

Para el agregado grueso se empleará ripio limpio de impurezas, materias orgánicas y otras sustancias perjudiciales. Se recomienda no utilizar ripio que tenga formas alargadas o de plaquetas.

En el caso de utilizar aditivos se deberá tener aprobación del Ingeniero Supervisor demostrando que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y rendimiento del hormigón en todos los elementos donde se emplee.

El amasado de hormigón deberá realizarse a máquina, en lo posible una que posea una válvula automática para la dosificación del agua.

El hormigón se mezclará mecánicamente hasta conseguir una distribución uniforme de los materiales. No se sobrecargará la capacidad de las hormigoneras utilizadas, el tiempo mínimo de mezclado será de 1.5 minutos, con una velocidad de por lo menos 14 revoluciones por minuto.

El agua será dosificada por medio de cualquier sistema de medida controlado, corrigiéndose la cantidad que se colocó en la hormigonera de acuerdo con la humedad que contengan agregados.

La manipulación del hormigón en ningún caso deberá tomar un tiempo mayor a 30 minutos, previo al vaciado, el constructor deberá proveer el material adecuado para transportar el hormigón, los encofrados listos y limpios, deberán estar colocados, verificados y comprobados.

Si es que se requiere parar el vaciado del hormigón, se lo realizará en zonas no críticas.

El constructor, deberá contar con los medios necesarios para efectuar el control de la humedad, temperatura y curado del hormigón, especialmente durante los primeros días después del vaciado, a fin de garantizar un normal desarrollo del proceso de hidratación del cemento y de la resistencia del hormigón.

El curado podrá ser efectuado siguiendo las recomendaciones del Comité 612 del ACI, de tal manera se puede utilizar los siguientes métodos: (i) esparcir agua sobre la superficie del hormigón ya suficiente endurecida, (ii) utilizar mantas impermeables, (iii) compuestos químicos líquidos que formen una membrana sobre la superficie del hormigón.

Si es que el curado se realiza con aguas se deberá realizar con un tiempo mínimo de 14 días y comenzará tan pronto como el hormigón haya endurecido.

11.3. Ensayos y tolerancias

Granulometrías serán comprobados por el ensayo granulométrico especificado en la INEN 697: Áridos para hormigón. Agregado fino y la INEN 696: Áridos para hormigón. Agregado grueso.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo con el método de ensayo estipulado en la norma INEN 856: Agregado fino. Áridos para hormigón y INEN 857: Agregado fino. Áridos para hormigón.

El árido fino debe estar libre de cantidades dañinas o impurezas orgánicas, se aplicará el método de ensayo INEN 855.

Los agregados deben cumplir con los requisitos granulométricos que se indican en la table 3 de la norma INEN 872. el módulo de finura no será menor que 2.4 ni mayor a 3.1.

Los agregados no deben contener componentes que puedan reaccionar al contacto con el agua.

Los aditivos deberán cumplir con la Norma INEN PRO-1969, INEN PRO-1844, NTE INEN 0152:05.

Se controlará periódicamente la resistencia requerida del hormigón, se ensayarán en muestras cilíndricas de 15 cm x 30 cm de altura de acuerdo con las recomendaciones y requisitos de las especificaciones ASTM: C172, C192, C31 y C39.

La cantidad de ensayos a realizarse, 3 cilindros de ensayo, 1 probado a los 7 días, otro a los 14 días y otro a los 28 días.

Las pruebas de asentamiento permitirán controlar la calidad de la mezcla del concreto.

11.4. Medición y forma de pago

Será medido en m3 con 2 decimales de aproximación. El pago se hará de acuerdo con la cantidad estimada de material puesto en las cajas de revisión y al precio unitario estipulado.

11.5. Conceptos de trabajo

Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 m

12. MALLA ELECTROSOLDADA 150X150X5mm

12.1. Definición

Es un producto formado por una serie de dos sistemas de barras o alambres de refuerzo que se cruzan perpendicularmente y conectan sus puntos de contacto.

12.2. Especificaciones

La malla electrosoldada para ser usada en obra deberá estar libre de escamas, grasas, arcilla, oxidación, pintura o recubrimiento de cualquier materia extraña que pueda reducir o hacer desaparecer la adherencia, y cumpliendo la norma ASTM A 497. T

Toda malla electrosoldada será colocada en obra en forma segura y con los elementos necesarios que garanticen su recubrimiento, espaciamiento, ligadura y anclaje. No se permitirá que, contraviniendo las disposiciones establecidas en los planos o en estas especificaciones, la malla sea de diferente calidad o esté mal colocada.

Este rubro contempla el suministro y provisión de la malla electrosoldada, más accesorios e insumos, incluida mano de obra para la colocación y fijación de ésta en los puntos indicados en los planos o en los que señale Fiscalización.

La malla por utilizarse será electrosoldada, identificada con el número indicado en los planos de diseño. La malla para su colocación deberá estar perfectamente templada y alineada de acuerdo con la forma y espacio destinado para evitar flexiones que pudieran ocurrir luego de su instalación.

12.3. Medición y forma de pago

Se medirá el material en obra antes de iniciar colocación del hormigón y se pagará por metro cuadrado aproximado a dos decimales.

El pago se realizará en acuerdo con el proyecto y la cantidad real ejecutada medida en el terreno y aprobada por el Fiscalizador.

13. REPLANTILLO DE HORMIGÓN f'c=180 Kg/cm^2 e=7.5cm

13.1. Definición

Se entiende por replantillo de hormigón al producto endurecido resultante de la mezcla adecuada de cemento Portland tipo I según la Especificación ASTM-C 150, por agregados fino y grueso, agua y aditivos aprobados por el Ingeniero Supervisor.

13.2. Especificación

Antes de colocar un hormigón sobre la superficie de fundación, esta deberá estar exenta de agua estancada, lodos, aceite o residuos de cualquier material y cubierta de una capa de replantillo de hormigón simple (f'c = 180 Kg/cm^2) de por lo menos 7.5 cm de espesor.

Las superficies donde se va a colocar el replantillo estarán totalmente limpias, compactas, niveladas y secas, para proceder a verter el hormigón.

Se realizará una compactación mediante vibrador, en los sitios donde se ha llegado a cubrir el espesor determinado, y a la vez las pendientes y caídas indicadas en planos o por fiscalización, se las realizará en esta etapa.

El Ingeniero supervisor aprobará el comienzo del hormigonado y la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados de las pruebas de campo y de laboratorio, así como las tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega. La carga sobre el replantillo no será aplicada hasta que el hormigón haya adquirido el 70% de su resistencia de diseño o que Ingeniero Supervisor indique otro procedimiento.

En lo que se refiere a especificaciones de dosificación, mezclado, vaciado y curado se deberá referir a la especificación de HORMIGÓN SIMPLE f'c= 210 kg/cm^2

13.3. Medición y forma de pago

El pago se hará de acuerdo con la cantidad estimada de material puesto en obra y al precio unitario estipulado en el contrato.

La medición se la hará en unidad de volumen y su pago será por metro cúbico (m3). Se cubicará las tres dimensiones del elemento ejecutado: largo, ancho y altura; es decir el volumen real del rubro ejecutado, que cumpla con las especificaciones técnicas y la resistencia de diseño.

13.4. Conceptos de trabajo

Replantillo de hormigón f'c = 180 Kg/cm^2 e=7.5 cm m^3

14. TUBERÍAS POLICLORURO DE VINILO (PVC) PARA ALCANTARILLADO Di= 110 - 160 mm

14.1. Definición

Se entiende por colocación de tubería de PVC para alcantarillado, al conjunto de operaciones que debe ejecutar el constructor para poner en forma definitiva, según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Inspector.

Estas especificaciones contemplan los tubos de PVC, con superficie interior lisa, sus uniones y accesorios, para la instalación en sistemas de alcantarillado y conexión entre las fases de tratamiento.

14.2. Especificaciones

Las tuberías serán instaladas de acuerdo con los trazados y pendientes indicados en los planos. Cualquier cambio deberá ser aprobado por el Ingeniero Supervisor.

La pendiente se dejará marcada en estacas laterales, 1.00 m. fuera de la zanja o con el sistema de dos estacas una a cada lado de la zanja, unidas por una pieza de madera suficientemente rígida y clavada horizontalmente de estaca a estaca y perpendicularmente al eje de la zanja. En esta pieza horizontal, se clavará otra pieza de madera en el travesaño horizontal y en

sentido vertical, haciendo coincidir un paramento lateral de esta pieza con el eje de la zanja, a fin de poder comprobar la pendiente de la rasante y niveles de las estructuras.

La colocación de la tubería se hará de tal manera que en ningún caso se tenga una desviación mayor de 5 (cinco) milímetros en la alineación o nivel de proyecto cuando se trate de tubería hasta de 600 mm de diámetro o de 10 (diez) milímetros cuando se trate de diámetros mayores, la desviación vertical sobre el eje de la pendiente del proyecto no debe exceder del 10% del diámetro de la tubería de PVC.

Cada pieza deberá tener un apoyo completo y firme en toda su longitud, para lo cual se colocará de modo que el cuadrante inferior de su circunferencia descanse en toda su superficie sobre la plantilla o fondo de la zanja. No se permitirá colocar los tubos sobre piedras, calzas de madera y soportes de cualquier otra índole.

Los tubos serán cuidadosamente revisados antes de colocarlos en la zanja, rechazándose los deterioros por cualquier causa.

Entre dos bocas de vista consecutivas la tubería deberá quedar en alineamiento recto a menos que el tubo sea visitable por dentro o que vaya superficialmente, como sucede a veces con los colectores marginales.

No se permitirá agua en la zanja durante la colocación de la tubería.

La conexión de la tubería con la geomembrana o sistemas de soporte deberán ser impermeabilizadas con el mismo material de la geomembrana para lograr su fijación y sellado. La instalación de la tubería se deberá colocar dentro de una zanja sobre una cama de arena nivelada perfectamente, con una pendiente mínima del 1%. Se protegerá y se rellenará la zanja con material producto de la excavación para la protección de la tubería. y como acabado final se realizará una adecuada compactación.

- Prueba Hidrostática Accidental

Esta prueba consistirá en dar, a la parte más baja de la tubería, una carga de agua que no excederá de un tirante de dos metros. Se hará anclado, con relleno de producto de la excavación, la parte central de los tubos y dejando totalmente libre las juntas de estos. Si el junteo está defectuoso y las juntas acusaran fugas, el Constructor procederá a descargar la tubería y a rehacer las juntas defectuosas.

Se repetirá esta prueba hidrostática cuando haya fugas, hasta que no se presenten las mismas a satisfacción del Ingeniero Supervisor. Esta prueba hidrostática accidental únicamente se hará en los casos siguientes:

Cuando el Ingeniero Supervisor tenga sospechas fundadas de que existen defectos en el junteo de los tubos de alcantarillado.

Cuando el Ingeniero Supervisor, por cualquier circunstancia, recibió provisionalmente parte de las tuberías de un tramo existente entre pozo y pozo de visita.

Cuando las condiciones del trabajo requieran que el Constructor rellene zanjas en las que, por cualquier circunstancia, se puedan ocasionar movimientos en las juntas, en este último caso el relleno de las zanjas servirá de anclaje a la tubería.

A medida que los tubos de conexión entre tratamientos sean colocados, se realizará el relleno de la zanja cuidando de colocar y compactar adecuadamente a ambos lados de la tubería en capas no mayores a 30 cm hasta alcanzar una altura de relleno de 30 cm por encima de la tubería, la compactación deberá lograr mínimo 95% del proctor estándar, luego se colocará 10 cm de material adicional como relleno final.

El proceso de colocación para las tuberías de abastecimiento y descarga será de la misma manera que las ya mencionas, con la diferencia que estas tendrán un relleno final entre 0.20 m y 0.30 m.

El Ingeniero Supervisor solamente recibirá del Constructor tramos de tubería totalmente terminadas entre caja y caja; y, pozo de visita o entre dos estructuras sucesivas que formen parte del alcantarillado, habiéndose verificado previamente la prueba de impermeabilidad y comprobado que toda la tubería se encuentra limpia sin escombros ni obstrucciones en toda su longitud.

Para el transporte y almacenamiento se deben tomar en cuenta las recomendaciones expuestas por el fabricante.

14.3. Medición y forma de pago

La instalación de tubería de PVC para alcantarillado se medirá en metros lineales, con aproximación de dos decimales. Al efecto se determinará directamente en la obra la longitud de las tuberías instaladas según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Supervisor, no considerándose para fines de pago las longitudes de tubo que penetren en el tubo siguiente.

El pago se hará de acuerdo con la cantidad estimada de material puesto en obra y al precio unitario estipulado.

14.4. Conceptos de trabajo

Tubería de Alcantarillado Di=160 mm	m
Tubería de Alcantarillado Di=110 mm	m

15. REJILLA, VARILLA 10 mm, ESPACIAMIENTO LIBRE 25 mm

15.1. Definición

Se entiende por el suministro e instalación de los elementos metálicos de rejillas en ángulo de 60° de hierro de varilla de 10 mm, esta servirá de tratamiento preliminar.

15.2. Especificaciones

Todos los elementos metálicos deberán ser sometidos a un tratamiento de anticorrosión que garantice la duración de éstos.

Todos los elementos metálicos y las partes que los conforman estos deberán montarse y ensamblarse como se muestra en los planos de acuerdo con las indicaciones del Ingeniero Inspector.

Los elementos metálicos deben colocarse con exactitud y en posición correcta sin ninguna tolerancia.

Las superficies de todos los elementos que hayan de quedar en contacto con el concreto o incrustados dentro de él deben limpiarse para eliminar la herrumbre, pintura, la mugre, las escamas sueltas, el mortero u otras sustancias extrañas., etc. y su correcta instalación en las estructuras de acuerdo con las indicaciones de los planos, los requisitos de estas especificaciones y las instrucciones del interventor.

Los materiales para utilizar en la fabricación de los elementos metálicos deberán ser nuevos y de primera calidad y en términos generales deberán conformarse con los requisitos de las especificaciones de la ASTM; para acero estructural deberá garantizarse la especificación A-7 y para pernos, tuercas y arandelas la especificación A-7 o superior.

Todas las soldaduras expuestas de todos los elementos metálicos deberán ser esmeriladas y pulidas a ras.

15.3. Medición y forma de pago

La rejilla se medirá por unidad, el suministro e instalación de elementos metálicos le serán pagados al contratista a los precios unitarios fijados en el presupuesto.

15.4. Conceptos de trabajo

Rejilla, varilla 10 mm, espaciamiento libre 25 mm u

16. TUBERÍA PERFORADA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE Di= 110 mm

16.1. Definición

Son los ramales horizontales que distribuyen y recogen las aguas servidas a lo largo del lecho, con el fin de distribuir el agua uniformemente.

16.2. Especificaciones

Estos deben ser de PVC 110 mm perforadas tanto para la recolección como para la distribución, su disposición debe ser tal y como se presenta en los planos con las pendientes y longitudes indicadas, en el caso que no se encuentre especificado ni en planos ni en las especificaciones se deberá realizar lo que dispone el Ingeniero Inspector.

La longitud de la tubería debe ser aproximadamente igual a la anchura del humedal, con perforaciones uniformes a lo largo de la tubería.

Las tuberías de distribución serán dispuestas sobre un lecho de grava de mayor tamaño que las que se encuentran en el lecho, mientras que las de recolección se encontrarán recubiertas por un empaque de grava de mayor tamaño que las que se encuentran en el lecho con el fin de evitar obstrucciones.

En el caso que no se encuentre tuberías perforadas en el mercado se deberá a la tubería de alcantarillado realizar orificios de 3-5 mm cada 0.5 m.

Para el transporte y almacenamiento se deben tomar en cuenta las recomendaciones expuestas por el fabricante.

Las tuberías deberán seguir lo establecido en los planos, sin embargo, se debe tomar en cuenta la distribución uniforme del agua. Imitando un sistema de flauta.

Para imitar este sistema se requiere de un accesorio tipo TEE, en la unión entre las tuberías y el accesorio no deberá haber orificios debe ser completamente hermético.

Los accesorios de tuberías deberán resistir las cargas exteriores indicadas anteriormente, incluyendo el peso propio del tubo y el peso del agua contenida en su interior, así como las presiones internas a que estarán sujetas dependiendo de las características de cada proyecto.

16.3. Medición y forma de pago

La instalación de tubería de PVC perforada se medirá en metros lineales, con aproximación de dos decimales.

Al efecto se determinará directamente en la obra la longitud de las tuberías instaladas según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Supervisor, no considerándose para fines de pago las longitudes de tubo que penetren en el tubo siguiente.

El pago se hará de acuerdo con la cantidad estimada de material puesto en obra y al precio unitario estipulado.

16.4. Conceptos de trabajo

Tubería perforada de distribución y drenaje di= 110 mm m

17. PUNTOS DE MUESTREO Di = 110 mm

17.1. Definición

Son tuberías perforadas o no dispuestas de manera vertical para la toma de muestra de agua residual a lo largo de las lagunas.

17.2. Especificaciones

Estos deben ser de PVC 110 mm perforadas para las lagunas que contienen a los humedales de flujo superficial y los humedales de flujo subsuperficial horizontal, su disposición debe ser tal y como se presenta en los planos, en el caso que no se encuentre especificado ni en planos ni en las especificaciones se deberá realizar lo que dispone el Ingeniero Inspector.

Para los muestreadores de los humedales de flujo subsuperficial vertical y lechos de turba deberán ser de PVC 110 mm lisos, su disposición debe ser tal y como se presenta en los planos, en el caso que no se encuentre especificado ni en planos ni en las especificaciones se deberá realizar lo que dispone el Ingeniero Inspector.

La longitud de la tubería debe ser aproximadamente igual a la profundidad del lecho.

Las tuberías serán enterradas con el material de empaque y que también será su sujeción. En el caso que no se encuentre tuberías perforadas en el mercado se deberá a la tubería de alcantarillado realizar orificios de 3 mm cada 0.3 m.

Para el transporte y almacenamiento se deben tomar en cuenta las recomendaciones expuestas por el fabricante.

17.3. Medición y forma de pago

La instalación de tubería de PVC perforada se medirá en puntos.

Al efecto se determinará directamente en la obra la longitud de las tuberías instaladas según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Supervisor, no considerándose para fines de pago las longitudes de tubo que penetren en el tubo siguiente.

El pago se hará de acuerdo con la cantidad estimada de material puesto en obra y al precio unitario estipulado.

17.4. Conceptos de trabajo

Tubería muestreadora perforada di= 110 mm	pto
Tubería muestreadora di= 110 mm	pto
Tubería de ventilación Di= 110 mm	pto

18. BIODIGESTOR

18.1. Definición

Un biodigestor es una cámara hermética donde se acumulan residuos orgánicos mediante un proceso natural de bacterias presentes en los excrementos que descomponen el material contenido en metano y en fertilizante.

18.2. Especificaciones

Antes de iniciar cualquier actividad, se deberá realizar un estudio de mecánica de suelos que establezca el tipo suelo, materiales y subsuelo que se encuentra en la zona.

El inicio de la construcción se comenzará con los trazos y nivelaciones del terreno y líneas de influente y efluente. el biodigestor se construirá semienterrado o enterrado, en un porcentaje que estará en función del tipo de suelo y subsuelo, que garantice la estabilidad al biodigestor.

Para el resto de los casos, se hará la excavación conforme a lo determinado por el diseño de ingeniería. Los taludes se deberán conformar con pendientes que proporcionen estabilidad duradera acorde al estudio de mecánica de suelos. Se recomienda, conformar el talud de las paredes del biodigestor en una relación de 1:3 y no mayor de 1:1. (Si los taludes aumentan más de 1:1, las paredes se volverán inestables. y menor de 1:3 se requerirá más espacio no necesario).

Las superficies de los taludes deberán tener una compactación del 90% proctor para garantizar que no exista ningún tipo de protuberancias. La compactación de los taludes se realizará empleando técnicas y equipos adecuados al tipo de terreno, de tal forma que se deje la superficie sin bordos o piedras que lastimen a la geomembrana durante su colocación.

Las coronas del digestor deberán tener una compactación del 85% al 90% proctor. El ancho de la corona será de un mínimo de 3 m (libre de tuberías, registros, salida de gas, etc.,) a cada lado para el tránsito de maquinaria. Una vez construido el sistema, no se deberá realizar maniobras con maquinaria pesada sobre la corona del biodigestor.

Se aplicará un método que evite crecimiento de vegetación sobre la corona. Este procedimiento se podrá hacer únicamente cuando ya esté tapado el digestor al 100% y los registros terminados.

La tubería del influente será instalada para conectar tanque de mezclado con la entrada de alimentación del biodigestor. La tubería será PVC tipo alcantarillado como se especifica en los planos. Deberá contar con un registro que permita verificar el flujo y proporcione acceso al interior de la tubería en caso de taponamientos. Cuando en la instalación de la tubería, se requiera hacer cambios de dirección, no se deberá poner codos mayores a 45°. Si fuera necesario hacer giros de 90°, se deberá colocar dos codos de 45° con una separación de 50 cm como mínimo entre cada codo.

La tubería de extracción de sólidos se deberá instalar para remover el material sedimentado en el interior del digestor debido al proceso, para evitar que se llegue a azolvar y que disminuya el volumen de operación del biodigestor.

Se deberá seguir las indicaciones de instalación y funcionamiento del fabricante es necesario establecer el Ingeniero Supervisor debe autorizar cada operación de instalación del biotanque.

18.3. Medición y forma de pago

El suministro e instalación del biodigestor se medirá y pagará por unidad de acuerdo con la cantidad estimada de material puesto en obra y al precio unitario estipulado.

18.4. Conceptos de trabajo

Biodigestor u

19. VEGETACIÓN PARA TRATAMIENTO

19.1. Definición

Las macrófitas acuáticas son plantas que habitan en ambientes acuáticos e inundables, para lo cual realizan diversas adaptaciones que permitan el desarrollo, crecimiento, e incluso la reproducción bajo condiciones de inundación permanente.

19.2. Especificaciones

La vegetación que se emplea es la misma que coloniza los humedales naturales, plantas acuáticas emergentes (carrizos, juncos, eneas, etc.).

Se sugiere el uso del carrizo (*Phragmites australis*), planta originaria de Europa y considerada como la planta más invasiva y antigua del continente americano, se caracteriza principalmente por su resistencia y adaptabilidad a terrenos llenos de agua o a suelos con presencia alta de nitrógeno (CONABIO, 2018). A continuación, se presentan las características de la planta:

Características	
Tallo	Hasta 6 m de altura
Raíces	Hasta 60 cm de profundidad
Temperatura	Resistencia alta (0°-23°)
pH	4.5-7.5
Terrenos	Regiones montañosas donde la humedad sea mayor que los lugares bajos.

La disposición de la vegetación deberá seguir la establecida en los planos o la que los investigadores a poner a prueba los sistemas crean que sea el más conveniente, tomando en cuenta que no pueden estar a menos de 0.50 m entre las plantas.

Se deberá preparar el terreno donde se plantarán que debe ser un lecho de tierra natural del material de excavación o un material granular.

19.3. Medición y forma de pago

El suministro e instalación de la vegetación se pagará por unidad de acuerdo con la cantidad estimada de material puesto en obra y al precio unitario estipulado.

19.4. Conceptos de trabajo

Vegetación (no incluye transporte) u

20. TURBA (INCLUYE TRANSPORTE)

20.1. Definición

La turba es un tipo de humus que se forma en condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua, que será ocupada para la filtración de agua.

20.2. Especificaciones

Si el Ingeniero Supervisor establece que el investigador es el que debe definir qué clase de material granular se debe colocar, no se colocará el material y el costo correrá por cuenta del investigador.

Se debe tomar en cuenta le Plan de Experimentación general y el de cada investigador.

El material para utilizarse en la obra deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Tamiz % que pasa	
2”	100
1 ½”	100
N.º 4	100
N.º 40	90-80
N.º 200	<85

REQUISITOS PARA MATERIALES DE SUBBASE GRANULAR

Características	
pH	5-7
Materia Orgánica	50%-70%
Porosidad	80%-90%

Se debe tomar en cuenta estos parámetros para las experimentaciones, de preferencia se utilizará turba negra si es que se desea combinar con la vegetación de carrizo.

Los materiales serán obtenidos de yacimientos locales aprobados por el Ingeniero Supervisor.

No se compactará el lecho, debido a que se requiere que sea permeable el medio para permitir la circulación del agua.

El precio incluye el transporte ya que se sugiere obtener las muestras del sector de La Florida, al Sur de Quito, sitio autorizado para la extracción de material.

20.3. Medición y Forma de Pago

La medición para el pago de este rubro será metro cúbico (m3) con dos decimales de aproximación.

El investigador deberá correr con el gasto cuando se desee cambiar de lecho.

Las cantidades determinadas del rubro indicado se pagarán a los precios contractuales que consten en el contrato. Estos precios constituirán la compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, transporte, materiales, dispositivos auxiliares y obras conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos que estará a entera satisfacción de la Fiscalización.

20.4. Conceptos de trabajo

Turba (incluye transporte) m^3

Anexo No. 14 - Memoria de Cálculo

DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PILOTO.

1. Caudal de diseño.

- **Periodo de diseño**

Las norma ecuatoriana de la construcción establecen que el periodo de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales debe ser de al menos 25 años, pero al tratarse de una planta a escala piloto que se utilizará para investigaciones científicas, y con un área limitada se tomará un periodo de 10 años debido a que solo se busca experimentar, más no tratar el agua al 100% para su posterior uso, y así cumpliendo con el alcance de este proyecto.

Para lo que se refiere a las tuberías de llegada y de salida de la planta de tratamiento se ha tomado un periodo de diseño de 25 años, debido a que se consideró su vida útil y además que todo el proceso que conlleva instalar una tubería conlleva costos que se puden evitar.

Se ha tomado como año 2019 como inicio de operación por lo que las proyecciones de población se realizan para la planta de tratamiento tendrá como año horizonte 2029 mientras que para las tuberías de alcantarillado se tendrá al 2044 como año horizonte.

Los cálculos siguientes deben ajustarse dependiendo del año cero de operación.

- **Población**

Uno de los primeros métodos que se pretende utilizar es el Anexo de las Normas de Arquitectura y Urbanismo del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), en el que se establece que el requerimiento de espacio por habitante es de 1 m^2 para universidades.

Aun así, no se establece en qué tiempo se llegará a alcanzar esta población, por lo que se descarta este dato.

Al ser un campus universitario, se sabe que la población es totalmente flotante porque las actividades son académicas y administrativas, sin embargo, para la proyección de la población se utilizará los métodos de proyecciones para poblaciones vegetativas, es decir, que residen en el sitio.

Esta decisión se da debido a que no poseemos los datos suficientes para realizar el análisis estadístico de la población flotante futura.

Además, el uso de los métodos de proyecciones para poblaciones vegetativas se puede considerar como un método de cálculo mucho más conservador, ya que consideramos como si la población resultante residiera en el campus.

Es necesario tomar en cuenta que el objetivo del proyecto es investigar diferentes tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas mas no tratar al 100% las aguas producidas.

Para la proyección de la población, se toma como población inicial los datos expuestos en el numeral 4.1.2. Producción de aguas residuales, en el que se establece que el 95% de las veces hay 35 ocupantes al día.

Otro dato que se tomará en cuenta es lo expuesto en la Memoria de Cálculo del diseño del sistema de agua potable para la primera etapa del campus de Nayón que comprende los edificios destinados a docencia, centro de enfermedades infecciosas, zoología museos, zoología de vertebrados e invertebrados, botánica, laboratorios, microbiología, biología molecular y centro de documentación.

En dicho documento, se establece que la población para los edificios, ya mencionados, ocupará un área en planta de 16128.26 m^2 y que tendrá 1000 ocupantes al día para el año 2040.

El área ocupada por el edificio, del que se recolectarán las aguas residuales para el proyecto, tiene un área en planta de 2347 m^2. Con este dato se realiza una proporcionalidad lineal con el área total en planta d ellos edificios de la primera etapa.

$$\frac{Área\ en\ planta\ edificios\ primera\ etapa}{Población\ total\ estimada\ para\ el\ año\ 2040} = \frac{Área\ en\ planta\ del\ edificio\ del\ CISeAL}{Población\ CISeAL\ estimada\ para\ el\ año\ 2040}$$

$$Población\ CISeAL\ estimada\ para\ el\ año\ 2040 = \frac{2347\ m^2}{16128.26\ m^2} \times 1000\ {}^{ocupantes}/_{día}$$

Se obtiene que existirán 146 ocupantes al día para el año 2040 en el edificio del CISeAL.

Con los datos establecidos, se procede a tomar en cuenta las recomendaciones sobre la estimación de población, realizadas por el código ecuatoriano de la construcción y por la normativa colombiana RAS 002.

En ambas se establecen diferentes métodos de cálculo, pero se tomará los métodos: aritmético, geométrico y exponencial debido a que, son los tres métodos son los más recomendados para cuando los sistemas son de sistema con baja.

La proyección aritmética se calculará con la siguiente expresión:

$$Pt = Po + ka(t - to)$$

Ecuación No. 34 - Proyección de población, método aritmético.

Donde:

Pt: Población futura en tiempo t (hab.)

Po: Población inicial en el año to. (hab.) = 35 hab.

t: Año de la población futura = 2029 año

to: Año inicial = 2019 año

ka: tasa constante de crecimiento de población (hab/años)

$$ka = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

Ecuación No. 35 - Tasa Constante de crecimiento poblacional.

Donde

P_2 y P_1: son poblaciones en un tiempo t_2 y t_1, respectivamente.

Reemplazando datos se obtiene:

$$ka = \frac{146\ hab. - 35\ hab.}{2040 - 2019} = 5.286\ {}^{hab.}/_{año}$$

La proyección geométrica se calculará con la siguiente expresión:

$$Pt = Po \times (1 + r)^{t-to}$$

Ecuación No. 36 - Proyección de población, método geométrico.

Donde

r: tasa geométrica de crecimiento de población (hab/años)

$$r = \frac{P_2}{P_1}^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1$$

Ecuación No. 37 - Tasa geométrica de crecimiento poblacional.

Reemplazando datos se obtiene:

$$r = \frac{146^{\frac{1}{2040-2019}-1}}{35} = 0.070\ {}^{hab.}/_{año}$$

Mientras que la proyección exponencial se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\ln Pt = \ln Po + kp(t - to)$$

Ecuación No. 38 - Proyección de población, método exponencial.

Donde:

kp: tasa exponencial crecimiento de población (hab/años)

$$kp = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

Ecuación No. 39 - Tasa Exponencial de crecimiento poblacional.

Reemplazando datos se obtiene:

$$kp = \frac{\ln 146 - \ln 35}{2040 - 2019} = 0.068\ {}^{hab.}/_{año}$$

Procesando los datos, se obtuvo una proyección aritmética 88 habitantes, por método geométrico 71 habitantes y por exponencial 70 habitantes, se toma el valor obtenido por el método aritmético por ser el más conservador, entonces:

Población en el año 2029: 88 ocupantes al día

- **Dotación**

Para determinar el caudal de AR, se toma en cuenta que se tiene certeza de las actividades que se realizan en la edificación, estas actividades corresponden a las de oficina y actividades académicas.

Metclaf & Eddy Inc (2014) establecen las siguientes dotaciones para oficinas y actividades académicas:

Tipo de Edificación	Unidad	Dotación	Valor típico
Oficinas	litro/persona/día	26-60	50
Escuelas con cafetería	litro/estudiante/día	40-80	60

Tabla 1 - Dotaciones típicas según la actividad. (Metcalf & Eddy Inc., 2014, pág. 158)

De igual manera la Norma Hidrosanitaria NHE Agua (2011) del Ecuador, en la tabla 16.2 presenta las dotaciones típicas para edificaciones de uso específico, que se presentan a continuación:

Tipo de Edificación	Unidad	Dotación
Oficinas	litro/persona/día	50-90
Universidad	litro/estudiante/día	40-60

Tabla 2 - Dotaciones para uso específico de oficina y universidades. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda & Cámara de la Construcción de Quito, 2011)

Considerando que las actividades dentro del edificio en su mayoría son de administración, se toma el dato más conservador propuesto por Metclaf & Eddy Inc (2014) que es de 60 l/persona/día, y que además cumple con los parámetros propuestos por la norma rigente en el país.

- **Caudal de aguas residuales**

Para determinar el caudal medio de AR, la Comisión Nacional del Agua (2011) sugiere que el caudal de diseño de las redes de alcantarillado debe ser el caudal medio diario de abastecimiento de agua potable multiplicado por un factor de retorno de 0.8 para zonas con poblaciones menores a 3000 habitantes.

Para obtener el caudal medio diario futuro de aguas residuales, que es el caudal de diseño, se aplica la siguiente expresión:

$$Q_{med} = F \times \frac{P \times D}{86400}$$

Ecuación No. 40 - Caudal de Aguas Residuales

Donde:

Q_{med}: Caudal medio de agua residuales (l/s)

F: Factor de retorno, 0.8 (Comisión Nacional del Agua, 2011)

P: Población en número de habitantes

D: dotación en litros por habitante al día

Procesando los datos se obtiene:

$$Q_{med\ 2040} = 0.8 \times \frac{88\ hab. \times 60 \frac{l}{hab.día}}{86400 \frac{s}{día}} = 0.05432 \frac{l}{s}$$

$$Caudal\ de\ diseño = Q_{med\ AR} = 0.05432\ {}^{l}/_{s}$$

Para el diseño de las obras de llegada, según el C.E.C. deben ser dimensionadas con el caudal máximo horario (Q_{MH}), mediante el producto del caudal medio en el horizonte de diseño y el coeficiente de mayoración. Este coeficiente será el calculado mediante ecuaciones de la literatura técnica debido a que no existen posibilidades de medición.

$$Q_{MH} = Q_{med\ AR} \times F$$

Ecuación No. 41 - Caudal Máximo Horario.

El coeficiente mayoración según la norma colombiana RAS 2011 establece que el método de Babbit & Bauman (1971) y Gaines (1992) deben ser utilizado entre caudales de 0.28l/s y 4250 l/s debido a que pueden presentarse factores demasiado altos y poco reales.

La Comisión Nacional del Agua (2011) establece que, el factor de mayoración es 3.80 cuando las poblaciones son menores a 1000 habitantes, por lo que se selecciona este valor. Entonces:

$$Q_{MH} = 0.05432\ {}^{l}/_{s} \times 3.8 = \ 0.206\ {}^{l}/_{s} = 0.743\ {}^{m^3}/_{h}$$

Este último caudal, que es el caudal máximo horario, se ocuparía para el diseño de las obras de llegada y para la verificación de sedimentos, pero no será posible debido a que es un valor muy bajo que no permite cumplir con los límites hidráulicos establecidos para las infraestructuras mencionadas.

2. Obra de llegada.

La obra de llegada es una caja de revisión ubicada al inicio del sistema que recepta las aguas, esta se encuentra conectada por una tubería a la última caja de revisión del edificio del CISeAL, aguas arriba.

Es preciso establecer que el caudal, al ser tan pequeño y no uniforme, no puede ser medido en sitio por lo que se decide no aplicar sistemas de medidores de caudal, al inicio del sistema. De igual manera, no se requiere de estructuras que regulen el caudal de entrada debido a que las estructuras están diseñadas para soportar la producción de AR en el horizonte de diseño.

2.1. Tubería de llegada.

El diseño fue realizado para permitir la conexión entre la última caja de revisión y la caja de llegada, bajo los parámetros de una tubería de alcantarillado.

La principal consideración para el diseño es que el agua debe circular a flujo libre, por lo que para el diseño hidráulico de la tubería se ocupará la fórmula de Chezy modificada por Manning:

$$v = \frac{1}{n} \times r^{2/3} \times s^{1/2}$$

Ecuación No. 42 – Ecuación de Manning [7].

Donde:

v: velocidad con tubo parcialmente lleno, m/s

r: radio hidráulico con tubo parcialmente lleno, m

s: pendiente con tubo parcialmente lleno, m/m

n: coeficiente de Manning

Los datos utilizados fueron las coordenadas y altura del inicio y del fin de la tubería, y el diámetro preestablecido. Se presentan las siguientes coordenadas:

	X	Y	Z (msnm)
CAJA DE REVISIÓN	507831.52	9980172.49	2386.50
OBRA DE LLEGADA	507870.43	9980137.39	2385.00

Tabla 3– Coordenadas de inicio y fin de tubería.

La altura de llegada fue seleccionada con el fin de cumplir con el numeral 5.2.1.5 del C.E.C., en el que se establece que la tubería debe estar mínimo a 1.20 m de profundidad cuando soporta tránsito vehicular.

Aunque previamente se seleccionó un periodo de diseño de 10 años, al ser diseñado como una tubería de alcantarillado se tomará la recomendación del C.E.C, cuyo periodo de diseño debe ser entre 25 a 30 años, siendo 25 años el periodo seleccionado buscando así de reducir costos futuros.

- **Caudal**

Para estas estructuras se toma otros valores debido a que la colocación de las tuberías cada 10 años resulta muy costoso, y al ser elementos que tienen vidas útiles altas se decide darle un periodo de diseño de 25 años como se mencionó anteriormente.

[7] Cuando en la ecuación se presenta una simbología de letras mayúsculas se interpreta como si se trabajara con tubo lleno.

Los cálculos para la población y caudales se los realiza con los métodos explicados en las secciones 4.1.2 Producción de aguas residuales y 4.5.1 Caudal de diseño. Para un periodo de diseño de 25 años, respectivamente. Con ello se obtiene lo siguiente:

	INICIAL	FUTURA
Población	35	168
Qmda, L/s	0.02160	0.10370
QMH, L/s	0.0821	0.394

Tabla 4 - Caudales para el diseño de la tubería de conexión.

- **Pendiente**

Para el cálculo de la pendiente se utilizará la siguiente expresión:

$$Pendiente = \frac{Altura\ de\ llegada - Altura\ de\ salida}{Longitud} \times 100\%$$

Ecuación 1 - Cálculo de la pendiente

Calculando con lo propuesto en Tabla 4 - Caudales para el diseño de la tubería de conexión. Con una longitud de 52.40 m, se obtiene una pendiente del 3.01%.

- **Diámetro**

Para ello deberemos tomar en cuenta la hidráulica de tuberías que se presenta a continuación:

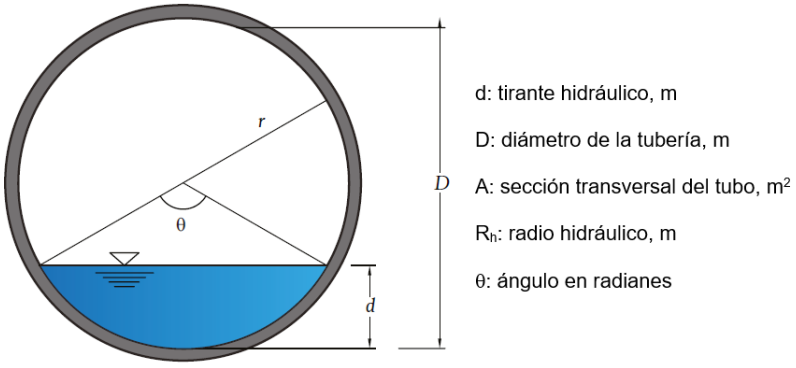


Figura 1 -Características hidráulicas de la tubería circular. Adaptado de: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 104)

Con ello se obtienen las siguientes relaciones:

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

Ecuación 2 - Ángulo del tirante de agua.

$$a = \frac{D^2}{8}(\theta - \sin\theta)$$

Ecuación 3 - Área transversal de una tubería parcialmente llena.

$$r = \frac{D}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)$$

Ecuación 4 -Radio hidráulico de una tubería parcialmente llena.

El diámetro usado puede ser de 150 mm justificando las razones de su uso (Comisión Nacional del Agua, 2016), por tanto, inicialmente se selecciona 160 mm debido a que la tubería de llegada a la caja de revisión es de 160 mm.

Para determinar la capacidad se ocupará el Q_{MH} en el año horizonte de diseño de 0.394 l/s, y un d/D de 0.8, con ello se aplicará las ecuaciones obteniendo lo siguiente:

$$\theta = 4.4286\, rad$$

$$a = 0.017244\, m^2$$

$$r = 0.049\, m$$

Para el n de Manning, los autores Araya, González, & Jiménez (2018) establecen que para tuberías PVC el coeficiente puede varias a 0.00853 a 0.01361 con un promedio de 0.0098. Así también la *Pipe Association Technical Brief* en su informe *Mannings "n" for PVC Gravity Sewer Pipe* establece que el valor adecuado para el diseño debe ser 0.009.

Tomando en cuenta las recomendaciones se decide tomar un n=0.010, aplicamos la ecuación de Manning de la cual se obtiene:

$$Q = 0.03573\, {}^{m^3}/_{s} = 35.73\ {}^{l}/_{s}$$

La tubería tiene un sobredimensionamiento evidente pero debido a que la tubería que le precede es de 160 mm, se deberá colocar un diámetro igual a este, a fin de no causar obstrucciones por causa de reducciones de diámetro.

La Organización Panamericana de la Salud (2005) establece que “en las redes de alcantarillado de pequeño diámetro, no es necesario mantener una velocidad mínima de

autolimpieza, ya que estas se diseñan para recolectar solamente la fase líquida del agua residual" (pág. 39).

Es decir, que cuando se emplean tuberías menores de 200 mm, no es necesario cumplir con pendiente ni velocidades de autolimpieza ya que estas generalmente se diseñan para la recolección de las AR grises y no tienen cargas sedimentables considerables.

Sin embargo, establece que se debe calcular la velocidad mínima con un tirante de 0.20. Así aplicando las ecuaciones No. 16,17 y 18 se tiene:

$$\theta = 1.8545\, rad$$

$$a = 0.002863\, m^2$$

$$r = 0.01925\, m$$

Y aplicando la ecuación de Manning:

$$v = 1.22\ {}^{m}/_{s} > 0.45\ {}^{m}/_{s}\ OK$$

A continuación, se presenta las condiciones hidráulicas de la tubería de entrada:

Característica	Símbolo	Unidad	Valor
Forma			Circular
Dimensiones		m	r = 0.160
Pendiente	s	m/m	0.0353
Material del conducto			PVC
Rugosidad	n	$s/m^{1/3}$	0.010

Tabla 5 - Condiciones hidráulica de la tubería de entrada a la PTAR piloto.

2.2. Caja de revisión

El caudal máximo, con el cual deben ser diseñadas las obras de llegada, es muy pequeño por lo que cualquier obra que se decida diseñar no cumple con los parámetros hidráulicos establecidos en las normas, además de no ser factible su construcción.

Con dicha justificación, en este proyecto se ha decido que la obra de llegada sea una caja de revisión que cumpla con las dimensiones mínimas internas de 60 cm x 60 cm x 60 cm, establecidas por el C.E.C. en el numeral 5.2.3 pozos y cajas de revisión.

La tubería de entrada será de 160 mm de diámetro mientras que la tubería de salida será de 110 mm debido a que el tratamiento posterior a esta caja será el biodigestor autolimpiable Rotoplas, cuya tubería de entrada sin importar el volumen del tanque tendrá una entrada de 110 mm (4”) de diámetro, por lo que se selecciona a este como el tamaño de salida del tanque de entrada.

En lo que se refiere a capacidad de las tuberías, como se explicó en la sección anterior, el caudal es sumamente pequeño por lo que no existirían problemas de capacidad de conducción.

La caja estará conformada por paredes y una loseta de hormigón simple de f’c=180 kg/cm^2 impermeabilizado de 10 cm de espesor, dentro de esta caja se encontrará el tratamiento preliminar que se explicará más adelante.

A continuación, se presenta las características de la obra de llegada a la PTAR piloto:

Característica	**Unidad**	**Valor**
Dimensiones	m	b= 0.60 m; L=0.60 m h=0.70 m; e=0.10 m
Material		Hormigón Simple (f’c= 180 kg/cm^2)
Pendiente	%	16.67

Tabla 6 - Condiciones de la obra de llegada de la PTAR piloto.

Para asegurar el flujo se dispondrá de una pendiente que corresponda a que la tubería de entrada este 10 cm más arriba que la de salida (Damián & Chalán, 1994) como se muestra en el siguiente esquema de la obra de llegada con el tratamiento preliminar:

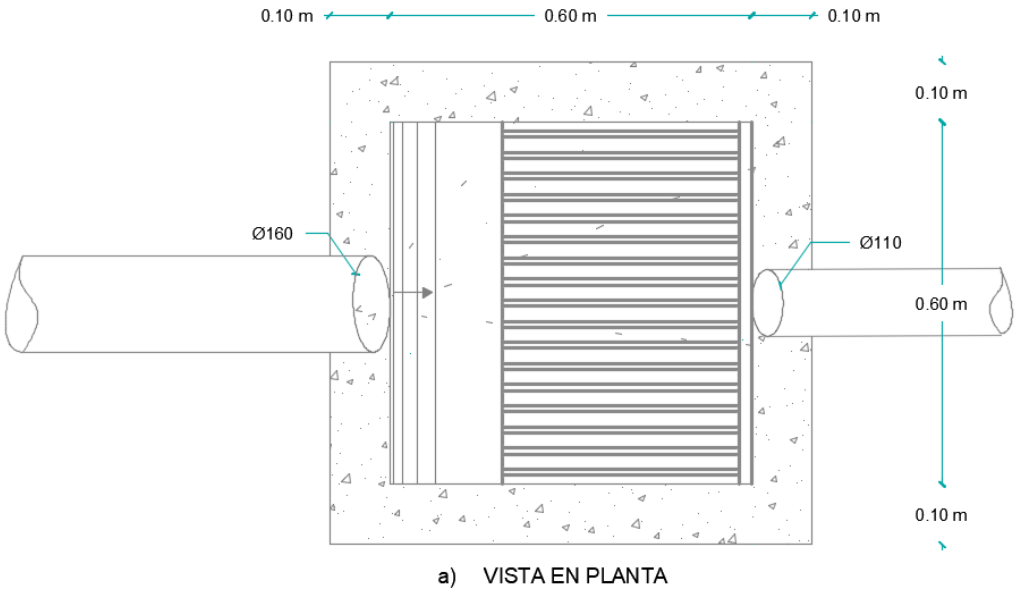


Figura 2 - Obra de llegada y tratamiento preliminar.

3. Tratamiento preliminar.

Para este se ha seleccionado un proceso únicamente de cribado, no se requiere desengrasadores debido a que el agua procede únicamente de los cuartos de baño, por lo tanto, no se tendrá cantidades significativas de grasas y/o aceites.

Como se mencionó en el anterior numeral, el caudal es muy pequeño para cumplir las condiciones hidráulicas de diseño. Uno de esos parámetros es la velocidad de aproximación a la rejilla que al calcularla se obtienen valores muy pequeños debido a que la velocidad es proporcional al caudal.

Por lo tanto, se selecciona una rejilla que geométricamente toma en cuenta las recomendaciones del numeral 5.3.3.4 diseño de cribas del C.E.C. y del Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario.

Con dichas indicaciones se obtiene las siguientes características geométricas:

Inclinación: la rejilla será de limpieza manual, las recomendaciones establecen que deben tener una inclinación respecto a la horizontal de 45° a 60°, se selecciona 60°.

Longitud de la rejilla:

$$L = \frac{h}{\sin\theta}$$

Ecuación 5 - Longitud de rejilla

Donde:

L: longitud de la reja, m

h: altura del canal, m

θ: ángulo de inclinación, °

$$L = \frac{0.70\ m}{\sin 60°} = 0.808\ m$$

Número de barras (n):

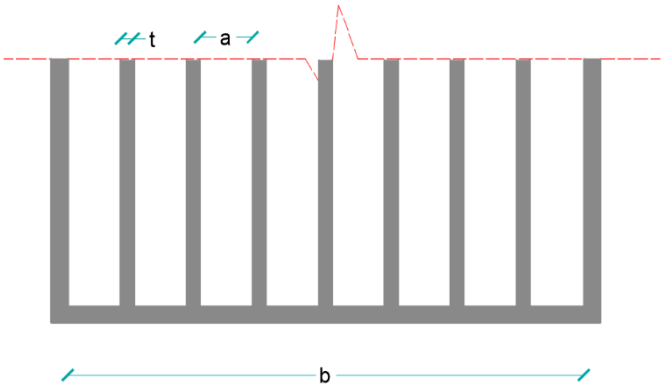


Figura 3 -Características de una rejilla.

$$n = \frac{b - a}{a + t} - 1$$

Ecuación 6 - Número de barras de rejilla

Rejilla No. 1:

$$b = 0.60\ m;\ t = 10\ mm;\ a = 25\ mm$$

$$n = \frac{0.60\ m - 0.025\ m}{0.025\ m + 0.01\ m} - 1 = 16\ barras$$

Arreglo de barras:

- Ancho del canal = 0.60 m
- 16 barras de espesor 10 mm = 0.16 m
- 17 espacios de 25 mm = 0.425 m
- $\sum$ = 0.585 m $<$ 0.60 m *OK*

Alternativa para el arreglo:

- 17 barras de espesor 10 mm = 0.17 m
- 16 espacios de 25 mm = 0.40 m
- 2 espacio extremos= 0.03 m
- $\sum$ = 0.60 m = 0.60 m *OK*

Se presenta las características de la rejilla:

Característica	Símbolo	Unidad	Valor
Forma			Rectangular
Dimensiones		m	b= 0.60 m L=0.81 m
Inclinación	θ	°	60
Limpieza			Manual
Material			Metálica
Número de barras			17
Espesor de barras	t	mm	10
Esparcimiento	a	mm	25

Tabla 7 - Características del tratamiento preliminar de la PTAR piloto.

4. Tratamiento primario.

La selección del biotanque está en función de la investigación Tratamiento de Aguas Residuales con Fosa Séptica Convencional y Fosa Séptica Prefabricada, en la que se analizan 3 biodigestores de Perú, que son los mismos que se comercializan en el Ecuador.

Entre ellos se tiene:

- Biodigestor autolimpiable de la marca Rotoplas
- Biotanque Séptico Modelo 2000 Litros de la marca Plastigama

La principal ventaja del biotanque Rotoplas es el hecho que el tanque es autolimpiable ya que solo posee una llave que permite extraer los lodos del fondo del tanque, mientras que el biotanque de plastigama debe limpiarse en el caso de querer ser reutilizado.

Los biotanques de Rotoplas tienen un tiempo de vida útil de 45 años mientras que los de Plastigama pueden durar alrededor de 10 años si es que no se les da un mantenimiento.

Según los catálogos de los fabricantes, el biodigestor de Plastigama tiene dos capacidades de 1200 litros y 2000 litros mientras que el biodigestor de Rotoplas tiene una gama que alberga de los 600 litros a los 7000 litros.

A la actualidad el biotanque de plastigama se encuentra agotado o fuera de stock mientras que el biotanque Rotoplas está disponible en el mercado.

Es así como se decide ocupar el Biodigestor Autolimpiable Rotoplas que cumple con la normativa normativa NOM-006-CONAGUA-1997: Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba y por la facilidad de instalación, operación y mantenimiento, además que este tipo de tanques se encuentran fácilmente en el mercado nacional. A continuación, se presenta el tanque séptico a utilizar:

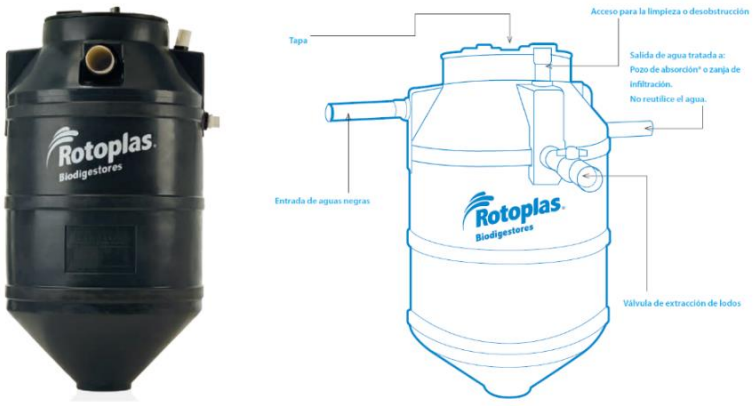


Figura 4 - Biodigestor Autolimpiable Rotoplas. (Rotoplas Ecuador, 2019)

Para la OPS (2005) los tanques sépticos deben ser ocupados en poblaciones con menos de 350 habitantes futuros, su periodo de retención hidráulico se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$PR = 1.5 \times 0.3 \log(P \times Q)$$

Ecuación 7 - Periodo de retención hidráulica para tanque sépticos convencionales. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005)

Donde:

PR: periodo de retención hidráulica, días

P: es la población para servir

Q: Caudal de aporte unitario de aguas residuales, litros/habitante. Día

Aplicando los datos de población futura de 88 habitantes y un uso de 60 l/Hab día, se tiene:

$$PR = 9.20\ horas$$

El mínimo es de 6 días según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, sin embargo, se debe considerar que al ocupar un tanque séptico prefabricado tenemos un periodo de retención es de 1 día (24 horas) (Rotoplas Ecuador, 2019).

De igual manera varias investigaciones sugieren que la eficiencia de remoción de DBO, en tanques sépticos de concreto con un tiempo de retención de 1 día, pueden llegar hasta el 40% mientras que se puede alcanzar remociones del 80% en coliformes fecales (Constantino, Medina, Beltrán, & Juárez, 2015),

Este criterio se podría establecer que se comparte con los tanques prefabricados que, aunque no se encuentra comprobado en su todo, se podría decir que su eficiencia de remoción en un día llega a menos del 40% (Hegg, 2018).

El tanque seleccionado tiene una retención de un día, según su ficha técnica, la eficiencia de remoción del DBO que se asume es del 40% debido a que estos son datos un tanto corroborados de investigaciones realizadas.

Tomando en cuenta lo mencionado, y además considerando que lo que se busca es el estudio del tratamiento secundario no convencional, el tiempo será reducido a un total de 3 horas que corresponde a la mitad del tiempo de retención mínimo recomendado para tanques prefabricados, según la norma NOM-006-CONAGUA-1997.

Esto con el motivo que no se requiere que se traten las aguas para obtener eficiencias altas y así permitiendo experimentar con el tratamiento secundario que es el objetivo de este proyecto.

Considerando esto el volumen del tanque se lo calculará con la siguiente expresión:

Donde

V: Volumen de retención, m^3

Q: caudal medio diario, l^3/h

PR: tiempo de retención hidráulico, h

$$V = Q \times PR$$

Ecuación 8 - Volumen de retención.

Reemplazando los datos de caudal y tiempo de retención se obtiene:

$$V = 586.668\, l \approx 600\, l$$

Se selecciona el tanque comercial más pequeño con un periodo de retención de 3 horas.

5. Tratamiento secundario.

El objetivo del proyecto es experimentar con distintos TNC para poder establecer comparaciones entre los resultados obtenidos por lo que se selecciona los siguientes sistemas de lagunaje combinado, que se dispondrán en tres lagunas:

Laguna No. 1:

- Humedal Artificial con macrófitas flotantes.
- Humedal Artificial Superficial con macrófitas emergentes.

Laguna No. 2:

- Humedal Artificial Subsuperficial de flujo horizontal con macrófitas emergentes.

Laguna No. 3:

- Lechos de Turba
- Humedal Artificial Subsuperficial de flujo vertical con macrófitas emergentes.

El diseño de las lagunas servirá para más de un tipo de tratamiento, debido a que las dimensiones, sistemas de distribución y recolección de agua, y elementos dispuestos para el muestreo del agua son similares y adaptables a varios sistemas de tratamiento por lo que la laguna No. 1 y 3 pueden albergar a más de un tipo de TNC, más no combinar sistemas de tratamiento.

Para el diseño se ocupará el método expuesto en la EPA (1988) que modela la eliminación de la materia orgánica en el humedal y que considera al medio como un reactor pistón debido a la forma de circulación de agua es uniforme a través de un medio que parece tubería, se representa por la siguiente expresión:

$$\frac{Ce}{Co} = e^{-K_T \times t}$$

Ecuación 9 - Cinética de primer orden para la remoción de DBO. (Reed, Crites, & Middlebrooks, 1995)

Donde:

Ce: concentración de carga orgánica del efluente, mgDBO/L.

Co: concentración de carga orgánica del afluente, mgDBO/L.

K_T: constante de reacción de primer orden y dependiente de la temperatura, días^{-1}.

t: tiempo de resistencia hidráulica, días.

Para la constante de reacción se utiliza la siguiente expresión:

$$K_T = K_{20} \times \theta^{T-20}$$

Ecuación 10 - Constante de reacción.

Donde:

K_{20}: constante de reacción a una T=20°C.

T: temperatura, °C.

θ: coeficiente de Arrhenius.

El tiempo de resistencia puede obtener se mediante la siguiente expresión:

$$t = \frac{L\ W\ D\ n}{Q_{med}}$$

Ecuación 11 - Tiempo de retención del humedal artificial.

Donde:

L: longitud del lecho, m.

W: ancho del lecho, m.

D: profundidad del lecho, m.

n: porosidad del lecho.

Tomando en cuenta que el área en planta del humedal es longitud por ancho, para representar un modelo de pistón, y combinando las ecuaciones No. 1 y 3, obtenemos:

$$A_s = \frac{Q_{med}\ (\ln Co - \ln Ce)}{K_T \times D \times n}$$

Ecuación 12 - Área en planta que ocupa el humedal artificial

Aunque el manual de diseño de la EPA establece que esta expresión debe ser ocupada para los humedales SSF, se aplicará también al sistema de FFW debido a que no existe diferencia significativa.

Las concentraciones de entrada y de salida dependerán de la eficiencia de remoción que se espera que tenga el sistema. Como se expresó en el numeral 2.4.3.2.4. Humedales artificiales (HA), la eficiencia de remoción de 85%-95%.

Para este punto se selecciona el límite inferior debido a que la velocidad de remoción de la DBO es directamente proporcional a la presencia de materia orgánica, entonces, cuando ya se ha removido el 85% de la materia orgánica existente, los cambios que vienen no serán significativos para el estudio.

El caudal de diseño se lo obtiene de la sección Caudal de diseño. de esta memoria de cálculo.

- **Laguna No. 1**

Para la primera laguna se ha decido que el espacio debe ser compartido por un humedal de macrófitas flotantes y un humedal FWS de macrófitas emergentes debido a que ambas:

- Imitan a un reactor tipo pistón, es decir, que su sistema de recolección y distribución es el mismo.
- Su sistema de tratamiento únicamente requiere de plantas, no necesitan de lechos de material granular.

Así también se decide que las dimensiones dependerán del diseño de un humedal FWS debido a que esta requiere de mayor espacio.

Los aspectos por considerar para el diseño son (i) modelo de diseño a utilizar, (ii) temperatura, (iii) geometría, (iv) vegetación, (v) porosidad, (vi) caudal, (vii) eficiencia de remoción.

- **Modelo de diseño**

A lo largo de los años, específicamente desde el año 2005, se ha venido presentando modelos que permiten describir con mayor detalle los principales procesos que ocurren dentro del humedal, uno de esos modelo es el P-k-C* de Kadlec & Wallace (2009).

A pesar de todo, los manuales y normativas siguen considerando a los humedales como reactores tipo pistón y como un canal a flujo libre turbulento debido a su facilidad de cálculo. (Kadlec & Wallace, 2009).

Por facilidad de cálculo, representada por la Ecuación No. 2 - Cinética de primer orden para la remoción de DBO. . En este caso particular se ocupará la metodología y coeficientes de Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) cuyos coeficientes de reacción y Arrhenius serán de 0.678 d^{-1} y 1.06, respectivamente.

- **Tempertura**

Kadlec & Knight (1996) establecen que la temperatura del agua asumida para el diseño puede ser la temperatura ambiente, por lo tanto, tomará el caso el mes más frío del año con una temperatura media mensual de 16.4°C. Por tanto, la constante de reacción será de:

$$K_T = 0.678 \times 1.06^{16.4-20} = 0.550$$

- **Profundidad**

Los manuales de diseño de países como México y España, además de varias investigaciones de E.E.U.U, sugieren que la profundidad debe estar entre los 15 cm - 40 cm (Comisión Nacional del Agua, 2016; Salas, Pidre, & Sánchez, 2007; Dong-Qing, y otros, 2015) se selecciona una profundidad de 30 cm.

- **Vegetación**

Se sugiere el uso del carrizo (*Phragmites australis*), planta originaria de Europa y considerada como la planta más invasiva y antigua del continente americano, se caracteriza principalmente por su resistencia y adaptabilidad a terrenos llenos de agua o a suelos con presencia alta de nitrógeno (CONABIO, 2018). A continuación, se presentan las características de la planta:

Características	
Tallo	Hasta 6 m de altura
Raíces	Hasta 60 cm de profundidad
Temperatura	Resistencia alta (0°-23°)
pH	4.5-7.5
Terrenos	Regiones montañosas donde la humedad sea mayor que los lugares bajos.

Tabla 8 - Características del carrizo. (asturnatura.com, 2006)

Considerada en el Ecuador como una planta ancestral que cubre toda la región andina del país sobre todo en las provincias de Imbabura, Chimborazo y Azuay, esta es un planta de fácil adquisición ya que se la puede encontrar generalmente a los costados de las carreteras de la región Andina del Ecuador (Redacción El Tiempo, 2016).

Se presentan fotografías que evidencian la presencia de carrizo en la carretera Riobamba-Pallatanga cerca del poblado de Colta en la provincia de Chimborazo:



Fotografía 1 - Presencia de carrizo en la carretera Riobamba-Pallatanga. Provincia de Chimborazo-Ecuador

- **Porosidad**

Para establecer la porosidad se debe tomar en cuenta por donde va a circular el agua, ambos humedales obligarán a las AR a circular a través de vegetación poco robusta.

Para Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) esta debe estar entre 0.65-0.75. Así también, la EPA (1988) establece que la porosidad para este tipo de humedales se debe seleccionar 0.75.

- **Caudal**

Se ocupará el medio diario anual futuro $\left(Q_{mda} = 1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\right)$ debido a que si la laguna es diseñada para el máximo futuro estará demasiado sobredimensionada, lo que puede aumentar el área en planta y con ello el costo de construcción.

Para Kadlec & Wallace (2009) el caudal de diseño debe reducirse para considerar pérdidas o retenciones, sobre todo las pérdidas por el ciclo hidrológico del agua, conocido más como la evapotranspiración.

Aun así, para esta práctica no se ocupará esta sugerencia debido a que ya consideramos el Qmda que es mucho más conservador.

- **Eficiencia de remoción**

Si consideramos lo presentado en la Ecuación 9 - Cinética de primer orden para la remoción de DBO. esta requiere de la concentración de DBO del afluente y de la concentración deseada a la salida de la laguna.

Aunque se tiene los datos de concentración de entrada, para este caso se toma en cuenta únicamente en la relación de ambas concentraciones obtenidas a partir del porcentaje de remoción que se desea alcanzar a la salida de la laguna.

Para Kadlec & Wallace (2009) los humedales FWS pueden tener más del 70% de remoción de SST, DBO, nitrógeno y fósforo total. Mo, Dong-Qing, Jian Wen, & Soon Keat (2017) aseguran que los humedales aritficales FWS, aplicados en lugares de clima frio, tienen una eficiencia de remoción del 86.07% SST, 82.07% de remoción de DBO, 45.6% de nitrógeno total y 46.6% de fósforo total.

Dong-Qing, y otros (2015), establecen que la gran mayoría de humedales artificiales de FWS construidos en lugares tropicales y subtropicales, exceden del 80% de eficencia, aunque de igual manera la remoción de nitrógeno y fósforo total se encuentra en su mayoría por debajo del 60%.

Entonces, considerando lo expuesto por las investigaciones previas, se toma como eficiencia deseada de un 85% de remoción de DBO.

- **Pendiente**

Para la selección de la pendiente se establece que el valor debe estar entre 0.2% y 1% (Comisión Nacional del Agua, 2016; Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; Economopoulou & Tshirintzis, 2004; Environmental Protection Agency, 1988; Tilley, y otros, 2018).

Se selecciona así el 0.5% que es el valor usual de diseño.

- **Área**

Aplicando la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Ecuación No. 5 - Área en p lanta que ocupa el humedal artificial, se obtiene un área en planta de 24 m^2

- **Relación L: W**

Para Haiming, y otros (2015) la relación L:W de una humedal FWS debe encontrarse entre 3:1 a 5:1, para Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade (2010) de 2:1-7:1 y para Crites & Tchobanoglous (1998) de 2:1-4:1. Se toma una relación L/W de 3 se obtiene las siguientes dimensiones:

L= 8.5 m; **W=** 3 m; **D=** 0.3 m

Borde libre= 0.25 m

- **Tiempo de retención teórico (Hidraulic Retention Time, HRT)**

Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) sugiere que este debe ser calculado mediante la expresión representada en la Ecuación 11 - Tiempo de retención del humedal artificial., aplicando dicha ecuación se obtiene:

$$t = 3.67\ días \approx 4\ días$$

Un tiempo adecuado de retención se encuentra entre los 5 a 30 días (Haiming, y otros, 2015) su variación depende de las dimensiones, porosidad y caudal.

El tiempo obtenido se encuentra por debajo de lo establecido esto es debido a que los datos presentados por Haiming, y otros (2015) poseen mayor área y un caudal significativamente más grande y por tanto, una carga hidráulica mayor.

Kadlec y Wallace (2009) establecen que la carga hidráulica y el tiempo de retención son casi proporcionales por lo que los tiempos de retención pueden variar significativamente.

- **Carga Hidráulica Superficial (Hidraulic Loading Rate, HLR)**

Para el cálculo de la carga hidráulica se empleará la siguiente expresión:

$$HLR = \frac{Q_{mda}}{A}$$

Ecuación 13 - Carga Hidráulica.

Donde:

Q_{mda}: caudal medio diario futuro de diseño, m^3/día

A: sección transversal del humedal, m^2

Aplicando los datos se tiene

$$HLR = 6.135\ {}^{cm}/_{d}$$

Para Kadlec & Wallace (2009) los sistemas de humedales artificiales pueden trabajar bajo diferentes HLR y es necesario tomar en cuenta que los valores de K_T son casi proporcionales a la HLR o inversamente proporcional al HRT, es decir, que la velocidad de remoción del DBO es la que condiciona la carga hidráulica y así mismo el tiempo de retención.

Y es importante señalar la HLR y HRT no van de la mano en lo que respecta humedales FWS ya que si incrementamos la profundidad de la laguna aumentaremos el tiempo de retención, pero no se disminuirá la HLR.

Algunas recomendaciones para la carga hidráulica

Carga Hidráulica (cm/día)	Autor
0.7-5	(Kadlec & Knight, 1996)
<10	(Haiming, y otros, 2015)
1.5-5	(Environmental Protection Agency, 1988)
1.4-4.6	(Metcalf & Eddy Inc., 1995)
0.7-6	(Wood, 1995)

Tabla 9 - Cargas hidráulica recomendadas para humedales FWS.

Según las investigaciones realizadas antes del año 2000 nuestro parámetro se encuentra muy por encima de lo establecido esto se debe a que partir del año 2005, varias investigaciones concluyeron que la carga hidráulica teórica obtenida a partir de la ecuación típica no refleja la realidad.

- **Hidráulica de un humedal FWS**

Es necesario establecer que considerar a un humedal FWS con la teoría de canal abierto, al que se le aplica la ecuación de Manning, es algo no conveniente debido a que: (i) la ecuación de Manning es adecuada para un régimen turbulento, los humedales FWS se encuentran dentro de un régimen laminar (ii) los efectos de fricción considerados por Manning son provocados por las condiciones geométricas en el fondo del canal mientras que la pérdida en los humedales se producen por la presencia de las macrófitas (Kadlec & Wallace, 2009).

Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) proponen que un humedal FWS puede modelarse hidráulicamente como un canal a flujo libre aplicando la ecuación de Manning modificada por un n que considera la resistencia producida por la vegetación, para ello ocuparemos la siguiente ecuación:

$$v = a \times h^{b-1} \times S^{c}$$

Ecuación 14 - Velocidad de flujo (Kadlec & Wallace, 2009)

Donde:

a,b,c: parámetros de fricción

h: profundidad de agua, m

S: pendiente, m/m

Si reemplazamos c=1/2, b= 5/3 (French, 1985) y $a = \frac{h^{\frac{1}{2}}}{a'}$

Y a': factor de resistencia s.m$^{1/6}$ (Reed, Crites, & Middlebrooks, Natural Systems for Waste Management and Treatment, 1995) puede tomar valores de:

- 0,4 s m$^{1/6}$ para vegetación escasa y y>0,4 m.
- 1,6 s m$^{1/6}$ para vegetación moderadamente densa con profundidades de AR de y≈0,3 m.
- 6,4 s m$^{1/6}$ para vegetación muy densa y capa de residuos, en humedales y ≤ 0,3 m

Entonces tomando un valor de 6,4 s m$^{1/6}$ debido a que la profundidad del agua es igual a 0.3 m y la vegetación tendrá una separación entre sí de 0.80 m, se tiene:

$$v = 6.4\ sm^{1/6} \times 0.3^{5/3-1} \times 0.005^{1/2} = 243.033 \frac{m}{d}$$

La ecuación de Reynolds sirve para determinar el régimen del flujo, laminar o turbulento, se la se lo calcula mediante la siguiente expresión:

$$Re = \frac{h \times \rho \times v}{\mu}$$

Ecuación 15 -Número de Reynolds para humedal FWS.

Donde

Re: Número de Reynolds

ρ: densidad del agua, kg/m^3

v: velocidad del flujo, m/s

μ: viscosidad del agua, kg/m. s

El valor máximo del número de Reynolds permitido sin vegetación es de 2.500, para un humedal de una profundidad de 0.30 m o menor, el número de Reynolds debe ser mucho menos que 2.500, aproximándose a 200, y generalmente con una velocidad menor a 700 m/d (Kadlec & Wallace, 2009).

Xu, Wu, & Sun (2014) sugieren que para el diseño con aguas residuales la viscosidad debe ser de dos a tres veces más que la del agua y tomando en cuenta que el agua tendrá una temperatura de 16.4°C, entonces se la viscosidad será de 0.0032934 kg/m.s con una densidad de 998.12 kg/m^3.

$$Re = \frac{0.3\ m \times 998.12\ {}^{kg}/_{m^3} \times 243.033\ {}^{m}/_{d}}{0.0032934\ {}^{kg}/_{m.s} \times 86400\ {}^{s}/_{d}} = 255.75\ < 2500\ OK$$

- **Sistema de distribución y recolección**

Para Estrada (2010) los sistemas de humedales requieren de un flujo uniforme, sin zonas muertas con el fin de alcanzar los rendimientos deseados, es por esta razón que se recomienda que para la entrada y salida de los humedales se debe disponer de tuberías perforadas que se extiendan a lo largo del ancho de la laguna.

A continuación, se presentan las diferentes formas de distribución del agua a través de un humedal.

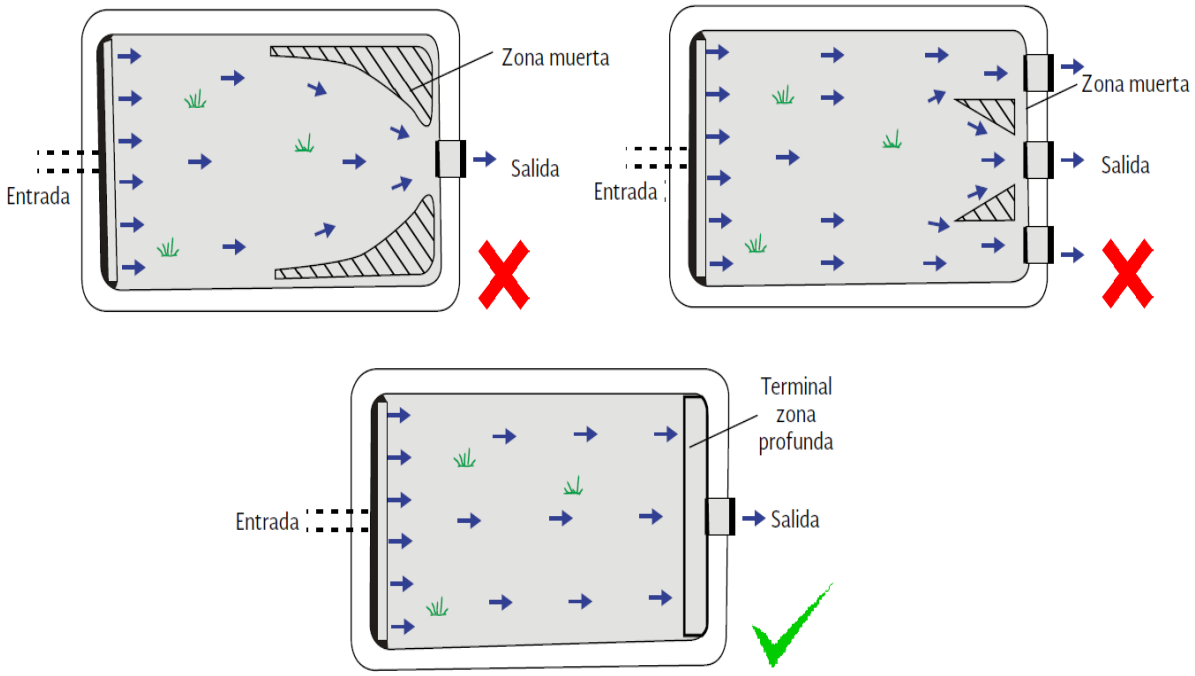


Figura 5 - Circulación de flujo a través de un humedal. Adaptado de: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 45)

La Comisión Nacional del Agua (2016) establece que la distribución para evitar zonas muertas debe ser:

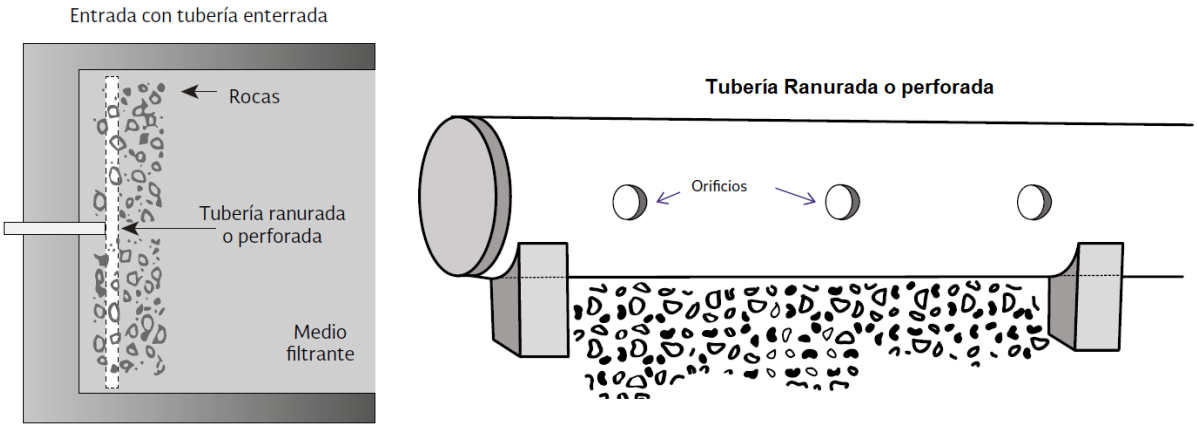


Figura 6 -Sistema de distribución humedales. Elaborado por: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 47)

Se utilizará tuberías de alcantarillado perforadas de 110 mm con una inclinación del 1%. La Comisión Nacional del Agua (2016) sugiere que en el caso de no existir disponibilidad en el mercado de las tuberías mencionadas anteriormente se ocupará tuberías de agua potable de 110 mm perforadas con orificios de 3-5 mm cada 0.5 m.

- **Salida de agua**

Se ocuparán cajas de revisión de 60 cm x 60 cm x 70 cm, paredes de 10 cm de espesor de hormigón simple f'c= 180 kg/cm^2, con tapa metálica para evitar la contaminación del efluente. Como el efluente será pequeño no será necesaria la tubería vertical que se presenta en la figura anterior.

En la siguiente imagen se presenta un esquema de la salida:

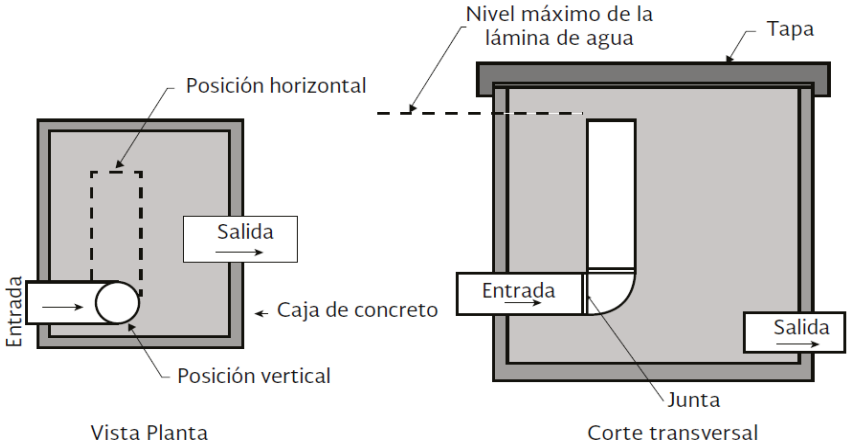


Figura 7 – Caja de revisión a la salida del efluente de la laguna No. 1. Elaborado por: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 46)

- **Muestreo**

El muestreo tendrá como objetivo tomar muestras de agua en diferentes puntos de la laguna con el fin de analizar la calidad del agua y con ello deducir el comportamiento de la laguna.

Para esto se dispondrán en el humedal FWS, 2 tuberías de PVC de 110 mm perforadas con un orificio menor al del tamaño d10 del material granular cada 3 m, esta deberá ser sujetada en la base de la laguna y ser obstruida para que no entre el agua del fondo de la laguna.

- **Impermeabilización de la laguna**

Para evitar las filtraciones y daños por labores de limpieza y mantenimiento, la laguna deberá ser recubierta con una geomembrana de polietileno con un espesor mínimo de 5 mm.

- **Disposición de los componentes en la laguna**

Se presenta a continuación una sección del humedal FWS para entender la composición de las capas de material:

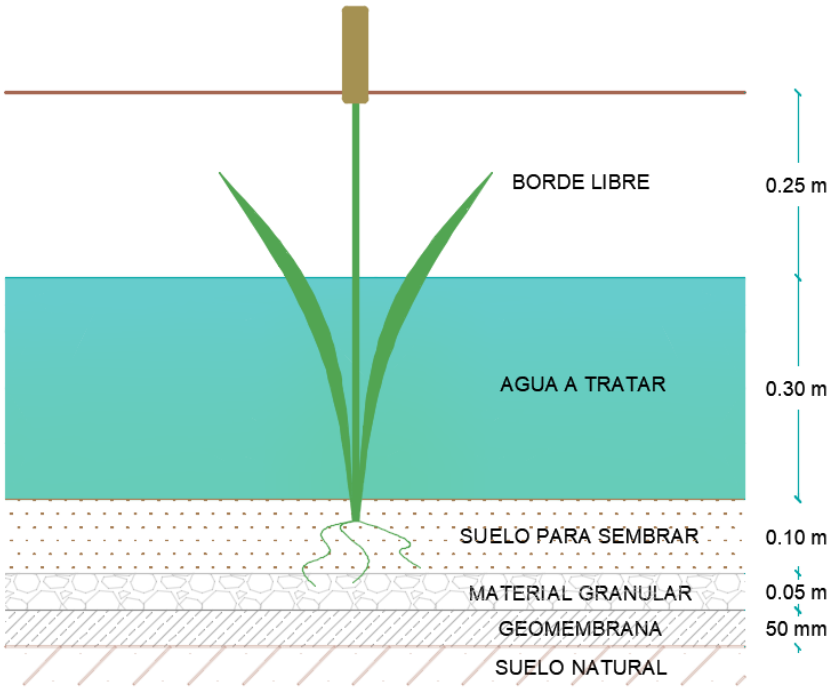


Figura 8 - Capas que compone el humedal FWS.

El corte longitudinal y transversal de la laguna junto con los muestreadores, disposición de las tuberías y la vegetación:

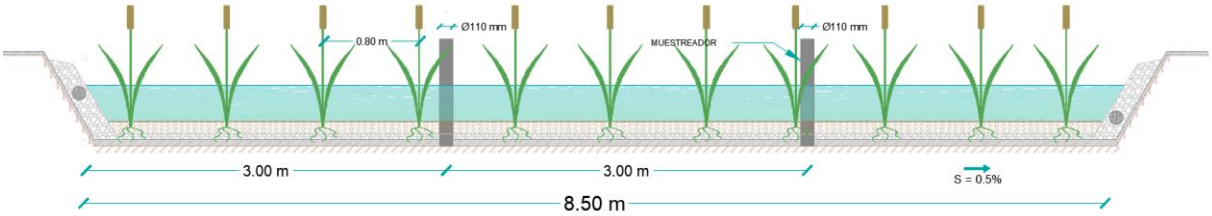


Figura 9 - Corte longitudinal del humedal FWS. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

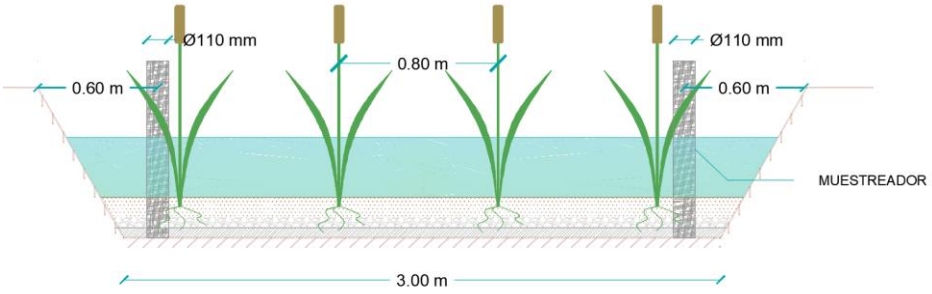


Figura 10 - Corte transversal del humedal FWS. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

El talud para esta laguna será de 60° como lo establece las recomendaciones (Comisión Nacional del Agua, 2016; Salas, Pidre, & Sánchez, 2007):

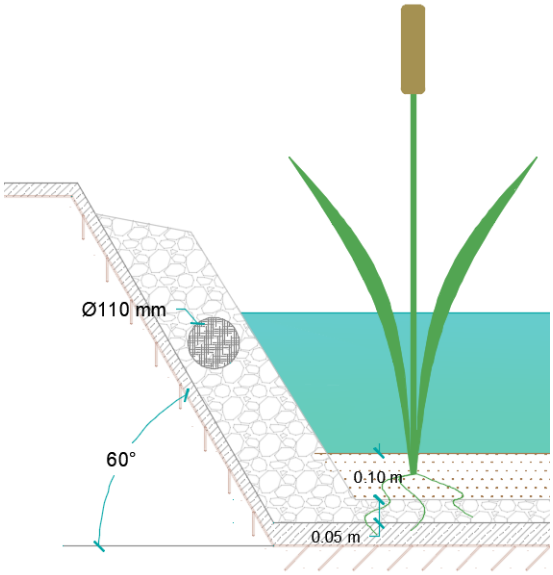


Figura 11 - Inclinación de talud en laguna.

La vista en planta efleja que la separación entre plantas debe ser de 0.80 m:

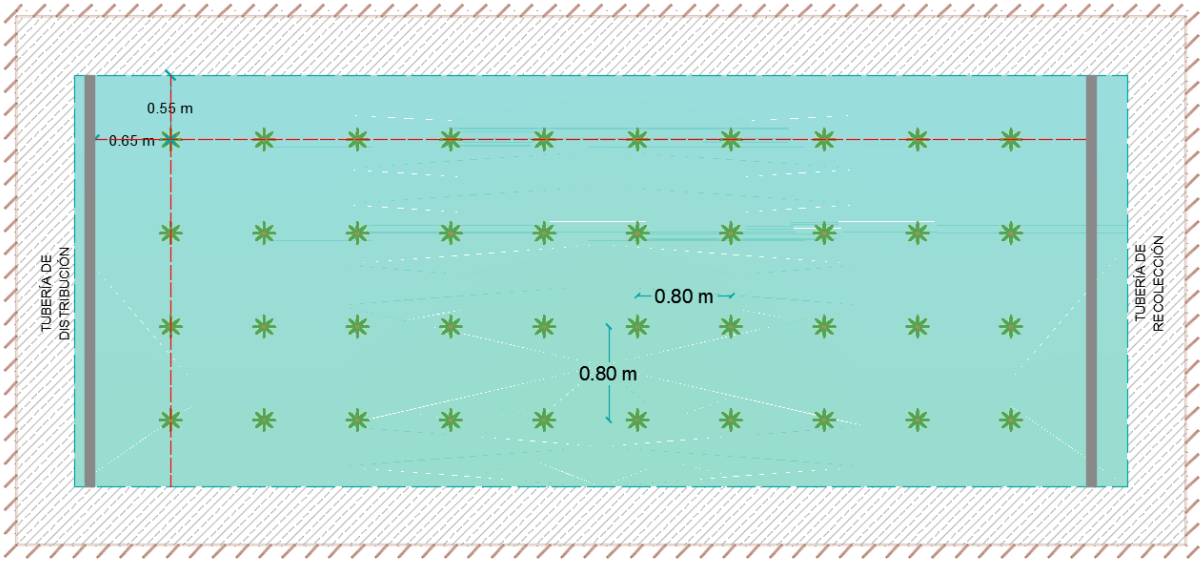


Figura 12 - Vista en planta del humedal.

- **Construcción del humedal artificial**

Al ser objetivo del proyecto el analizar el tratamiento secundario se le da énfasis al proceso constructivo.

Los manuales de humedales artificiales indican el siguiente proceso:

1. Replanteo y nivelación.
2. Excavación del espacio necesario añadiendo una inclinación a las paredes de 60°.
3. Colocación una geomembrana de polietileno, PVC o polipropileno que cubra todo el espacio que ocuparía el AR.
4. Disposición las tuberías de entrada y salida.
5. Colocación del material granular en la base del lecho y alrededor de las tuberías para producir una zona de amortiguamiento.
6. Preparación del terreno para plantar la vegetación.
7. Siembra de la vegetación, para este tipo de humedal solo debe estar visto desde el tallo.

- **Adaptación del otro sistema**

Comparando las dimensiones geométricas obtenidas en el prediseño de los humedales artificiales con macrófitas flotantes podemos decir que el espacio está apto para albergar a este tipo de tratamiento.

FWS		Macrófitas flotantes
L= 8.5 m	>	L= 6.8 m
W= 3 m	>	W= 2.5 m
D= 0.3 m	<	D= 0.4 m

Aunque la altura de agua es mayor, se puede adaptar ya que la altura total de la laguna es de 0.55 m.

- **Laguna No. 2**

La segunda laguna está compuesta por un único sistema, humedal artificial SSF de flujo horizontal, la característica principal de este es que las AR circulan de manera horizontal a través de un empaque granular, arena o grava, imitando al reactor de flujo tipo pistón.

Los aspectos por considerar para el diseño son (i) modelo de diseño a utilizar, (ii) temperatura, (iii) geometría, (iv) vegetación, (v) porosidad y material d empaque, (vi) caudal, (vii) eficiencia de remoción. Además de considerar otros aspectos como el tiempo de retención, la hidráulica, estructuras de entrada, salida y muestreo.

- **Modelo de diseño**

Para esta laguna existen varias modelos como los de regresión, los de cinética de primer orden, los modelos dinámicos y los compartimentales.

Para Rousseaua, Vanrolleghemb, & De Pauw (2004) en su investigación *Model-based design of horizontal subsurface flow constructed treatment wetlands: a review* concluyen que el mejor método es el de cinética de primer orden.

Por tanto, se toma a este como modelo de diseño que está representada por la Ecuación No. 2 - Cinética de primer orden para la remoción de DBO.

Los coeficientes que se ocuparán son los propuestos por Reed & Brown (1995) cuyos coeficientes de reacción y Arrhenius son de 1.104 d^{-1} y 1.06, respectivamente.

- **Tempertura**

Se asumirá a la temperatura ambiente como la temperatura del agua como lo establecen Kadlec & Knight (1996), entonces para el diseño se tomará el mes más frío del año con una temperatura media mensual de 16.4°C.

Por tanto, la constante de reacción será de:

$$K_T = 1.104 \times 1.06^{16.4-20} = 0.895$$

Las experimentaciones a escala piloto y real han demostrado que la temperatura es clave para el dimensionamiento y con ello eficiencia de remoción de las lagunas (Dong-Qing, y otros, 2015; Mo, Dong-Qing, Jian Wen, & Soon Keat, 2017), aunque los manuales para los humedales SSF sugieren que se diseñe las lagunas para el caso más desfavorable que es la temperatura mínima, no se realizará debido a que las temperaturas fluctúan entre los 9° y 25° y al tomar esta recomendación estaríamos sobredimensionando la estructura.

- **Profundidad**

La profundidad depende de altura de agua (h) que puede ir de 0.1 m a 0.60 m (Estrada Gallego, 2010) y la profundidad del lecho (δ), esta última puede tener profundidades entre 0.3 m y 1.0 m (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Para Kadlec & Wallace (2009) la profundidad de agua debe ser siempre menor a la profundidad del lecho ya que si sucede al contrario el humedal estaría inundado y actuando como un FWS, por tanto, se selecciona una h= 0.50 m (inicial) y δ=0.60 Vegetación

- **Vegetación**

Se sugiere el uso del carrizo (*Phragmites australis*) de igual manera a la anterior laguna, referirse a vegetación de la laguna No. 1.

- **Porosidad (n) y conductividad hidráulica (k_s) del material de empaque**

Para la segunda laguna, el agua circulará a través de un material de empaque granular, cuyo diseño requiere la porosidad y conductividad hidráulica, la primera permitirá dimensionar biológicamente la laguna y la segunda permitirá determinar si hidráulicamente funciona.

Se toma en cuenta las porosidades obtenidas por los autores Domenech y Espinoza (2016) para los agregados gruesos de las canteras, Pifo y Pomasqui-San Antonio que son cercanas a la ciudad de Quito:

Cantera	Tamaño efectivo d10 (mm)	Porosidad (n)
Pifo	7.3	0.441
Guabo	6	0.398
Fucusucu V	6	0.361
Rosita	7	0.392

Tabla 10 - Porosidad de las canteras Pifo y Pomasqui-San Antonio. (Domenech & Espinoza, 2016, pág. 41)

Para lo que es conductividad hidráulica se ocupará datos de la literatura, aun así, para la aplicación se debe hacer un ensayo de permeabilidad al agregado que vaya a actuar en la laguna:

Tipo de medio	Tamaño efectivo d10 (mm)	k_s [a]	k_s [b]	k_s [c]	k_s [d]
Arena media	1	492	-	420	
Arena gruesa	2	984	100-1000	480	1000
Arena pedregosa	8	4920	500-5000	500	5000
Grava fina	16	-	1000-10000	-	7500
Grava mediana	32	9840	10000-50000	-	10000
Grava gruesa	128	98400	50000-250000	-	10000

e. (Secretariado Alianza por el Agua, 2008)
f. (García Serrano & Corzo Hernández, 2008)
g. (Wood, 1995; Environmental Protection Agency, 1988)
h. (Environmental Protection Agency, 1993)

Tabla 11 - Conductividad hidráulica (m/d) de los lechos granulares.

Es importante mencionar que los autores Kadlec & Wallace (2009) mencionan a la obstrucción, de corto y largo plazo, como uno de los principales motivos por lo que los cálculos no reflejen la realidad en este tipo de tratamientos.

El corto plazo consiste en que el sistema se va a colmatar rápidamente en la entrada debido a formación de biomasa microbiana en el primer año de operación y el largo plazo consiste en la colmatación del lecho debido ya a la retención de SST, en ambas situaciones se reduce la conductividad hidráulica, lo que hace que el tiempo de retención calculado no sea el mismo que en la realidad (Kadlec & Wallace, Treatment Wetlands, 2009).

Considerando los agregados disponibles cerca de la zona y para evitar que la laguna solo sirva para un agregado proveniente de una cantera específica, además de considerar la problemática de obstrucción a corto plazo se decide tomar una n= 0.36 y una k_s=500 m/d.

- **Caudal**

Se ocupará el medio diario anual futuro $\left(Q_{mda} = 1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\right)$, referirse al caudal

Caudal de la laguna No. 1.

Para el caudal de salida de este se asumirá una pérdida del 10% del caudal (Kadlec & Wallace, 2009), que puede producirse por evapotranspiración y absorción de los agregados que se encuentra entre el 3.2-3.9% (Domenech & Espinoza, 2016). Con ello se obtiene un caudal de salida estimado de 1.408 $\frac{m^3}{\mathrm{d}}$.

- **Eficiencia de remoción**

Se calculará bajo porcentajes de remoción de materia orgánica, más no concentraciones esperadas. Referirse a Eficiencia de remoción de la laguna No. 1.

El estudio del arte presentado por Dong-Qing, y otros (2015), establece que los humedales artificiales SSF de flujo horizontal tiene una eficiencia de recomoción del DBO del 82.58% y los de flujo vertical 84.91% construidos en lugares tropicales y subtropicales aunque hay ciertas investigaciones que poseen más del 95% de eficiencia de remoción de DBO (Haiming, y otros, 2015).

Para climas fríos se presenta remociones de DBO en humedales SSF de flujo horizontal de 83.9% mientras que los de flujo vertical presentan variaciones del 41.9%-99.9% (Mo, Dong-Qing, Jian Wen, & Soon Keat, 2017).

Entonces considerando lo expuesto por las investigaciones previas se toma como eficiencia deseada un 85% de remoción de DBO.

- **Pendiente**

Para la selección de la pendiente se ha tomado en cuenta las recomendaciones expuestas por investigaciones, normativas, manuales de diseño en que se establece que el valor debe estar entre 0.2% y 2% (Comisión Nacional del Agua, 2016; Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; Tilley, y otros, 2018; Environmental Protection Agency, 1993).

Se selecciona así el 1% para la pendiente del terreno.

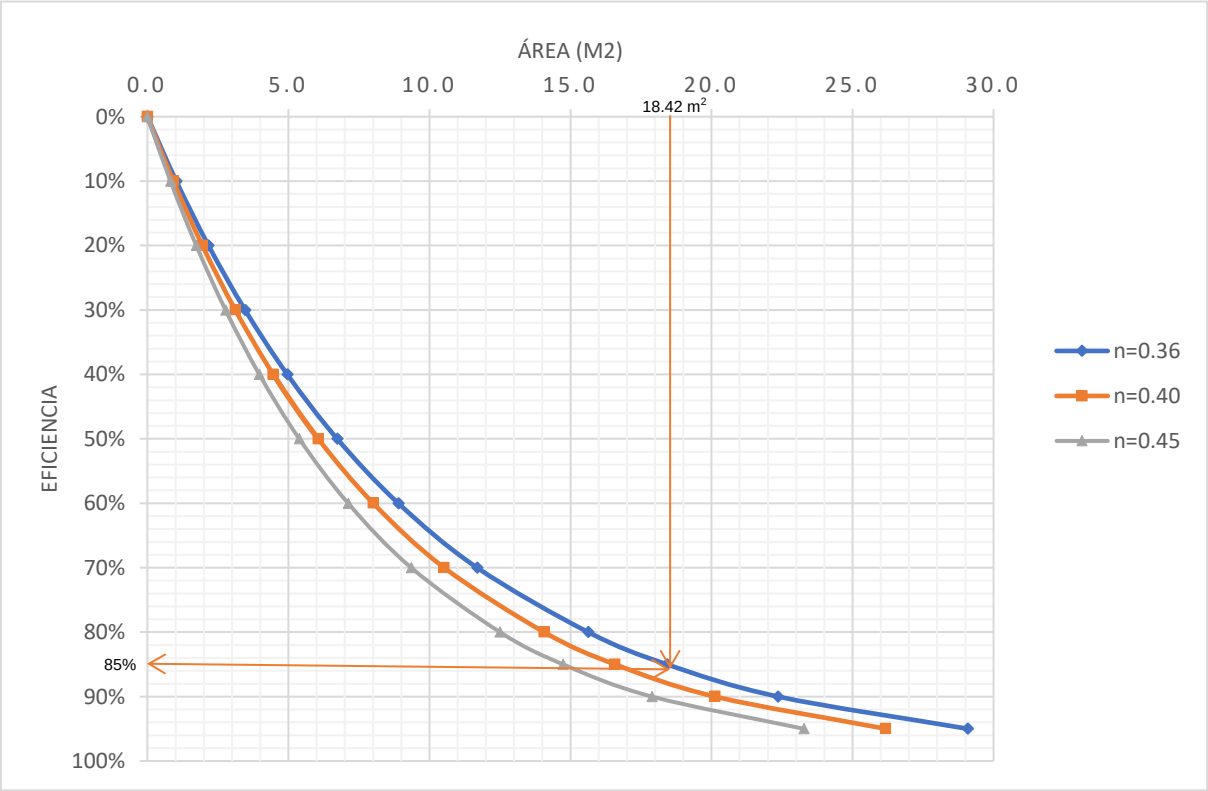
El empaque granular no tendrá pendiente este deberá ir completamente horizontal con el fin de evitar que algunas macrófitas queden más lejos del área húmeda y evitar inundaciones

cuando las temperaturas sean frías donde el tiempo de retención será mayor (Comisión Nacional del Agua, 2016)

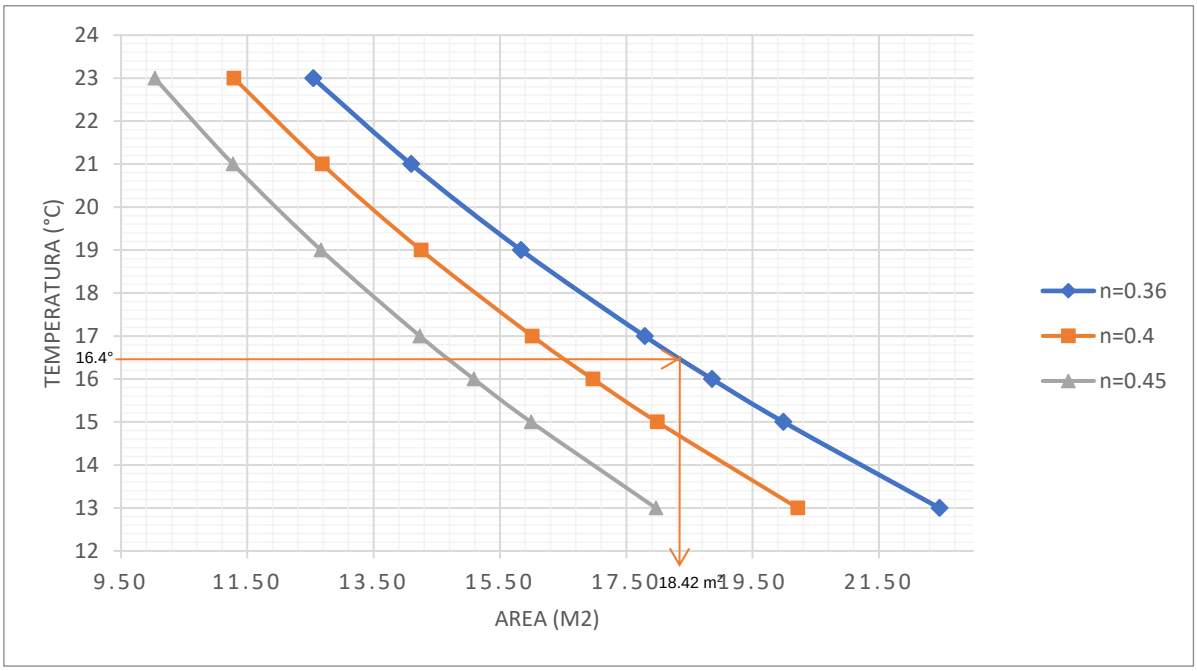
- **Área**

Aplicando la Ecuación No. 5 - Área en planta que ocupa el humedal artificial, se obtiene un área en planta de 18.42 m^2.

A continuación, se presentan gráficas que permite comparar la eficiencia de remoción con el área del humedal y la porosidad:



Grafica 1 - Eficiencia vs. Área



Grafica 2 - Temperatura vs. Área a una eficiencia del 85%

El análisis de sensibilidad que se le plantea a este sistema es debido a que existen distintas variables que pueden modificar las dimensiones de la laguna y como se puede ver la sensibilidad que tiene el sistema es muy alta, ya que al cambiar un leve aspecto modifica totalmente.

Con los datos seleccionados se obtiene un espacio que permite la experimentación con diversos materiales, alcanzando diferentes eficiencias y en distintas épocas estacionales.

- **Relación L: W**

Para Haiming, y otros (2015) la relación L:W de una humedal SSF debe se menor o igual a 3:1, para la EPA (1993) esta relación debe ser lo suficiente para que hidráulicamente funcione por lo que propone que debe ser entre 0.4:1 y 3:1. Con ello se selecciona una relación de 2.5:1:

L= 7 m; **W=** 2.8 m; **h=** 0.5 m

δ**=** 0.6 m; **Borde libre=** 0.15 m

- **Tiempo de retención teórico (Hidraulic Retention Time, HRT)**

Reed, Crites, & Middlebrooks (1995) sugiere que este debe ser calculado mediante la expresión representada en la Ecuación No. 4 - Tiempo de retención del humedal artificial., aplicando dicha ecuación se obtiene:

$$t = 2.26\ días \approx 3\ días$$

Un tiempo adecuado de retención se encuentra entre los 2 a 5 días (Haiming, y otros, 2015), 4-15 (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; Romero, 2005), su variación depende de las dimensiones, porosidad del humedal y caudal.

- **Carga Hidráulica Superficial (*Hydraulic Loading Rate*, HLR)**

Para el cálculo de la carga hidráulica se empleará la siguiente expresión:

$$HLR = \frac{Q_{mda}}{A}$$

Ecuación 16 - Carga Hidráulica.

Donde:

Q_{mda}: caudal medio diario futuro de diseño, m^3/día

A: sección transversal del humedal, m^2

Aplicando los datos se tiene $HLR = 7.98\ {}^{cm}/_{d}$

Algunas recomendaciones para la carga hidráulica se presentan a continuación.

Carga Hidráulica (cm/día)	Autor
2-20	(Kadlec & Knight, 1996)
<50	(Haiming, y otros, 2015)
1.5-5	(Environmental Protection Agency, 1988)
10-20	(Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

Tabla 12 - Cargas hidráulicas recomendadas para humedales SSF.

La HLR se encuentra dentro de lo recomendado por la literatura.

- **Hidráulica de un humedal SSF de flujo horizontal**

La Comisión Nacional del Agua (2016) establece que se debe comprobar el diseño de la laguna con su hidráulica, para ello se aplicará la ley de Darcy.

La ecuación describe el flujo en regimen laminar a través de un medio granular. es necesario aclarar que esta ecuación no es aplicable para humedales SSF con gravas gruesas o rocas ya que el flujo actúa en régimen turbulento, se debe aplicar la ecuación de Ergun (Lara, 1999).

Las características hidráulicas se ven controladas por la sigueinte expresión:

$$Q = k_s A_c s$$

Ecuación 17 - Ley de Darcy para un humedal SSF.

Donde

Q: caudal medio que circula a través del humedal, m^3/d

A_c: área transversal perpendicular a la dirección del flujo, m^2

k_s: conductividad hidráulica del medio de una unidad de área del humedal perpendicular al flujo, m/d

s: gradiente hidráulico o pendiente de de la superficie de agua, m/m

Kadlec & Wallace (2009) establecen que la pendiente superfiecie libre del agua no depende de la solera de la laguna pero debe ser menor y debe ser seleccionada considerendo las pérdidas que se producen por la obstrucción de los espacios-

El caudal será el promedio entre el caudal de entrada y de salida, igual a 1.486 $\frac{m^3}{\mathrm{d}}$ y con los datos de conductividad y área, se obtiene una pendiente de superficie de agua de 0.212%. Con la pendiente obtenemos la velocidad del efluente que será representada por la ecuación:

$$v = k_s \times s$$

Ecuación 18 - Velocidad de un humedal SSF de flujo horizontal.

Sabiendo que k_s es 500 m/d y s= 0.212% se obtiene una velocidad de 1.22 x 10^{-5} m/s, este dato se ocupará la ecuación de Reynolds para lo cual se ocupará la siguiente expresión:

$$Re = \frac{D \times \rho \times v}{(1-n)\,\mu}$$

Ecuación 19 - Número de Reynolds para humedal SSF.

Donde

Re: Número de Reynolds

D: diámetro de la partícula, m

ρ: densidad del agua, kg/m^3

v: velocidad del flujo, m/s

n: porosidad del medio

μ: viscosidad del agua, kg/ms.

La ecuación será ocupada con el fin de determinar el régimen del agua si este valor es muy inferior a 10 por lo que el flujo es laminar y la ley de Darcy es aplicable (Lara, 1999).

Para este caso ocuparemos la densidad y viscosidad ocupada para la laguna No. 1, el diámetro se ocupará 38.1 mm que corresponde al tamaño del tamiz por donde más del 95% del agregado pasa y la velocidad será de 1.062 m/d, entonces se tiene un número de Reynolds de 0.2218 que

$$Re = \frac{0.0381\ m \times 998.12\ {}^{kg}/_{m^3} \times 1.22 \text{ x } 10^{-5}\ {}^{m}/_{s}}{(1 - 0.36)\ \times 0.003294\ {}^{kg}/_{m.s}} = 0.2218 \ll 10\ OK$$

- **Sistema de distribución y recolección**

Referirse al Sistema de distribución y recolección de la Laguna No. 1, añadiendo que las tuberías conducirán al agua a un material granular de mayor tamaño para que actúe como medio amortiguador.

- **Salida de agua**

Referirse a la salida de agua de la laguna No. 1.

- **Muestreo**

Para esto se dispondrán en el humedal SSF, 2 tuberías de PVC de 110 mm perforadas con un orificio menor al del tamaño d10 del material granular, cada 2.60 m, esta deberá ser sujetada dentro del empaque y cuya base debe estar a 0.30 m desde el fondo de la laguna.

- **Impermeabilización de la laguna**

Para evitar las filtraciones y daños por labores de limpieza y mantenimiento, la laguna deberá ser recubierta con una geomembrana de polietileno con un espesor mínimo de 5 mm.

- **Disposición de los componentes en la laguna**

Se presenta a continuación una sección del humedal SSF para entender la composición de las capas de material:

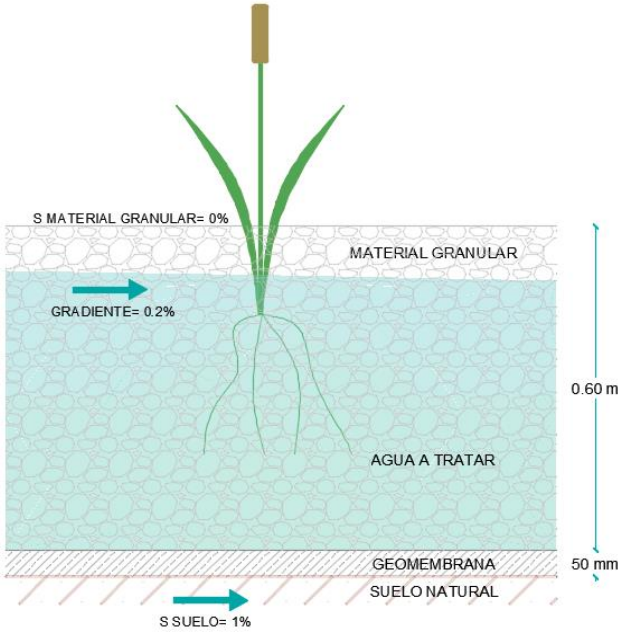


Figura 13 - Capas del humedal SSF.

El corte longitudinal y transversal de la laguna junto con los muestreadores, disposición de las tuberías y la vegetación:

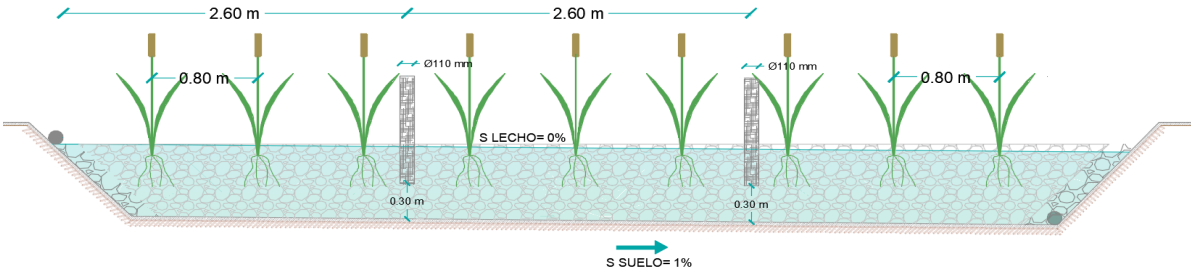


Figura 14- Sección longitudinal humedal SFF horizontal. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

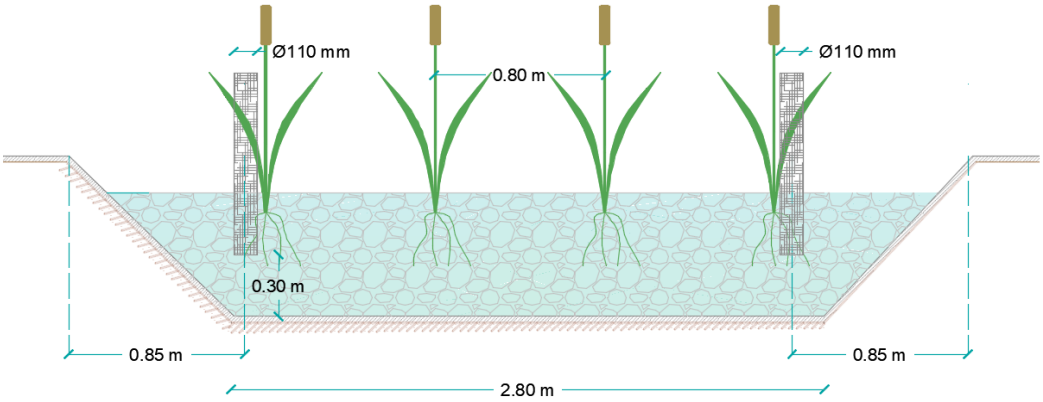
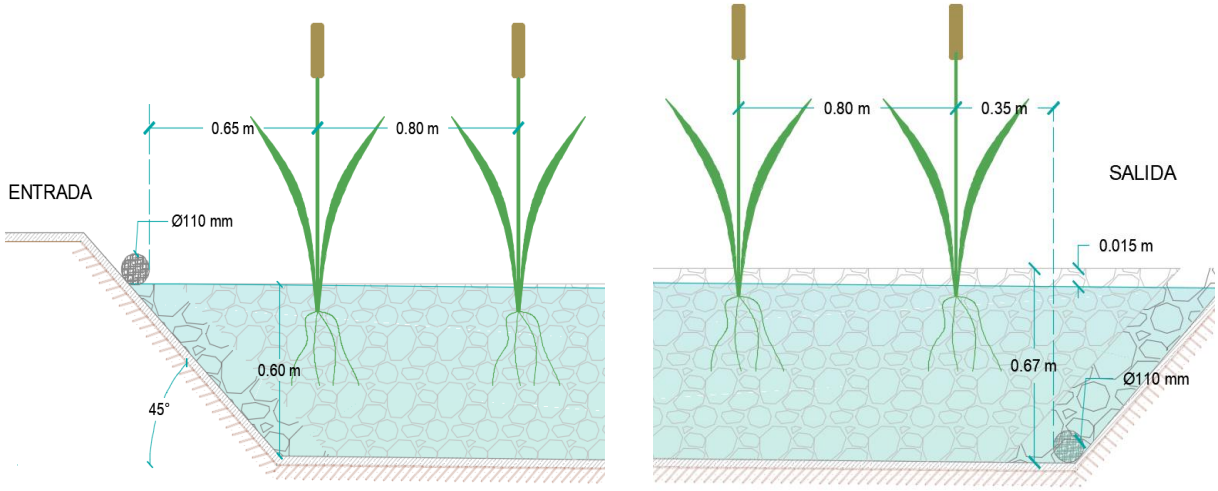


Figura 15 - Sección transversal humedal SSF horizontal. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

El talud para esta laguna será de 45° como lo establece las recomendaciones (Comisión Nacional del Agua, 2016; Salas, Pidre, & Sánchez, 2007), se presenta la disposición de la laguna en los extremos:



a) Entrada de laguna b) Salida de laguna

Figura 16 - Detalle de entrada y salida del humedal SFF horizontal.

La vista en planta efleja que la separación entre plantas debe ser de 0.80 m:

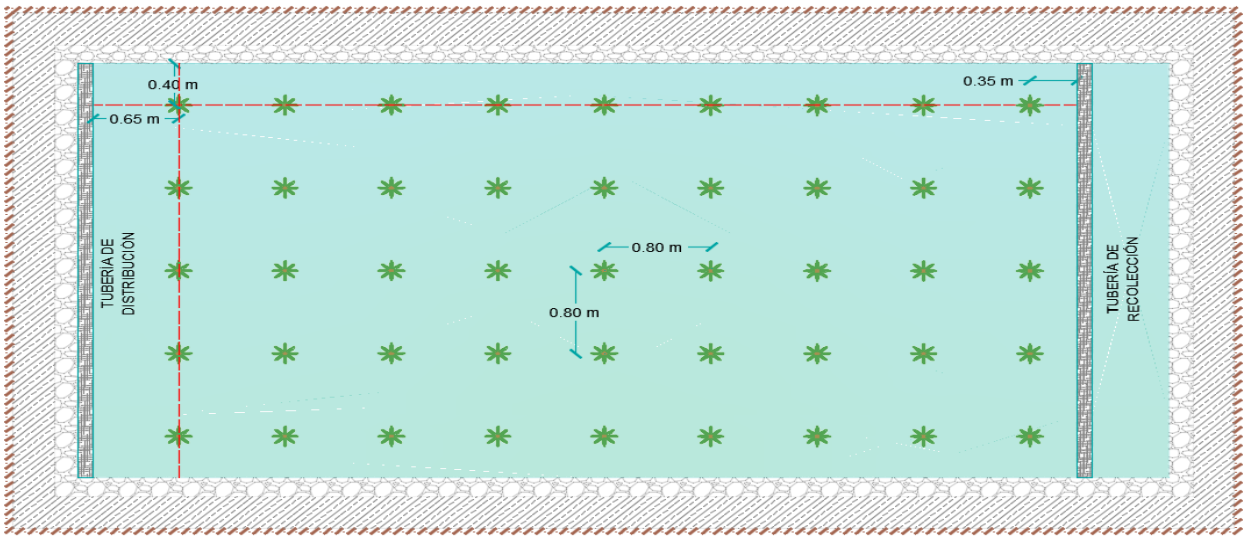


Figura 17- Vista en planta del humedal SSF horizontal.

- **Construcción del humedal artificial**

Al ser objetivo del proyecto el analizar el tratamiento secundario se le da énfasis al proceso constructivo.

Los manuales de humedales artificiales indican el siguiente proceso:

1. Replanteo y nivelación.
2. Excavación del espacio necesario añadiendo una inclinación a las paredes de 45°.
3. Colocación una geomembrana de polietileno, PVC o polipropileno que cubra todo el espacio que ocuparía el AR.
4. Disposición las tuberías de entrada y salida, colocación de material granular amortiguador.
5. Colocación del material granular junto con la siembra de la vegetación y los muestreadores.

- **Laguna No. 3**

La última laguna es compartida por el humedal SSF de flujo vertical y el lecho de turba, esto debido a que su sistema de distribución es el mismo y diferente al del resto de lagunas.

Para el diseño de esta tercera laguna no existen modelos matemáticos específicos desarrollados, se puede aplicar la misma teoría de cinética de primer orden que se aplicó para el humedal SSF de flujo horizontal (Kadlec & Knight, 1996), generalmente este tipo de humedales se diseñó en función de superficies unitarias (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

Los humedales SSF de flujo vertical poseen la misma distribución de capas que un humedal SSF horizontal con la diferencia de la dirección del flujo, que en este caso es perpendicular a la superficie de la laguna.

- **Modelo de diseño**

Para esta laguna existen no existen modelos racionales como los de regresión o los de cinética de primer orden específicamente para este tipo de humedal sin embargo se pueden aplicar tres métodos:

- Área superficial basada en la población equivalente.
- Área superficial en base a la tasa hidráulica.
- Área superficial en base a las ecuaciones de cinética de primer orden.

García Ávila y otros (2019) obtienen resultados muy parecidos entre el método de la población equivalente y el de cinética de primer orden, por lo que para este proyecto diseñaremos con el método de la población equivalente.

- **Profundidad**

La profundidad se encontrará entre los 0.45 m – 0.90 m (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010), se selecciona una profundidad del lecho de material granular de 0.60 m.

- **Vegetación**

Se sugiere el uso del carrizo (*Phragmites australis*), referirse a Vegetación de la Laguna No. 1.

- **Porosidad (n), coeficiente de uniformidad (Cu) y porcentaje de finos del material de empaque**

Para la porosidad se toma n=0.36, referirse a Porosidad (n) y conductividad hidráulica (k_s) del material de empaque de la laguna No.2.

Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade (2010) establecen que estas son las características que prevalecen para seleccionar el empaque del material filtrante, los autores establecen que debe tener un coeficiente de uniformidad menor a 4 y un porcentaje de finos menor al 4%.

Con los datos presentados por los autores Domenech y Espinoza (2016) se tiene:

Cantera	Cu	% finos
Pifo	2.03	1.00
Guabo	2.96	1.00
Fucusucu V	2.47	1.00
Rosita	2.85	1.00

Tabla 13 - Coeficiente de uniformidad y porcentaje de finos de las canteras Pifo y Pomasqui-San Antonio. (Domenech & Espinoza, 2016)

- **Caudal**

Se ocupará el medio diario anual futuro $\left(Q_{mda} = 1.564\ \frac{m^3}{\mathrm{d}}\right)$, referirse al

Caudal de la laguna No. 1.

- **Área**

Se aplicará el método de la población equivalente que es la relación de la carga orgánica de DBO y el DBO_5 (g/día.hab eq.) (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; García Serrano & Corzo Hernández, 2008).

Se calcula la población equivalente mediante la siguiente expresión:

$$Población\ equivalente = \frac{DBO_5 \times Q}{DBO_{5\ eq}}$$

Ecuación 20 - Población equivalente.

Donde

DBO_5: es la concentración de DBO entrante, mg/L

Q: es el caudal medio, m^3/d

$DBO_{5\ eq}$: 40 – 60, g DBO_5/día.hab (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; García Serrano & Corzo Hernández, 2008).

Para el cálculo se ocupará 217 mg/L que es el promedio de la DBO obtenida de los resultados del análisis de aguas, se va a asumir que no se tiene tratamiento previo debido a que la retención en el tanque es corta y además el análisis no fue realizado en con mínimo 8 muestras en un día que es lo recomendable.

El $DBO_{5\ eq}$ se selecciona de 50 g DBO_5/día.hab que es el valor intermedio entre los límites recomendables.

Se obtiene una población equivalente de:

$$Población\ equivalente = 6.80 \approx 7\ habitantes\ equivalente$$

Para el área ocuparemos lo propuesto por García Ávila, y otros (2019):

$$Área\ superficial = Población\ equivalente\ \times 2.5\ \frac{m^2}{hab\ eq.}$$

Ecuación No. 43 - área superficial de un humedal SSF vertical. (García Ávila, y otros, 2019)

Obteniendo así un área superficial de 17.50 m^2.

- **Relación L: W**

Es recomendable una relación de 3:1 (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010; García Serrano & Corzo Hernández, 2008; García Ávila, y otros, 2019).

L= 7.3 m; **W=** 2.5 m; **h=** 0.6 m

- **Pendiente**

Se selecciona el 1% para la pendiente del terreno. Se de tomar en cuenta que el empaque granular no tendrá pendiente este deberá ir completamente horizontal

- **Tiempo de retención teórico (Hidraulic Retention Time, HRT)**

García Ávila, y otros (2019) sugiere que este debe ser calculado mediante la expresión representada en la Ecuación No. 4 - Tiempo de retención del humedal artificial., aplicando dicha ecuación se obtiene:

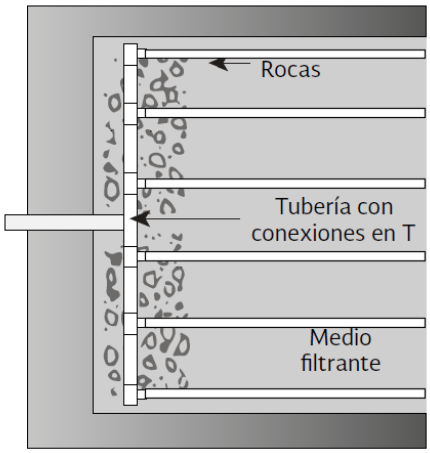
$$t = 2.52\ días \approx 3\ días$$

- **Sistema de distribución y recolección**

Se ubicarán tuberías para la distribución paralelas al largo de laguna con un espaciamiento a los bordes y entre ellas de 0.5 m, estarán enterradas dentro del lecho a una profundidad de 5

cm con una ligera pendiente de 0.1% y el sistema de recolección se ubicarán entre las tuberías de distribución.

Todas las tuberías serán de 110 mm perforadas con orificios de 3 mm (máximo 8mm) y distanciados entre si 0.5 m. Se presenta un esquema de la entrada de agua:



Ecuación 21 - Esquema de la distribución del agua sobre al humedal. Adaptado de: (Comisión Nacional del Agua, 2016, pág. 47)

- **Sistema de ventilación**

Los humedales SSF verticales requieren de la oxigenación del sustrato por lo que se colocan tuberías de 110 mm lisas, como chimenea vertical, al inicio, mitad y final de la laguna.

- **Salida de agua**

Referirse a la salida de agua de la laguna No. 1

- **Muestreo**

Se colocarán 2 tuberías de PVC lisas de 110 mm cada 2.65 m, esta deberá ser sujetada dentro del empaque y cuya base será una rejilla con espaciamiento menor al tamaño máximo nominal para permitir la entrada del agua, debe estar a 0.30 m desde la rejilla al fondo de la laguna con el fin de que entre el agua que ha pasado por todas las capas de áridos.

- **Impermeabilización de la laguna**

Referirse a impermeabilización de laguna No. 1.

- **Disposición de los componentes en la laguna**

Se presenta a continuación una sección del humedal SSF de flujo vertical:

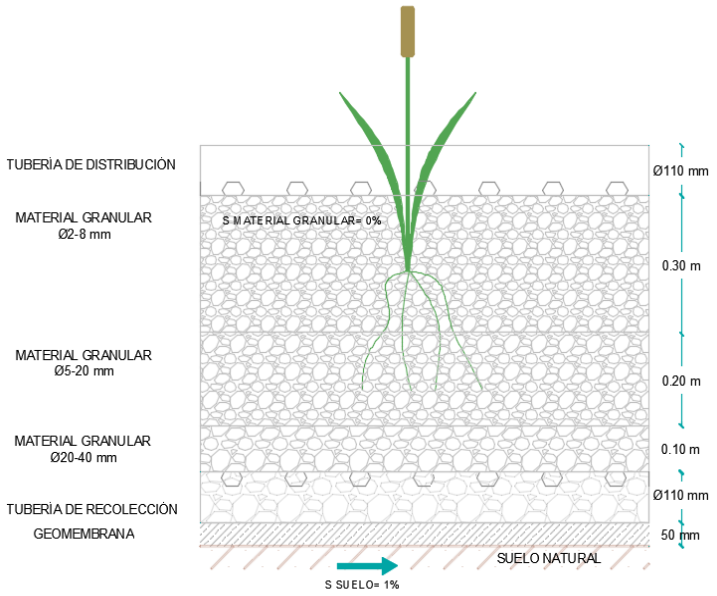


Figura 18 - Capas del humedal SSF de flujo vertical.

El corte longitudinal de la laguna junto con los muestreadores, disposición de las tuberías y la vegetación:

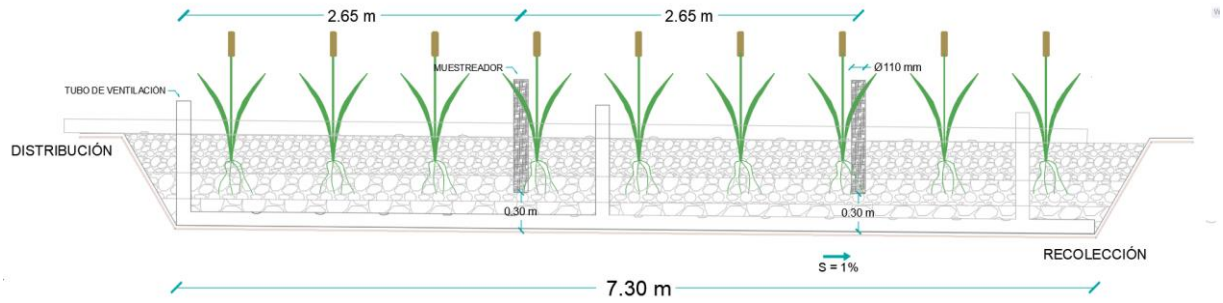
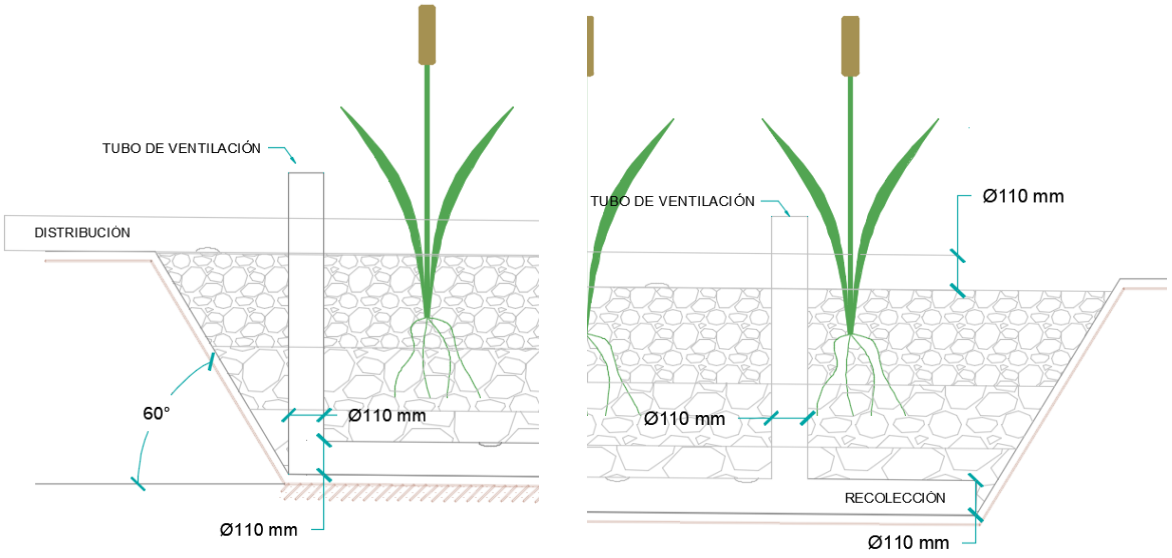


Figura 19 - Sección longitudinal de un humedal SSF de flujo vertical. Adaptado de: (Tilley, y otros, 2018)

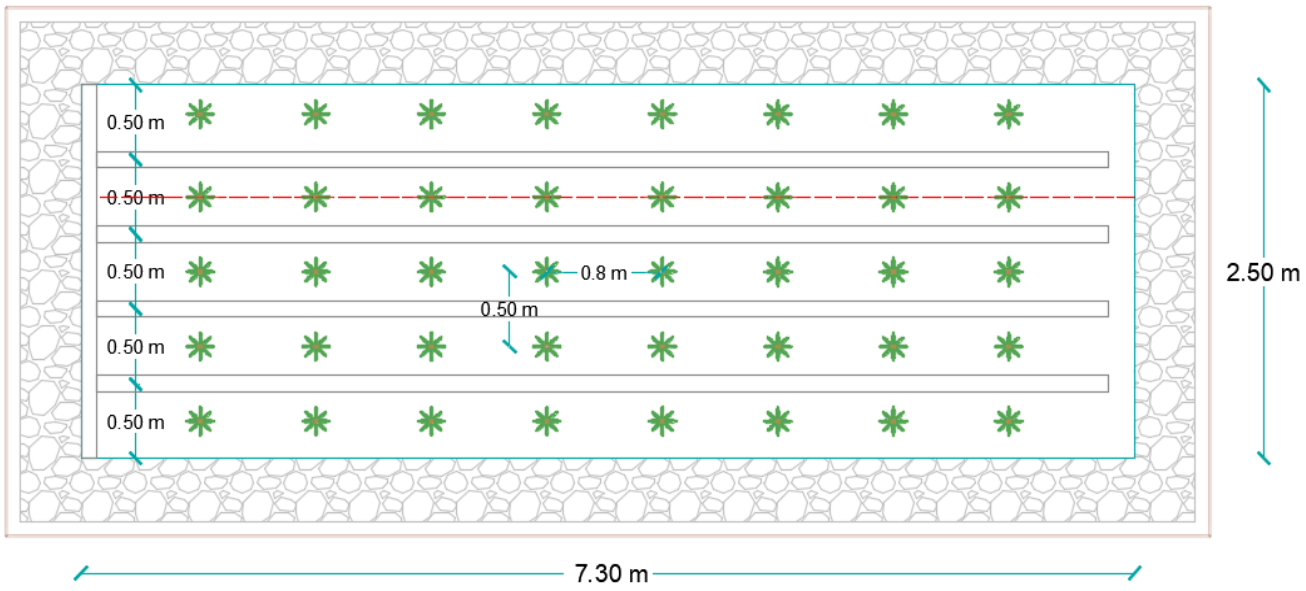
El talud para esta laguna será de 60° como lo establece las recomendaciones (Comisión Nacional del Agua, 2016; Salas, Pidre, & Sánchez, 2007), se presenta a continuación la disposición de la laguna en los extremos:



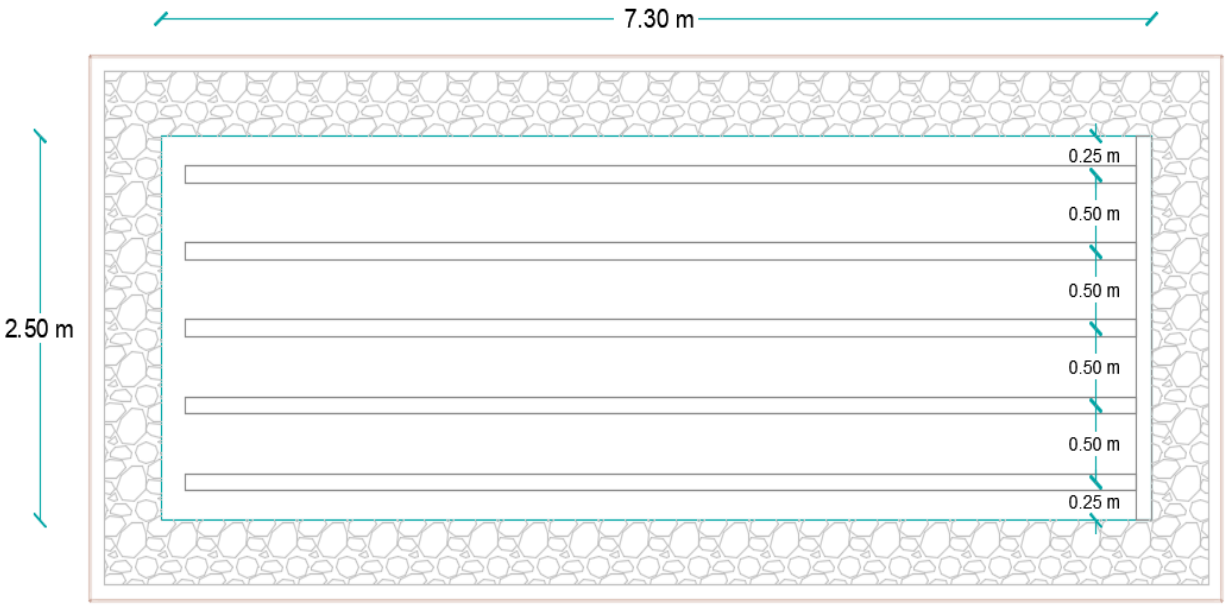
a) Inicio de laguna b) Fin de la laguna

Figura 20 - Parte inicial y final del humedal SSF de flujo vertical

. La vista en planta efleja que la separación entre plantas horizontalmente de 0.8 m y verticalmente de 0.5 m:



a) Vista en planta parte superficial de la laguna.



b) Vista en planta parte del fondo de la laguna.

Figura 21 - Sistema de distribución y recolección del humedal SSF de flujo vertical.

- **Construcción del humedal artificial**

Al ser objetivo del proyecto el analizar el tratamiento secundario se le da énfasis al proceso constructivo. Los manuales de humedales artificiales indican el siguiente proceso:

1. Excavación del espacio necesario añadiendo una inclinación a las paredes de 45°.
2. Colocación una geomembrana de polietileno, PVC o polipropileno que cubra todo el espacio que ocuparía el AR.
3. Disposición las tuberías de salida, colocación de material granular amortiguador.
4. Colocación de las capas de material granular junto con la siembra de la vegetación y los muestreadores.
5. Disposición de las tuberías de entrada.

- **Adaptación al otro sistema**

Comparando las dimensiones geométricas obtenidas en el prediseño de los lechos de turba podemos decir que el espacio está apto para albergar a este tipo de tratamiento.

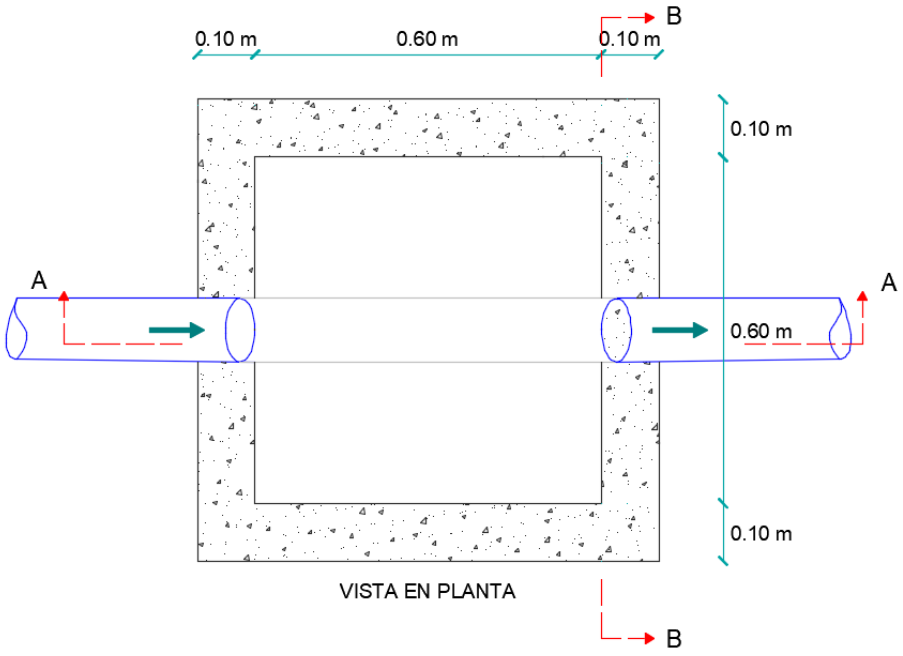
SSF vertical		Lecho de turba
L= 7.3 m	>	L= 2.5 m
W= 2.5 m	>	W= 1.1 m
D= 0.6 m	=	D= 0.6 m

6. Obras de conexión entre etapas de tratamiento.

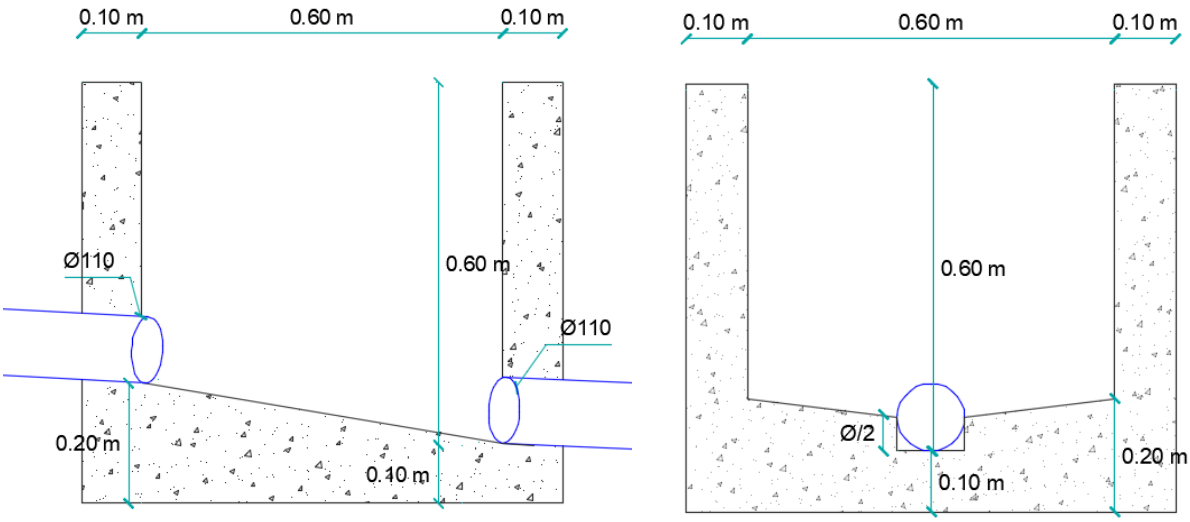
Cada tratamiento terminará con una caja de revisión con excepción del tratamiento preliminar, estas cajas serán como se describe en el numeral 4.5.2.4. Así también las cajas de cada laguna permitirán tomar muestras para el análisis de calidad de agua.

Las cajas de revisión de la salida de cada laguna tendrán un vertedero rectangular de ancho de 0.11 mm (diámetro del tubo) y una altura de 0.055 mm (radio del tubo), con una pendiente del 16.67%, que corresponde a que la tubería de entrada se encuentre a 10 cm arriba de la de salida, además de un vertedero rectangular que permitirá la medición del caudal.

Las dimensiones y disposición de los componentes de la caja se presentan a continuación:



b) Vista en planta de la caja de evacuación de humedales.



c) Elevación de la caja de evacuación de humedales.

d) Corte transversal de la caja de evacuación de los humedales.

Figura 22 - Caja de evacuación de los humedales.

Para la conexión entre tratamientos existirá una tubería de 110 mm corrugada con una pendiente de 1.5%, seleccionada con el fin de cumplir la velocidad mínima, 0.45 m/s, requeridas para tuberías menores a 200 mm por la OPS, cuya longitud dependerá del espacio requerido para la circulación donde mínimo será 1 m.

7. Obras de descarga.

- **Caja de revisión**

Las aguas provenientes de las cajas de revisión de cada laguna evacuarán en una caja de revisión como se describe en la sección anterior con la diferencia que esta tiene una tubería de salida de 160 mm. Se presenta un esquema de la conexión entre cajas:

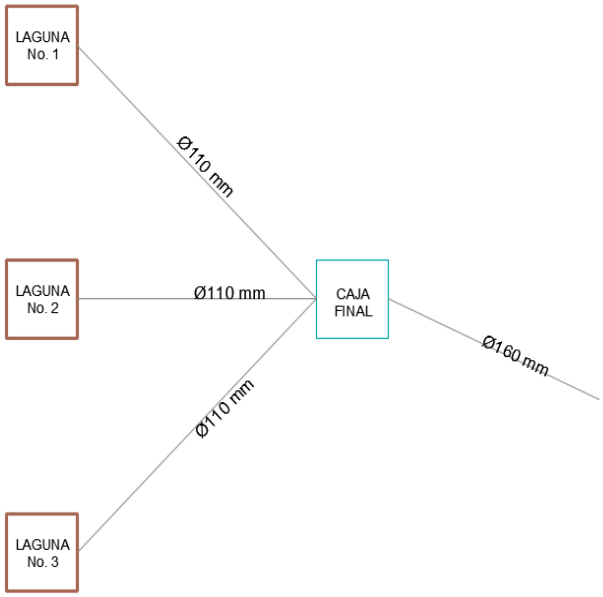


Figura 23 - Esquema de cajas de descarga.

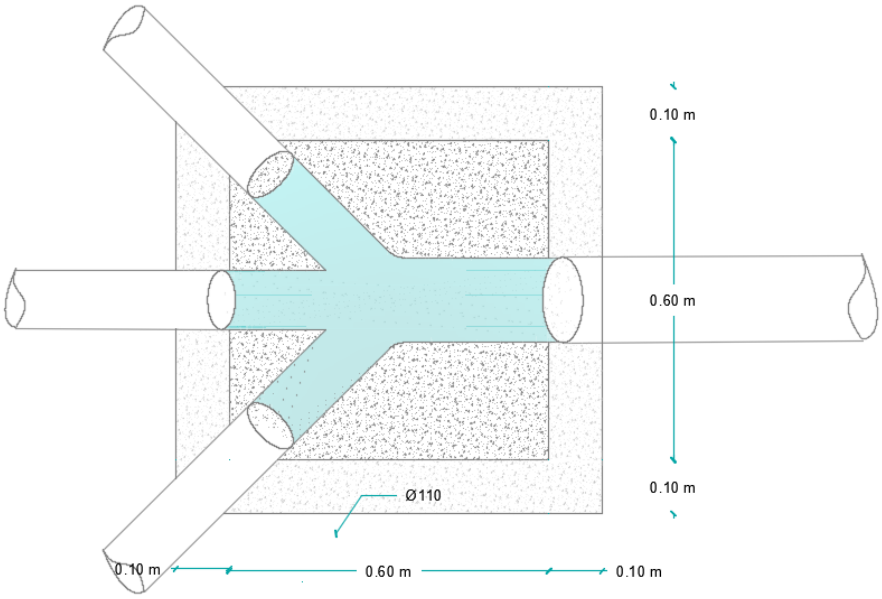


Figura 24 - Vista en planta de la caja de revisión de llegada.

Cada caja tendrá una tapa para evitar la contaminación del agua tratada.

- **Tubería**

La caja de revisión se conectará con el alcantarillado, el punto final e inicial de la tubería se presenta a continuación:

	X	Y	Z (msnm)
CAJA DE REVISIÓN	507895.850	9980159.74	2382.5
POZO	507955.220	9980209.69	2381.0

Tabla 14 - Coordenadas para el diseño de la tubería de salida.

Se tiene una pendiente del 1.933% y una longitud de 77.60 m, realizando y tomando los mismos datos y procedimiento de la sección 4.5.2 Obra de llegada., se tiene que la tubería cumple con una velocidad mínima de 1.00 m/s y máxima de 1.56 m/s aunque posee un sobredimensionamiento.

- **Secado de lodos**

Para esto es necesario considerar que los lodos obtenidos del tratamiento son considerados como lodos no peligrosos debido a que no contiene metales pesados, aun así se debe realizar un análisis microbiológico de los lodos y comparar con los estándares establecidos en el *Standards for Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503* (Environmental Protection Agency, 1993).

Los lodos serán sometidos a un proceso únicamente de secado solar ya que es un uso muy eficiente de la energía calórica del sol (Dry Tec Solar, 2015) y considerando los aspectos presentados en el apartado 3.1.2 , además para que los costos energéticos sean nulos y que no se requiera de personal especializado se ocupará el método del lagunaje.

Es necesario que este proceso de secado de lodos no es adecuado para plantas grandes (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Este método solo requiere de plataformas que permitan depositar los lodos y que permitan que se sequen.

Para ello se ha decido tomar un área de 65 m^2 (13 m x 5 m), que corresponde al área disponible. Metcalf & Eddy (2014) aseguran que para la deshidratación mediante lagunaje puede optarse por depositarse en un espacio de laguna o en una plataforma.

Para el proyecto se ha decido realizar una plataforma de hormigón de 10 cm de espesor como se muestra a continuación:

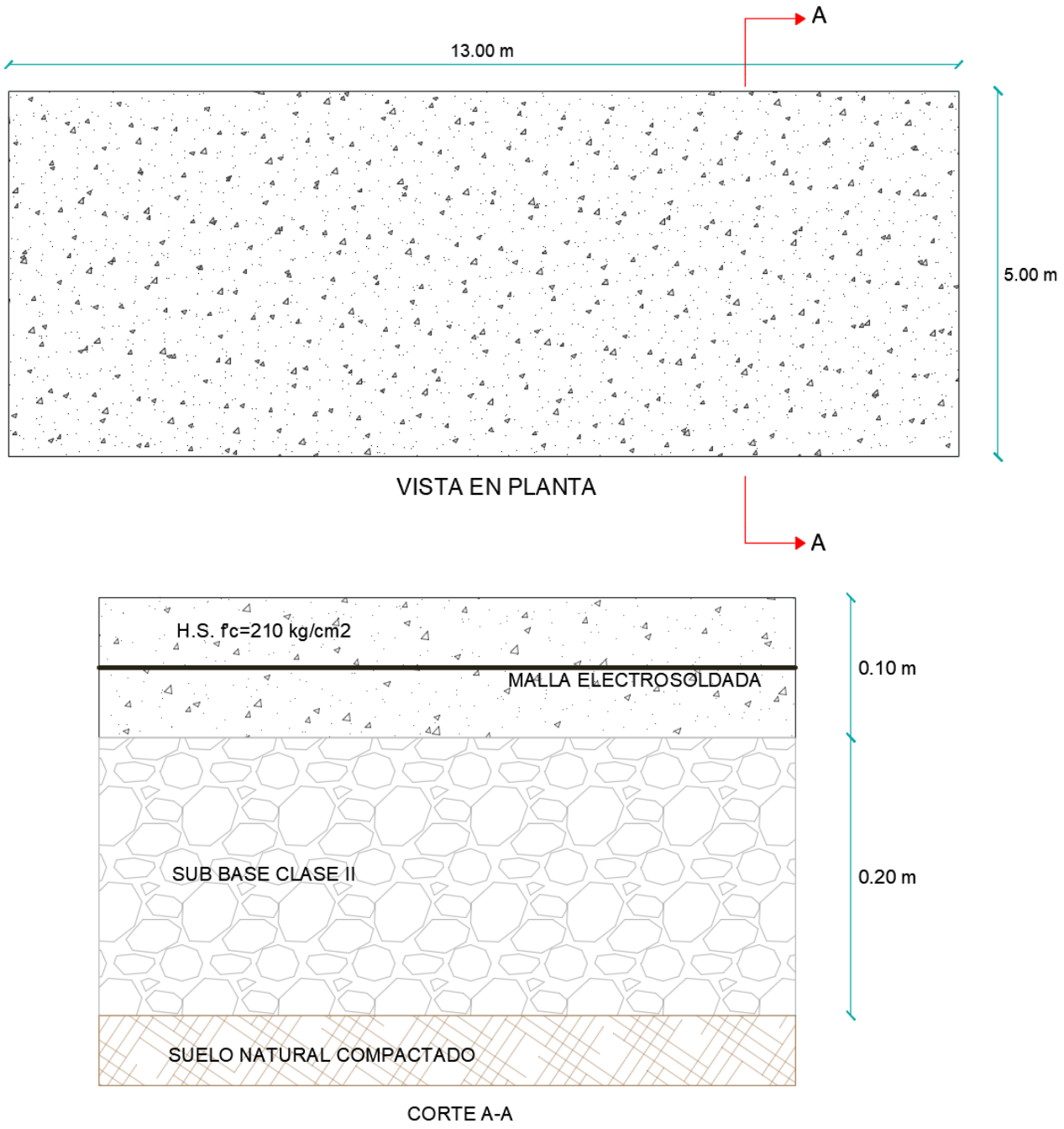


Figura No. 44 - Plataforma para secado de lodos.

Estos simplemente deben ser dispuestos en el espacio y dejar secar al sol, tomar muestras del lecho. Una vez

Los lodos deberán ser enterrados en espacios verdes donde no se pretenda realizar edificaciones o estructuras ni cultivos de alimentos.

Anexo No. 15 – Análisis de impactos ambientales.

1. Descripción del proyecto

1.1. Localización

Desde el 7 de julio del 2008, el campus Nayón de la PUCE se encuentra ubicado en el sector Congreso Nacional de la parroquia rural de Nayón perteneciente al cantón Quito, provincia de Pichincha, a aproximadamente 4.5 km del centro del poblado de Nayón. En la siguiente imagen se presenta la ubicación espacial del campus:



Ortofotografía - 1: Ubicación del Campus PUCE Nayón (Google Inc.)

El campus se ubica en las coordenadas 785784.60 m este, 9980548.07 m sur y a una altura entre los 2200 a 2500 m.s.n.m. Se encuentra delimitado al este por la calle San Pedro; al oeste por las calles De los Eucaliptos y De las Orquídeas; al norte por la quebrada abierta-rellenada, Anita Huaycu; y al sur, por la quebrada abierta, Uraurcu.

1.2. Concepción general

El proyecto consiste en un sistema de tratamiento de aguas residuales basado en tecnologías alternativas naturales y de bajo costo que pueda ser utilizado como una planta piloto para la investigación científica.

A continuación, se presenta un esquema general simplificado de la disposición del proceso de tratamiento:

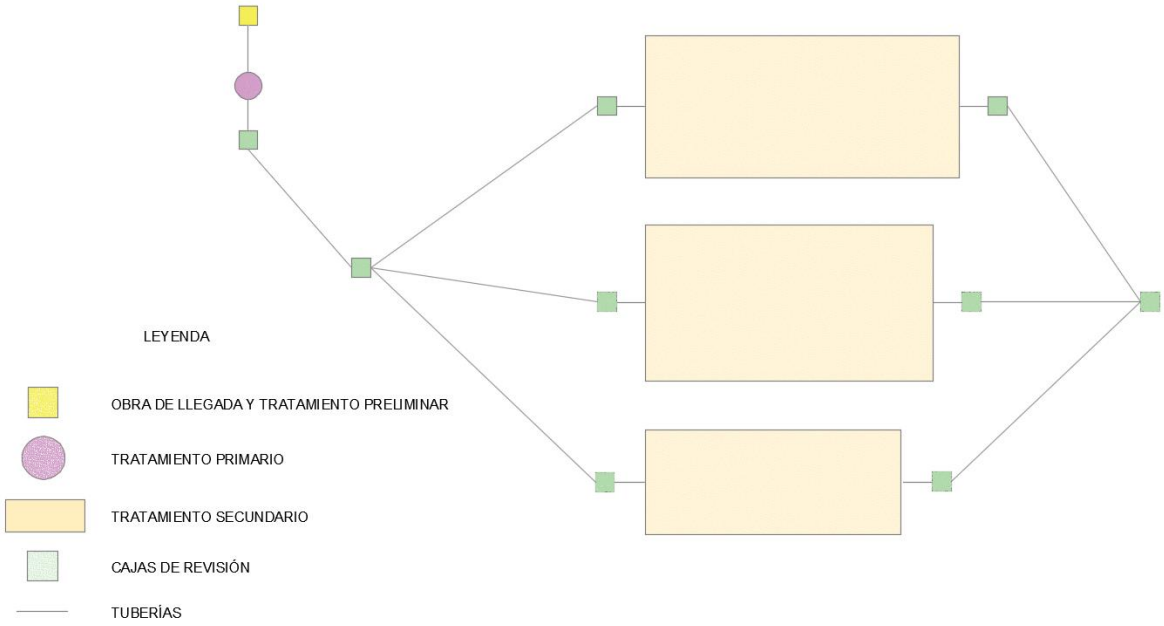


Figura - 1: Concepción General del sistema.

A continuación, se explica los componentes de cada una de las etapas que se involucran en el tratamiento:

- **Obra de llegada y tratamiento preliminar**

La obra de llegada es una caja de revisión ubicada al inicio del sistema que recepta las aguas, esta se encuentra conectada por una tubería a la última caja de revisión del edificio del CISeAL, aguas arriba.

Es preciso establecer que el caudal, al ser tan pequeño y no uniforme, no puede ser medido en sitio por lo que se decide no aplicar sistemas de medidores de caudal, al inicio del sistema. De igual manera, no se requiere de estructuras que regulen el caudal de entrada debido a que las estructuras están diseñadas para soportar la producción de AR en el horizonte de diseño.

La conexión entre la última caja de revisión del edificio y la obra de llegada es a través de una tubería de alcantarillado de 160 mm y con pendiente de 2.862%, como se expone a continuación:

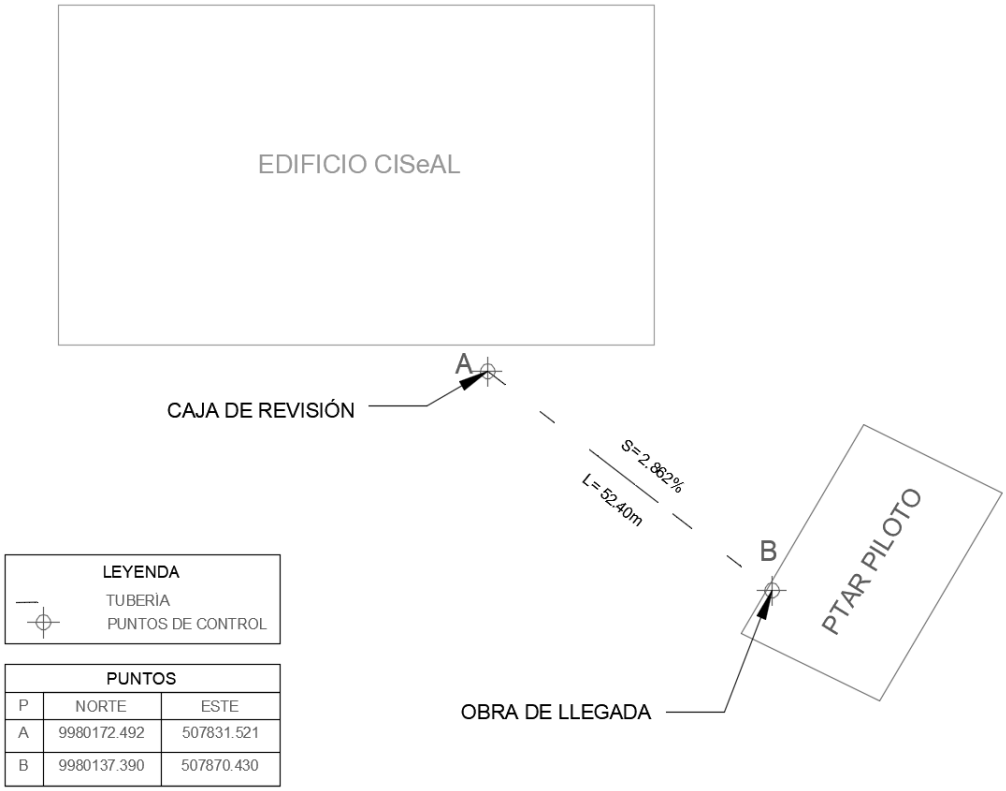


Figura - 2: Esquema de implantación de la tubería que conecta la última caja de revisión con el proyecto.

Las características hidráulicas de la tubería son las siguientes:

Característica	Símbolo	Unidad	Valor
Forma			Circular
Dimensiones		m	r = 0.160
Pendiente	s	m/m	0.0353
Material del conducto			PVC
Rugosidad	n	$s/m^{1/3}$	0.010

Tabla - 1: Condiciones hidráulica de la tubería de entrada a la PTAR piloto.

El sistema de tratamiento está compuesto de la siguiente manera:

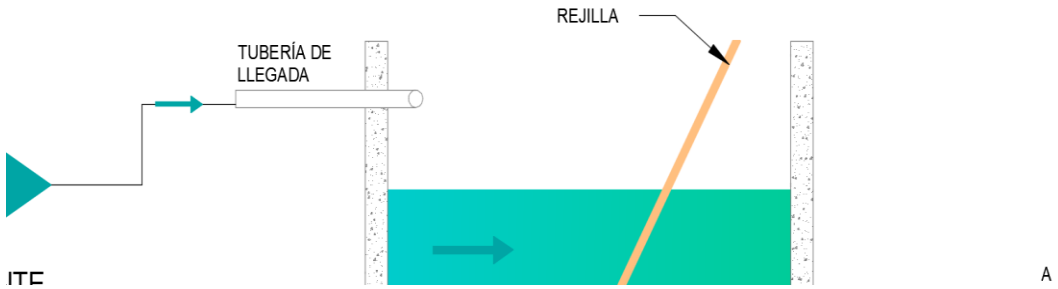


Figura - 3: Esquema de la obra de llegada.

Esta caja tiene un tamaño de 60x60x60 m, cumpliendo con las mínimas dimensiones establecidas en el Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C) (INEN, 1992).

Para asegurar el flujo se dispondrá de una pendiente que corresponda a que la tubería de entrada este 10 cm más arriba que la de salida (Damián & Chalán, 1994) como se muestra en el siguiente esquema de la obra de llegada con el tratamiento preliminar:

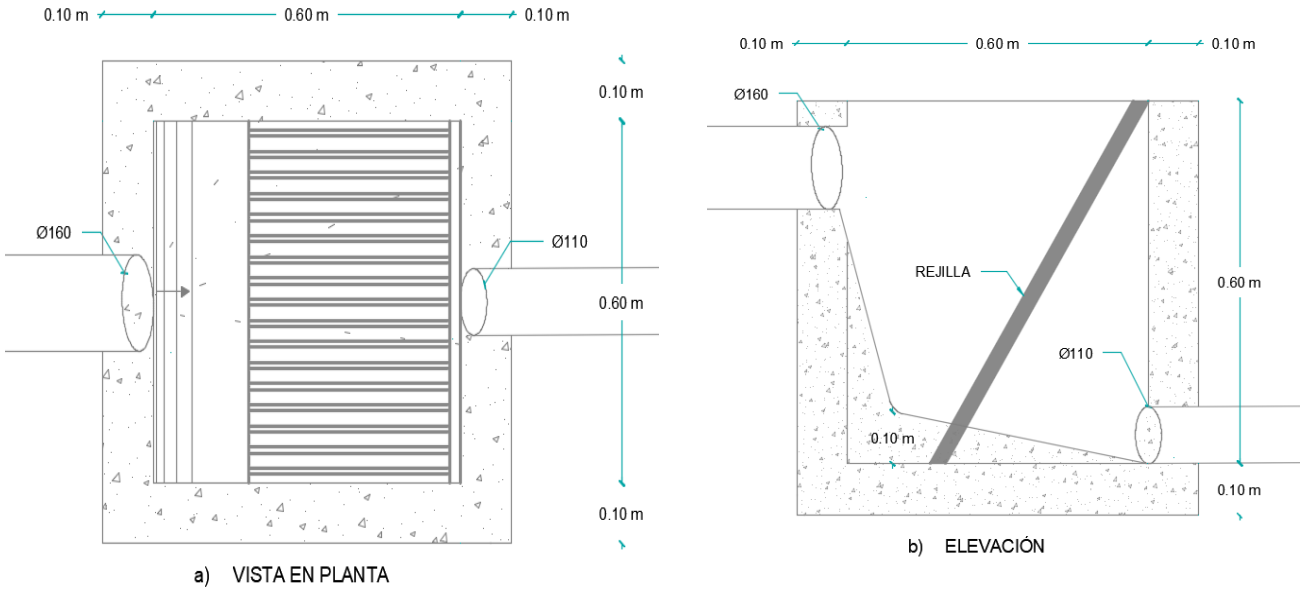


Figura - 4: Obra de llegada y tratamiento preliminar.

- **Tratamiento primario**

Para el tratamiento primario se utiliza un tanque séptico prefabricado ROTOPLAS autolimpiable de una capacidad de 600 litros, además se añade una caja donde se podrá obtener muestras del efluente sin necesidad de abrir el tanque. Se presenta el siguiente esquema:

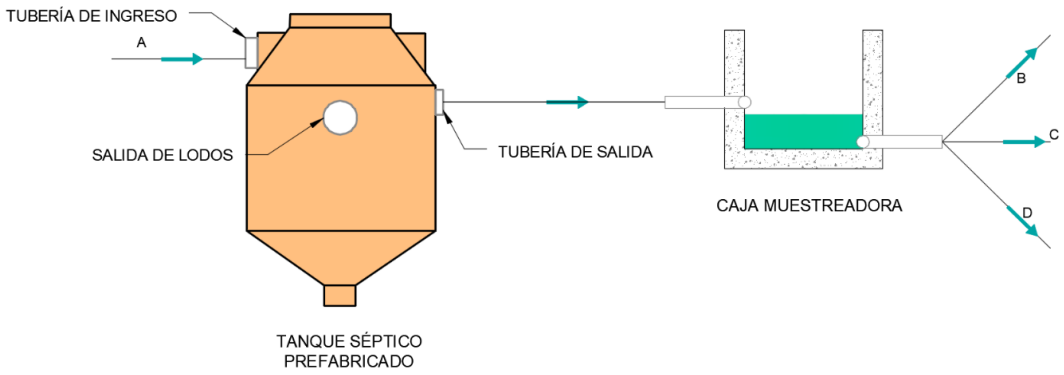
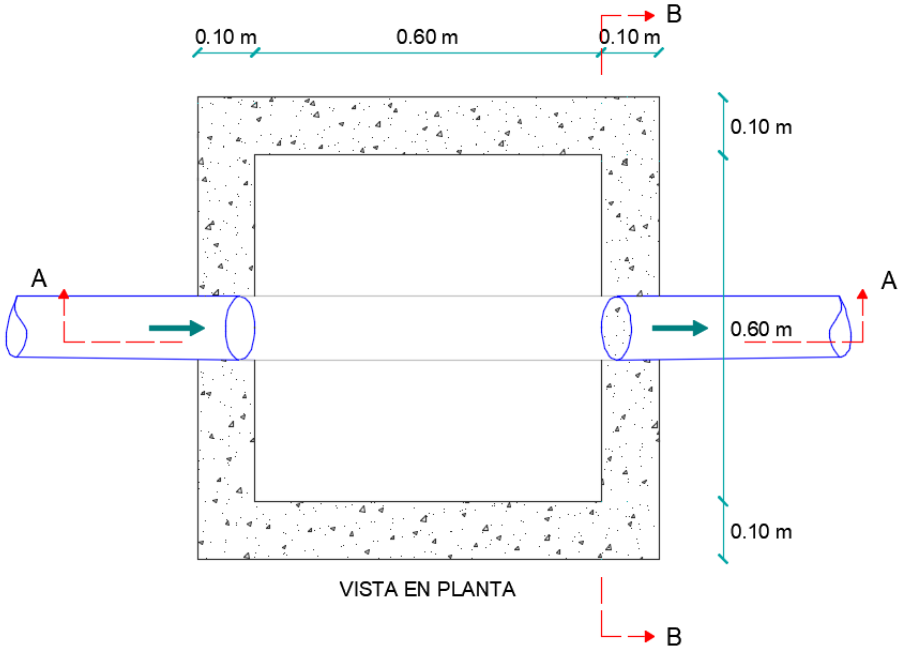
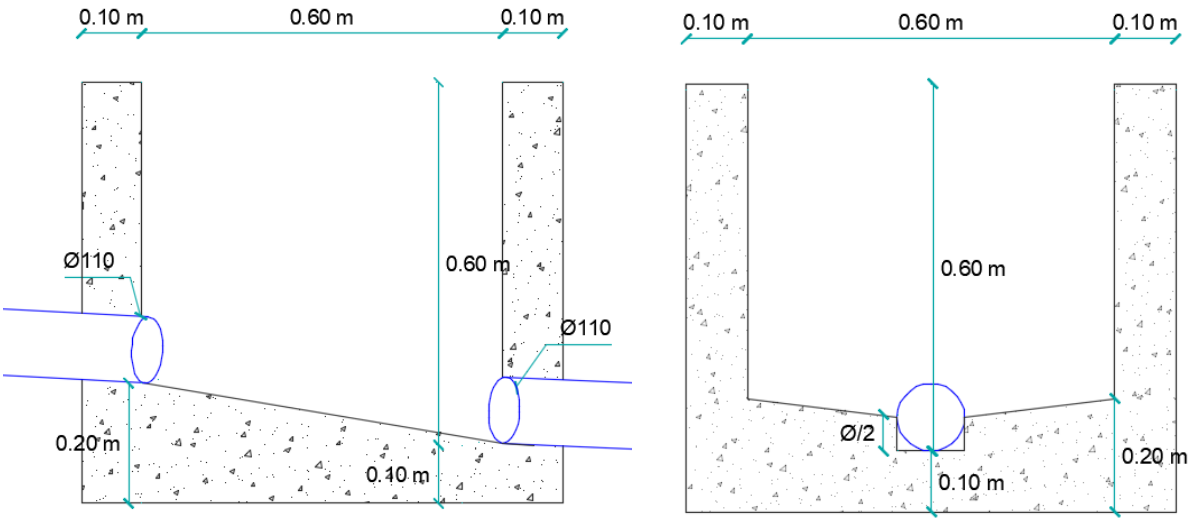


Figura - 5: Esquema tratamiento primario.

Esta caja como el resto tendrá las dimensiones mínimas como se presentan a continuación:



c) Vista en planta de la caja de evacuación de humedales.



e) Elevación de la caja de evacuación de humedales.

f) Corte transversal de la caja de evacuación de los humedales.

Figura - 6: Caja de evacuación de los humedales.

Para la conexión entre tratamientos existirá una tubería de 110 mm corrugada con una pendiente de 1.5%, seleccionada con el fin de cumplir la velocidad mínima, 0.45 m/s, requeridas para tuberías menores a 200 mm por la OPS, cuya longitud dependerá del espacio requerido para la circulación donde mínimo será 1 m.

- **Tratamiento secundario**

Para el tratamiento secundario se dispondrán tres lagunas o espacios físicos, que podrán albergarán distintos tipos de sistemas de tratamiento biológico. Con ello se procede a combinar los siguientes sistemas en los diferentes espacios disponibles:

Laguna No. 1:

- Humedal Artificial con macrófitas flotantes.
- Humedal Artificial Superficial con macrófitas emergentes.

Laguna No. 2:

- Humedal Artificial Subsuperficial de flujo horizontal con macrófitas emergentes.

Laguna No. 3:

- Lechos de Turba
- Humedal Artificial Subsuperficial de flujo vertical con macrófitas emergentes.

El diseño de las lagunas servirá para más de un tipo de tratamiento, debido a que las dimensiones, sistemas de distribución y recolección de agua, y elementos dispuestos para el muestreo del agua son similares y adaptables a varios sistemas de tratamiento por lo que la laguna No. 1 y 3 pueden albergar a más de un tipo de TNC, más no combinar sistemas de tratamiento.

Se presenta a continuación el esquema de las lagunas:

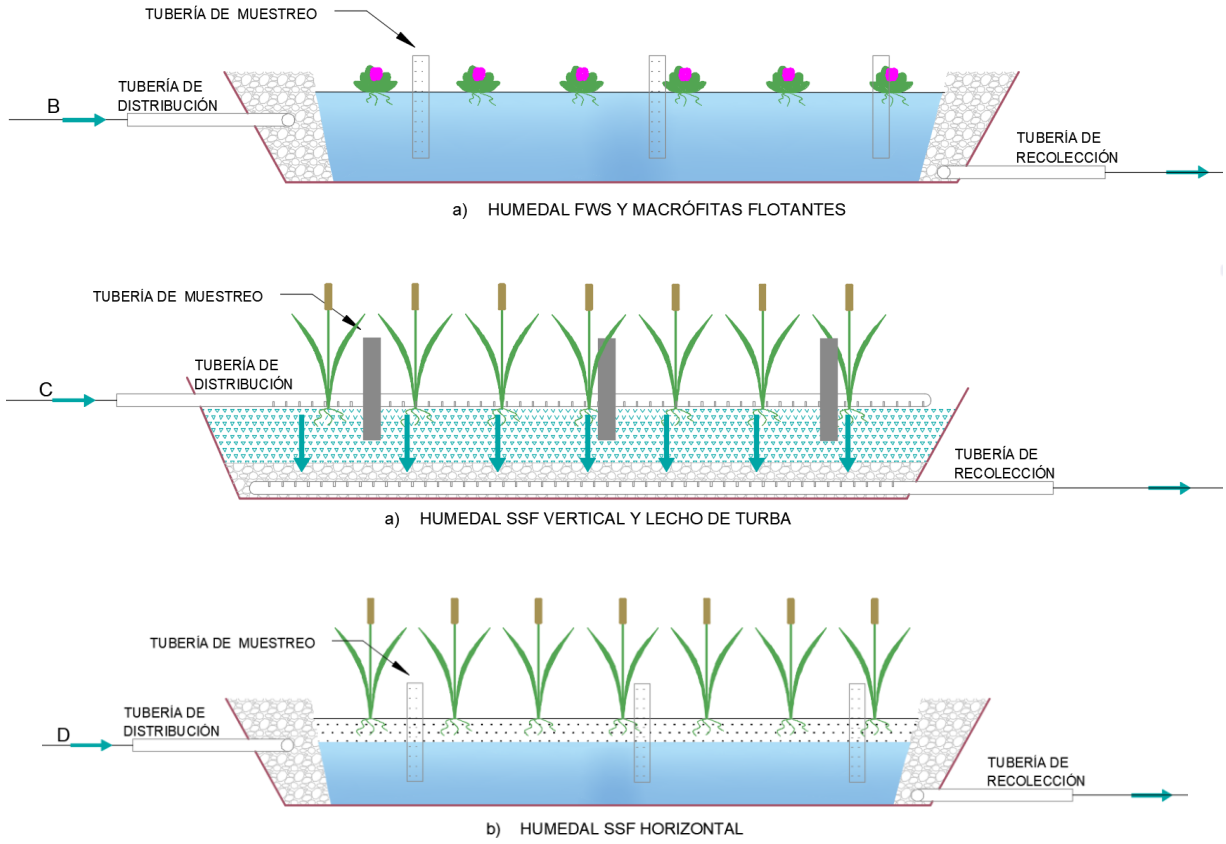


Figura - 7: Esquema de tratamiento secundario. Adaptado de: (Salas, Pidre, & Sánchez, 2007)

Las características de las tres lagunas son:

	LAGUNA No.		
	1	**2**	**3**
Funcionamiento	Humedal FWS y humedal de macrófitas flotantes	Humedal SSF de flujo horizontal	Humedal SSF de flujo vertical y lecho turba
Profundidad (m)	0.3	0.75	0.6
Vegetación	carrizo	carrizo	carrizo
Empaque	No empleado	Granular con n= 0.36	Granular con cu= 1% Turba
Eficiencia de remoción de DBO	85%	85%	85%
Área (m^2)	24.00	18.42	17.50
Largo (m)	8.50	7.00	7.30
Ancho (m)	3.00	2.80	2.50

Tabla - 2: Características del tratamiento secundario.

- **Obra de descarga**

Las AR procedentes de las tres lagunas serán arrojadas a una caja de revisión común para luego ser conducidas al alcantarillado del campus.

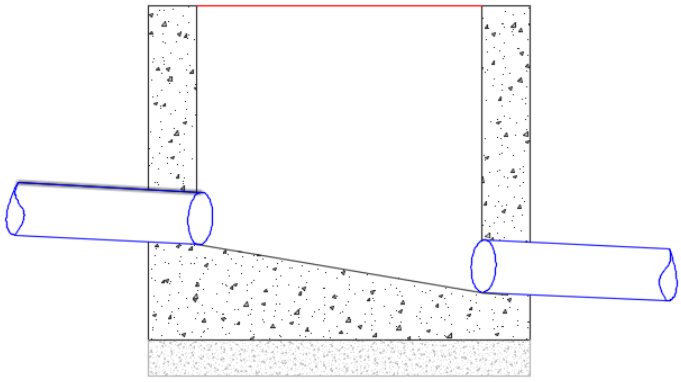


Figura - 8: Obra de descarga.

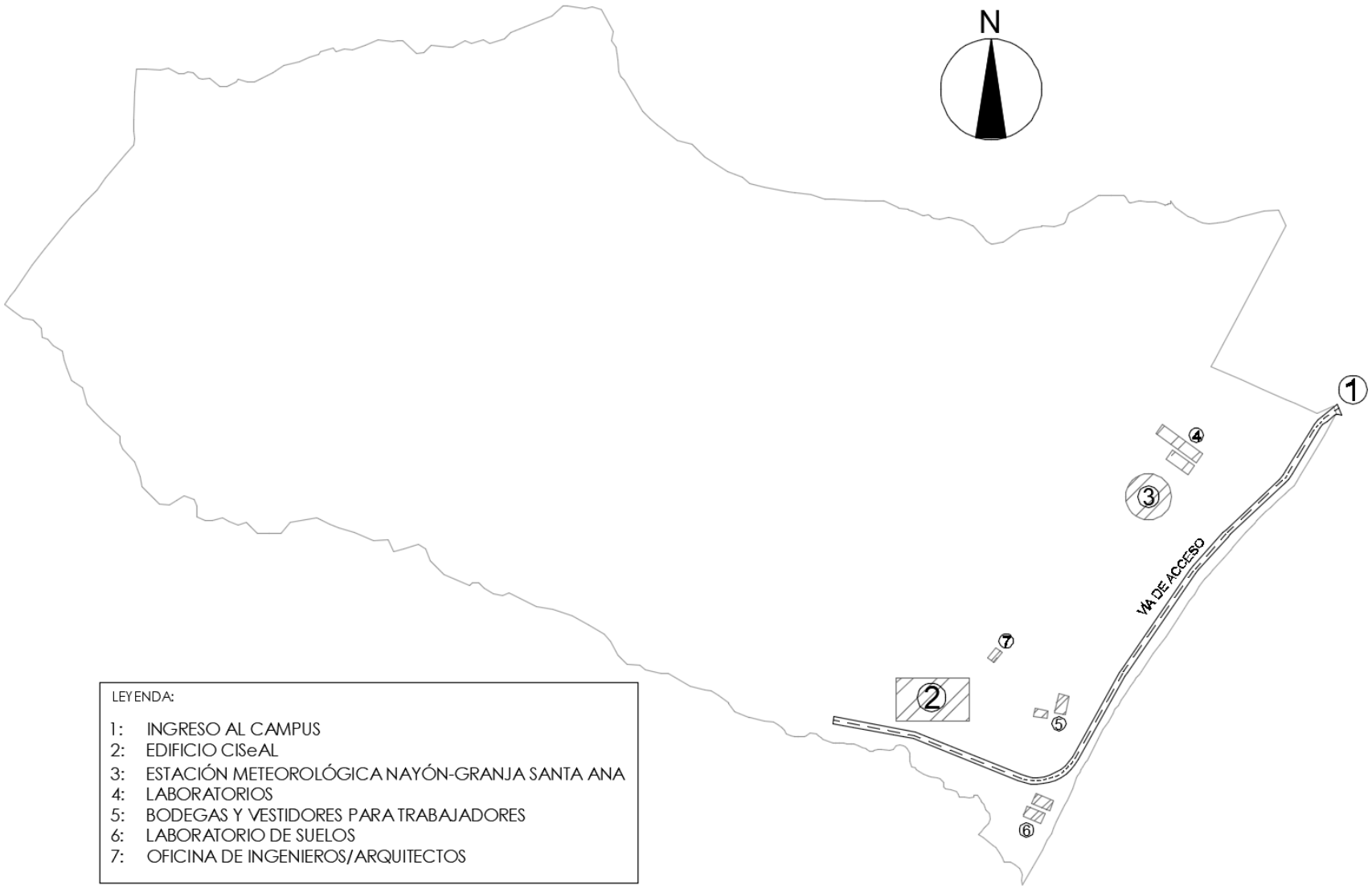
Estas cajas recolectarán las aguas para luego ser conducidas al alcantarillado.

- **Diagnóstico actual**

El campus de Nayón tiene un área de terreno de 740.000 m2 y un área construida de 283 m2, cuya infraestructura existente en el campus corresponde a menos del 1% de la superficie total del campus. Entre la infraestructura existente y en funcionamiento se encuentran:

- **Edificio del Centro de Investigaciones para la Salud de América Latina (CISeAL):** es la infraestructura que se encuentra en funcionamiento desde el 2016, su principal objetivo es la investigación de las enfermedades infecciosas en el Ecuador. Tiene una superficie total construida de 9,381 m2, distribuidos en 6 plantas.
- **Estación meteorológica Nayón-Granja Santa Ana:** en funcionamiento desde el año 2006, su objetivo medir y registrar regularmente las condiciones meteorológicas como la temperatura, precipitación, velocidad de los vientos y humedad.
- **Bodegas y vestidores:** es infraestructura provisional destinada para el almacenamiento de materiales y vestuario para los trabajadores encargados del mantenimiento de las instalaciones.
- **Laboratorio de Suelos:** el laboratorio de materiales de construcción de la PUCE cuenta con una extensión en el campus Nayón, cuyo funcionamiento actualmente es para el análisis de suelos y prácticas con los estudiantes de ingeniería civil.
- **Oficinas de proyectos:** la oficina se encuentra habilitada y en ella se realiza la administración de la construcción del campus.

A continuación, se presenta el siguiente mapa en el que se indica la ubicación de las infraestructuras mencionadas:



Mapa 1 -Ubicación de la infraestructura existente en el campus Nayón PUCE.

Agua Potable

- La red actual de agua potable tiene una fuente de abastecimiento proveniente de dos conexiones domiciliarias que se toman de la red principal de agua potable de las urbanizaciones San Pedro del Valle e Inchapichu.
- Actualmente tiene el 100% de cobertura para las infraestructuras existentes.
- El sistema de distribución del agua potable la conforma una malla tuberías de PVC de diámetro nominal de 63 mm, cuyo funcionamiento es a gravedad.
- El edificio del CISeAL es la única estructura que es ocupada actualmente y, por tanto, el principal y único consumidor.
- Su sistema de abastecimiento de agua potable se conforma de dos sistemas por separado, el primero de tuberías de polipropileno que conducen agua fría y que se distribuye en todo el edificio; y el segundo constituido por tuberías galvanizadas que conduce agua caliente, que puede alcanzar temperaturas de más de 20°C, y que se distribuye únicamente en el lado norte del edificio.

Alcantarillado

- El sistema de alcantarillado fue diseñado y construido por la PUCE, y actualmente tiene el 100% de cobertura para las infraestructuras existentes.
- El sistema de drenaje de aguas residuales del edificio del CISeAL está constituido por tuberías corrugadas de 160 mm y este es separado en: AR domésticas, lluvias y AR con residuos químicos.
- La evacuación de las aguas de igual manera se puede dividir en dos: el lado norte en la que funcionan laboratorio y el lado sur donde funcionan oficinas y aulas.
- Las AR domésticas son conducidas hasta las cajas de revisión, ubicadas al lado sur del edificio, para luego ser evacuadas al sistema de alcantarillado del campus. Las aguas con residuos químicos son evacuadas a las cajas de revisión del lado norte del edificio, y posteriormente al alcantarillado del campus. Las AR provenientes de lluvias son conducidas a sus cajas de revisión, distribuidas en lado norte y sur del edificio, y arrojadas al alcantarillado.
- Las tuberías de alcantarillado, que son las encargadas de recolectar todas las AR, tienen un diámetro de 210 mm que las conducen hacia a un drenaje colector que se encuentra al costado oeste de la vía de acceso y que evacúa las aguas hacia el sistema de alcantarillado público.

1.3. Descripción de componentes de infraestructura

Componente	Descripción
Tuberías de alcantarillado	2 tuberías de 160 mm, enterradas a mínimo a 1.20 m del nivel del suelo natural. La primera conecta el edificio con la PTAR piloto, y la segunda conecta el fin de la PTAR con el alcantarillado.
Cajas de revisión	Son cajas de 60x60x60 m que permiten la toma de muestras de agua, construidas de hormigón f'c=210 kg/cm^2.
Rejilla	Rejilla metálica en ángulo de 60° de hierro de varilla de 10 mm, esta servirá de tratamiento preliminar.
Biodigestor	Una cámara hermética donde se acumulan residuos orgánicos mediante un proceso natural de bacterias presentes en los excrementos que descomponen el material contenido en metano y en fertilizante.
Lagunas	Es el espacio en el que se dispondrá el tratamiento secundario. Este sitio contará con impermeabilización mediante geomembranas, su distribución y recolección de aguas se las realizará con tuberías de 110 mm perforadas. Albergará a la vegetación y suelo necesario para el tratamiento de las aguas residuales.
Vegetación para tratamiento	Las macrófitas acuáticas son plantas que habitan en ambientes acuáticos e inundables, para lo cual realizan diversas adaptaciones que permitan el desarrollo, crecimiento, e incluso la reproducción bajo condiciones de inundación permanente.
Turba	La turba es un tipo de humus que se forma en condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua, que será ocupada para la filtración de agua. Utilizada como alternativa para el tratamiento secundario
Plataforma de hormigón simple f'c=2010 kg/cm^2	Servirá para la deposición de los lodos utilizados en el proceso de tratamiento, estos serán desalojados en esta plataforma para su deshidratación.
Agua residual doméstica	Aquellas que provienen del uso del agua de abastecimiento en diversas dentro del edificio del CISeAL.
Lodos y vegetación residuales	Son los residuos obtenidos después del tratamiento de aguas residuales.

Tabla - 3: Componentes de la infraestructura.

1.4. Árbol de acciones

Para el árbol de acciones se ha tomado en cuenta la fase de construcción y operación.

FASE	COMPONENTES	ACCIONES
Construcción	Tuberías de alcantarillado	• Limpieza y desbroce. • Replanteo y nivelación. • Resanteo de zanja. • Excavación de zanja con maquinaria. • Excavación de zanja a mano • Desalojo de material. • Instalación de la estructura. • Relleno compactado
	Cajas de revisión	• Limpieza y desbroce. • Replanteo y nivelación. • Excavación de mano. • Desalojo de material. • Encofrado. • Vertido de hormigón.
	Biodigestor	• Limpieza y desbroce. • Replanteo y nivelación. • Excavación de mano. • Desalojo de material. • Vertido de hormigón. • Instalación de la estructura.
	Lagunas	• Limpieza y desbroce. • Replanteo y nivelación. • Excavación de zanja con maquinaria. • Excavación con maquinaria. • Desalojo de material. • Conformación de taludes a mano • Resanteo de estructura • Colocación de geomembrana

FASE	COMPONENTES	ACCIONES
	Lagunas (continuación)	• Relleno con subbase clase III • Instalación de vegetación.
Construcción	Vegetación para tratamiento	• Instalación
	Turba	• Relleno y conformación
	Plataforma de hormigón simple f'c=2010 kg/cm^2	• Limpieza y desbroce. • Replanteo y nivelación. • Excavación con maquinaria. • Desalojo de material. • Conformación y compactación de subbase clase III. • Colocación de malla electrosoldada • Vertido de hormigón.
Operación	Aguas residuales domésticas	• Tratamiento de aguas residuales.
	Lodos y vegetación residual	• Disposición en plataforma de secado de lodos. • Transporte de escombros

Tabla - 4: Árbol de acciones.

2. Línea base

2.1. Área de influencia directa

- **Etapa de construcción**

El área de influencia directa de nuestro proyecto fue escogida en función de la zona en la cual se va a ejecutar el proyecto con una visión a tratar de integrar las zonas que serán más afectadas durante la etapa de construcción.

En la etapa de construcción, la zona incluye las áreas de mayor dispersión de ruido y polvo, que son los productos que pueden alterar de mayor manera, está tendrá un radio de 50 metros desde el centro del proyecto dando así un área de 7854 m^2.

También se incluye el trayecto del desalojo de la obra, que es momentáneamente cerca de la zona de los laboratorios de suelos.



Ortofotografía - 2: Área de influencia directa de la fase de construcción. Adaptado de: Google Inc.

Esta zona incluye las áreas de mayor dispersión de ruido y polvo, por lo que la medida transversal al curso de la ruta del proyecto es aproximadamente 25 metros a cada lado del eje de la vía, dando así un área de influencia directa de 3190.90 m^2.



Ortofotografía - 3: Área de influencia del transporte de los escombros. Adaptado de: Google Inc.

2.2. Descripción de componentes ambientales

Componente	Descripción
Subsistema natural: medio físico	
Clima	De acuerdo con los registros de la estación Granja Santa Ana- Nayón del INAMHI, se ha obtenido una temperatura media anual de 16.7°C la, con precipitaciones medias de 952.8 mm y con una humedad relativa de 75%, lo cual hace definir al clima del campus Nayón como ecuatorial megatérmico semihúmedo a húmedo.
Geomorfología	En general, el terreno posee pendientes en sentido oeste-este, entre el 3%-12% definiéndolo, así como un terreno ondulado. La zona boscosa, al noroeste del campus, posee pendientes, en sentido oeste-este, entre el 12%-15% por lo que se lo puede definir como un terreno montañoso.
Suelo	Según los ensayos de suelo realizados por el Laboratorio de materiales de construcción y suelos de la PUCE, en distintos puntos donde se realizaron perforaciones dentro del campus se puede establecer la presencia predominante de limos arenosos inorgánicos del tipo ML y arenas limosas del tipo SM con baja humedad, de muy buena consistencia y compacidad.
Aire	El aire se encuentra a percepción limpio, no se evidencia presencia de malos olores.
Subsistema natural: medio biótico	
Vegetación y flora	La vegetación herbácea y del tipo de matorrales es la más predominante en el área del proyecto. Existe una flora, en general se da presencia de especies que son comunes de zonas áridas.
Fauna	Se puede apreciar algunas especies de aves, que tienen sus hábitats en la zona del bosque seco del campus.
Subsistema natural: medio perceptual	
Paisaje	La primera apreciación es la vía de acceso conformada por lastre, pero por lo general se conforma de un bosque seco, en las zonas pobladas se puede apreciar las estructuras antes ya mencionadas en apartados anteriores.

Componente	Descripción
Subsistema humano: medio territorial	
Uso de suelo	El IRM del predio del campus Nayón de la PUCE, establece al campus como suelo rural dividiendo su uso en dos usos: (i) equipamiento y (ii) protección ecológica/conservación del patrimonio natural
Asentamientos poblaciones	Los núcleos poblacionales que se encuentran en el campus son flotantes, es decir, no residen ahí, pero realizan actividades que comprenden la mayoría de su tiempo en las instalaciones.
Infraestructura de conexión	La estructura de esta vía de acceso es de lastre y es la única que permite el acceso al campus. El proyecto no interfiere con ella, pero aún así requiere de la utilización de la única calle dentro del campus para el transporte de los recursos materiales y humanos.
Subsistema humano: medio de los núcleos habitados	
Servicio de equipamiento	El proyecto se encuentra cercano a la zona de los laboratorios del Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL) y a la estación meteorológica Granja Santa Ana-Nayón.
Subsistema humano: medio socio cultural	
Poblaciones humanas	Es población solo de tránsito (no residente) que se dedica a actividades administrativas y de investigación, por lo que solo vería afectada en ciertas horas durante su fase de construcción.
Patrimonio Natural	El campus contiene un uso de suelo de protección ecológica/conservación del patrimonio natural, se establece que su objetivo es la conservación de la diversidad biológica que existe. La ordenanza metropolitana No. 0127 permite el desarrollo de actividades dentro de este tipo de uso de suelo siempre y cuando los parámetros de construcción sean amigables con el medio ambiente y mientras que el proyecto a implantarse sea compatible con el medio.

Tabla - 5: Descripción de componentes ambientales.

2.3. Árbol de factores ambientales

Sistema	Medio	Componente	Factor ambiental
Natural	Físico	Clima	• Disminución de temperaturas • Precipitaciones • Dirección de los vientos
		Geomorfología	• Topografía y relieve • Pendiente
		Aire	• Calidad del aire • Monóxido de carbono (CO) • Partículas de polvo • Olor • Nivel de ruido
		Suelo	• Capacidad portante • Erosionabilidad • Estabilidad
	Biótico	Vegetación y flora	• Bosques • Matorrales • Matorral enano • Herbáceos • Vasculares • No vasculares
		Fauna	• Aves
	Perceptual	Paisaje	• Cuenca visual • Calidad • Singularidad • Fragilidad

Sistema	Medio	Componente	Factor ambiental
Humano	Territorial	Uso de suelo	• Uso de equipamiento • Uso de patrimonio natural
	Territorial	Asentamientos poblacionales	• Condiciones de circulación • Infraestructura existente
		Infraestructura de conexión	• Red de caminos y vías.
	Medios de los núcleos habitados	Servicio y equipamiento	• CISeAL
	Medio socio cultural	Población humana	• Áreas recreativas • Vida tradicional • Salud publica • Comodidad y movilidad
		Patrimonio natural	• Área protegida

Tabla - 6: Árbol de factores ambientales.

2.4. Peso relativo de los factores ambientales

La técnica utilizada es el método intuitivo que consiste que bajo un criterio propio se coloca un valor entre 1 y 10 que corresponde a la importancia del factor ambiental, donde 1 es el valor de menos importancia y 10 el de mayor. Con los valores ya establecidos se repartió 1000 puntos en todos los factores seleccionados.

Cabe mencionar que, aunque el método es muy subjetivo se ha decido hacer este método debido a que se busca de manera simplificada y rápida realizar un análisis de impactos ambientales.

Se presenta los siguientes pesos relativos:

Sistema	Medio	Componente	Factor ambiental	Puntaje	%	/1000pts.
NATURAL	Físico	Geomorfología	Topografía y relieve	5.00	3.00%	30
			Pendiente	5.00	3.00%	30
		Aire	Calidad del aire	7.00	4.00%	40
			Monóxido de carbono (CO)	4.00	2.00%	20
			Partículas de polvo	8.00	4.00%	40
			Olor	8.00	4.00%	40
			Nivel de ruido	8.00	4.00%	40
		Suelo	Capacidad portante	3.00	2.00%	20
			Erosionabilidad	5.00	3.00%	30
			Estabilidad	3.00	2.00%	20
	Biótico	Vegetación y flora	Matorrales	7.00	4.00%	40
			Matorral enano	7.00	4.00%	40
			Herbáceos	7.00	4.00%	40
			Vasculares	3.00	2.00%	20
			No vasculares	3.00	2.00%	20
		Fauna	Aves	7.00	4.00%	40
	Perceptual	Paisaje	Cuenca visual	8.00	4.00%	40
			Calidad	8.00	4.00%	40
			Singularidad	8.00	4.00%	40
			Fragilidad	8.00	4.00%	40
HUMANO	Territorial	Uso de suelo	Equipamiento	7.00	4.00%	40
			Patrimonio natural	4.00	2.00%	20
		Asentamientos poblacionales	Condiciones de circulación	7.00	4.00%	40
			Infraestructura existente	6.00	3.00%	30
		Infraestructura de conexión	Red de caminos y vías	6.00	3.00%	30
	Núcleos habitados	Servicio y equipamiento	CISeAL	7.00	4.00%	40
	Socio cultural	Población humana	Áreas recreativas	8.00	4.00%	40
			Vida tradicional	6.00	3.00%	30
			Salud publica	6.00	3.00%	30
			Comodidad y movilidad	5.00	3.00%	30
TOTAL				184.00	100.00%	1000

Tabla - 7: Pesos relativos de los factores ambientales.

3. Identificación de factores ambientales

Para esta matriz, se ha identificado la relación entre factores y acciones. Los factores pertenecientes al medio clima y los factores ambientales bosques y patrimonio natural, han sido eliminados debido a que se ha considerado que no tienen interacción con alguna de las acciones. Se presenta a continuación la matriz de identificación:

				CONSTRUCCIÓN																		OPERACIÓN		
Sistema	**Medio**	**Componente**	**Factor ambiental**	**LIMPIEZA Y DESBROCE**	**REPLANTEO Y NIVELACIÓN**	**EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINARIA**	**EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO**	**EXCAVACIÓN A MÁQUINA**	**EXCAVACIÓN A MANO**	**RESANTEO DE ZANJAS Y ESTRUCTURAS**	**ACARREO DE MATERIAL**	**RELLENO COMPACTADO DE MATERIAL DE EXC.**	**CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO**	**ARMADO DE ENCOFRADO**	**VERTIDO DE HORMIGÓN**	**COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANAS**	**RELLENO Y CONFORMACIÓN DE SUBBASE**	**RELLENO Y CONFORMACIÓN DE TURBA**	**COLOCACIÓN DE VEGETACIÓN**	**INSTALACIÓN DE TUBERÍAS**	**INSTALACIÓN DE BIODIGESTOR**	**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**	**DISPOSICIÓN DE LODOS EN PLATAFORMA**	**TRANSPORTE DE ESCOMBROS**
NATURAL	Físico	Geomorfología	Topografía y relieve	X		X		X																
			Pendiente	X		X		X																
		Aire	Calidad del aire			X		X			X											X	X	
			Monóxido de carbono (CO)			X		X			X				X									X
			Partículas de polvo	X		X	X	X	X	X		X	X				X	X	X	X	X		X	
			Olor			X		X			X				X							X	X	
			Nivel de ruido			X		X				X			X									
		Suelo	Capacidad portante			X		X		X							X	X						
			Erosionabilidad	X		X	X	X	X	X		X	X											
			Estabilidad	X		X	X	X	X	X		X	X				X	X						
	Biótico	Vegetación y flora	Matorrales	X	X	X	X	X	X										X					
			Matorral enano	X	X	X	X	X	X										X					
			Herbáceos	X	X	X	X	X	X										X					
			Vasculares	X	X	X	X	X	X										X					
			No vasculares	X	X	X	X	X	X										X					
		Fauna	Aves	X		X	X	X	X													X	X	
	Perceptual	Paisaje	Cuenca visual	X		X	X	X	X						X		X	X	X			X	X	
			Calidad	X		X	X	X	X						X		X	X	X			X	X	
			Singularidad	X		X	X	X	X						X		X	X	X			X	X	
			Fragilidad	X		X	X	X	X						X		X	X	X			X	X	

				CONSTRUCCIÓN																			OPERACIÓN		
Sistema	Medio	Componente	Factor ambiental	LIMPIEZA Y DESBROCE	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINARIA	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO	EXCAVACIÓN A MÁQUINA	EXCAVACIÓN A MANO	RESANTEO DE ZANJAS Y ESTRUCTURAS	ACARREO DE MATERIAL	RELLENO COMPACTADO DE MATERIAL DE EXC.	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	ARMADO DE ENCOFRADO	VERTIDO DE HORMIGÓN	COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANAS	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE SUBBASE	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE TURBA	COLOCACIÓN DE VEGETACIÓN	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	INSTALACIÓN DE BIODIGESTOR	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	DISPOSICIÓN DE LODOS EN PLATAFORMA	TRANSPORTE DE ESCOMBROS
HUMANO	Territorial	Uso de suelo	Equipamiento																			X	X	
			Patrimonio natural																			X	X	
		Asentamientos poblacionales	Condiciones de circulación			X	X	X	X		X													X
			Infraestructura existente			X	X	X	X		X													X
		Infraestructura de conexión	Red de caminos y vías			X	X	X	X		X													X
	Núcleos habitados	Servicio y equipamiento	CISeAL			X	X	X	X		X				X							X	X	X
	Socio cultural	Población humana	Áreas recreativas	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
			Vida tradicional	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			Salud publica			X	X	X	X		X											X	X	X
			Comodidad y movilidad			X	X	X	X		X											X	X	X

Tabla - 8: Matriz de identificación,

4. Valoración cualitativa.

4.1. Método utilizado.

Para la valoración cualitativa se empleará el uso del método de valoración simple de Alfonso Garmendia (2005), en la que se determinará la incidencia o importancia del efecto. Consiste en valorar los atributos del factor ambiental recibe asignando valores prefijados de una escala.

La fórmula de cálculo:

$$Im = \pm(A + E + In + P + Rv + Rc)$$

Ecuación - 1: Cálculo de la importancia del impacto. (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005)

Donde:

Acumulación (A): distingue a los efectos como simples, acumulativos o sinérgicos según su relación con otros efectos.

Intensidad (In): se clasifican los impactos por el nivel de destrucción total en los factores.

Extensión (E): se califica al impacto en función de la superficie que se ve afectada.

Persistencia (P): trata de la perduración del impacto en el tiempo.

Reversibilidad (Lv): designa un valor según la capacidad del medio para revertir los impactos por medios naturales a medio plazo.

Recuperabilidad (Rc): cataloga al efecto según su capacidad de recuperarse o no de los impactos mediante el uso de medidas.

Los valores que toman cada atributo toman son los siguientes:

Valoración cualitativa			
Signo		**Acumulación (A)**	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	-	Acumulativo	3
		Sinérgico	5
Extensión (E)		**Intensidad (In)**	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	3	Alta	8
Persistencia (P)		**Reversibilidad (Rv)**	
Temporal	1	Reversible	1
Permanente	3	Irreversible	3
Recuperabilidad (Rc)			
Recuperable	1		
Irrecuperable	3		

Tabla - 9: Valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa simple. Adaptado de: (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005, pág. 239)

Con el valor obtenido de importancia no es posible analizar si el efecto es alto o bajo por tal motivo se debe normalizar el valor mediante la fórmula:

$$In = \pm \frac{(|Im| - Mínimo)}{(Máximo - Mínimo)}$$

Ecuación - 2: Fórmula normalizada. (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005)

Donde el valor Mínimo es el mínimo valor, en valor absoluto, que se puede obtener mediante la escala, para el método empleado dicho valor es de 6 y el máximo es el máximo valor obtenido con la fórmula y con los máximos valores establecidos en la escala, el valor es de 25.

La tabla de valoración cualitativa se presenta en el

Anexo No. 16 - Valoración cualitativa del impacto ambiental.

5. Análisis de impactos.

Tomando en cuenta la evaluación se puede establecer que el mayor impacto se produce en la fase de construcción debido a la presencia de maquinaria, herramientas y materiales que no pertenecen al medio.

Aún así se puede establecer que de las 197 interacciones en la fase de construcción que se tiene entre las interacciones factores ambientales y acciones se han obtenido:

- 5 impactos negativos y 8 impactos positivos de intensidad severa.
- 42 impactos negativos de intensidad moderada.
- 142 impactos negativos y 5 positivos de intensidad irrelevante.

Mientras en la fase de operación de las 37 interacciones en la fase de construcción que se tiene entre las interacciones factores ambientales y acciones se han obtenido:

- 11 impactos negativos y 5 impactos positivos de intensidad moderada.
- 16 impactos negativos y 4 impactos positivos de intensidad irrelevante.

Los impactos ambientales todos son puntuales es decir que tienen un impacto de menos de 100 m debido a que la PTAR piloto tiene un área de influencia directa de construcción y operación de menos de 450 m^2 y de área de influencia de impactos de 7854 m^2.

Existen impactos parciales que corresponden a los acarreos y transporte de materiales o escombros, pero estas rutas deben ser planificadas para que genere el menor impacto ambiental.

En lo que respecta a la fase de construcción la duración de las actividades es corta (lo que dure la construcción según lo planificado) por lo que la mayoría de los impactos ambientales son temporales.

Mientras que en la fase de operación se tiene que los impactos son permanentes debido a que se considera que la planta está en funcionamiento constante, pero los impactos son reversibles ya que una vez terminadas dejan de actuar en la mayoría de los factores afectados.

De la evaluación se puede obtener que los factores ambientales que mejoran en la fase de operación son los pertenecientes al sistema natural, esto debido a que las tecnologías convencionales mejoran al componente paisaje. Por otro lado, el sistema humano es el que se ve más perjudicados debido a que se remueve un área recreativa y se obstaculiza la circulación cotidiana de los ocupantes.

Se presenta un análisis de los impactos más relevantes de cada fase:

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO

IMPACTO No. 2 **NOMBRE:** Modificación de la cuenca visual

ACCIÓN CAUSANTE: Excavación de zanjas con maquinaria
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: Cuenca visual

DESCRIPCIÓN:

La actividad se la realiza en la fase de la construcción, la apertura de zanjas para las tuberías de alcantarillado llevan consigo importantes obras de: explanación,desmontes, terraplenes, excavaciones que modifican el relieve natural y la topografìa de la zona del proyecto.

CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO:

ATRIBUTO:	CARACTERÍSTICA:
SIGNO	Negativo
INTENSIDAD	Media
EXTENSIÓN	Extenso
DURACIÓN	Temporal
ACUMULACIÓN	Acumulativo
REVERSIBILIDAD	Reversible
RECUPERABILIDAD	Irrecuperable

SITUACIÓN ACTUAL DEL FACTOR AMBIENTAL:

Ciertas zonas del proyecto se encuentran modificadas por los procesos constructivos de infraestructuras anteriores.

VALORACIÓN DEL EFECTO:

IRRELEVANTE:		MODERADO:	X
SEVERO:		CRÍTICO:	

NECESIDAD DE MEDIDAS:

Depositar en los sitios destinados para los lodos.
Programar la deposición de los lodos en los sitios establecidos, estos horarios no deben cuadrar con los horarios de trabajo.

VALORACIÓN CUANTITATIVA: NO APLICABLE

Tabla - 10: Descripción de impacto No. 1

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO

IMPACTO No. 2 **NOMBRE:** Presencia de olores

ACCIÓN CAUSANTE: Disposición de lodos
FACTOR AMBIENTAL AFECTADO: Olor

DESCRIPCIÓN:
La actividad de la disposición de lodos puede generar malos olores debido a que estos se deshidratan y estos emanan olores no agradables

CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO:

ATRIBUTO:	CARACTERÍSTICA:
SIGNO	Negativo
INTENSIDAD	Media
EXTENSIÓN	Parcial
DURACIÓN	Temporal
ACUMULACIÓN	Acumulativo
REVERSIBILIDAD	Reversible
RECUPERABILIDAD	Recuperable

SITUACIÓN ACTUAL DEL FACTOR AMBIENTAL:
Ciertas zonas del proyecto se encuentran modificadas por los procesos constructivos de infraestructuras anteriores.

VALORACIÓN DEL EFECTO:

IRRELEVANTE:		MODERADO:	X
SEVERO:		CRÍTICO:	

NECESIDAD DE MEDIDAS:
Descripción detallada de las excavaciones realizarse tomando en cuenta el estudio de suelos.
Definir sitios de desalojo del material de excavación.
Definir sitio de estacionamiento de la maquinaria.

VALORACIÓN CUANTITATIVA: NO APLICABLE

Tabla - 11: Descripción de impacto No. 2.

Comparando con PTAR de escala real podemos notar que el impacto ambiental generado por la PTAR piloto es sumamente insignificante además de que este proyecto general impactos positivos sobre todo para el sistema natural.

6. CONCLUSIONES

Después de la evaluación cualitativa se tiene de resultados que la actividad más perjudicial del proyecto en la fase de construcción es la de la excavación de zanjas con maquinaria ya que por el método arroja un valor de –0.215 puntos, esto se corrobora debido a que este es la actividad que requiere equipo pesado, desplazamientos extensos y movimientos de tierra considerables.

Para la fase operacional se ha obtenido que la acción más perjudicial es la disposición de lodos con un valor de -0.125, la justificación se puede dar debido a que estos son residuos que puede desequilibrar el medio.

El factor ambiental más afectado en la fase de construcción es la cuenca visual del medio, con una valoración de -0.139 puntos esto debido a que en la fase de construcción se verá intervenida por personas, herramientas, materiales y equipo pesado.

En la fase operacional, el factor más afectado es el olor, puesto que cualquier planta de tratamiento va a afectar con el olor. Aunque como intervienen medios naturales el olor puede ser casi imperceptible.

Anexo No. 16 - Valoración cualitativa del impacto ambiental

Leyenda	
Signo	Acumulación
Extensión	Intensidad
Persistencia	Reversibilidad
Recuperabilidad	
Im	
IN	

MÁX	25
MIN	6

Sistema	Medio	Componente	Factor ambiental	PESO RELATIVO	CONSTRUCCIÓN: LIMPIEZA Y DESBROCE	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINARIA	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO	EXCAVACIÓN A MÁQUINA	EXCAVACIÓN A MANO	RESANTEO DE ZANJAS Y ESTRUCTURAS	ACARREO DE MATERIAL	RELLENO COMPACTADO DE MATERIAL DE EXC.	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	ARMADO DE ENCOFRADO	VERTIDO DE HORMIGÓN	COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANAS	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE SUBBASE	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE TURBA	COLOCACIÓN DE VEGETACIÓN	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	INSTALACIÓN DE BIODIGESTOR	EVALUACIÓN ABSOLUTO	EVALUACIÓN RELATIVO	OPERACIÓN: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	DISPOSICIÓN DE LODOS EN PLATAFORMA	TRANSPORTE DE ESCOMBROS	EVALUACIÓN ABSOLUTO	EVALUACIÓN RELATIVO
NATURAL	Físico	Geomorfología	Topografía y relieve	30	-1 3 / 1 1 / 3 1 / 3 / -12 / -0.32 / MODERADO		-1 3 / 1 1 / 1 1 / 1 / -8 / -0.11 / IRRELEVANTE		-1 3 / 1 1 / 1 1 / 1 / -8 / -0.11 / IRRELEVANTE															-0.53	-0.016				0.00	0.000
			Pendiente	30	-1 3 / 1 1 / 3 1 / 3 / -12 / -0.32 / MODERADO		-1 3 / 1 1 / 1 1 / 1 / -8 / -0.11 / IRRELEVANTE		-1 3 / 1 1 / 1 1 / 1 / -8 / -0.11 / IRRELEVANTE															-0.53	-0.016				0.00	0.000
		Aire	Calidad del aire	40			-1 3 / 1 1 / 1 1 / 1 / -8 / -0.11 / IRRELEVANTE		-1 3 / 1 1 / 1 1 / 1 / -8 / -0.11 / IRRELEVANTE			-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE												-0.37	-0.015	-1 3 / 2 1 / 3 1 / 3 / -13 / -0.37 / MODERADO	-1 3 / 2 1 / 3 1 / 3 / -13 / -0.37 / MODERADO		-0.74	-0.029
			Monóxido de carbono (CO)	20			-1 3 / 3 1 / 1 1 / 1 / -10 / -0.21 / IRRELEVANTE		-1 3 / 3 1 / 1 1 / 1 / -10 / -0.21 / IRRELEVANTE			-1 1 / 3 1 / 1 1 / 1 / -8 / -0.11 / IRRELEVANTE				-1 3 / 3 1 / 1 1 / 1 / -10 / -0.21 / IRRELEVANTE								-0.74	-0.015			-1 3 / 3 1 / 1 1 / 1 / -10 / -0.21 / IRRELEVANTE	-0.21	-0.004
			Partículas de polvo	40	-1 1 / 2 4 / 1 1 / 1 / -10 / -0.21 / IRRELEVANTE		-1 3 / 2 4 / 1 1 / 1 / -12 / -0.32 / MODERADO	-1 3 / 2 4 / 1 1 / 1 / -12 / -0.32 / MODERADO	-1 3 / 2 4 / 1 1 / 1 / -12 / -0.32 / MODERADO	-1 3 / 2 4 / 1 1 / 1 / -12 / -0.32 / MODERADO	-1 3 / 2 4 / 1 1 / 1 / -12 / -0.32 / MODERADO		-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE	-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.05 / IRRELEVANTE				-1 3 / 2 4 / 1 1 / 1 / -12 / -0.32 / MODERADO	-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE	-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE	-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE	-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE	-2.95	-0.118		-1 3 / 3 1 / 1 1 / 3 / -12 / -0.32 / MODERADO		-0.32	-0.013
			Olor	40			-1 3 / 3 1 / 1 1 / 1 / -10 / -0.21 / IRRELEVANTE		-1 3 / 3 1 / 1 1 / 1 / -10 / -0.21 / IRRELEVANTE			-1 1 / 3 1 / 1 1 / 1 / -8 / -0.11 / IRRELEVANTE				-1 3 / 3 1 / 1 1 / 1 / -10 / -0.21 / IRRELEVANTE								-0.74	-0.029	-1 3 / 2 4 / 3 1 / 1 / -14 / -0.42 / MODERADO	-1 3 / 2 4 / 3 1 / 1 / -14 / -0.42 / MODERADO		-0.84	-0.034
			Nivel de ruido	40			-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE		-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE			-1 1 / 2 1 / 1 1 / 1 / -7 / -0.05 / IRRELEVANTE	-1 1 / 2 1 / 1 1 / 1 / -7 / -0.05 / IRRELEVANTE			-1 3 / 2 1 / 1 1 / 1 / -9 / -0.16 / IRRELEVANTE								-0.58	-0.023				0.00	0.000
		Suelo	Capacidad portante	20			-1 3 / 1 4 / 3 3 / 3 / -17 / -0.58 / SEVERO		-1 3 / 1 4 / 3 3 / 3 / -17 / -0.58 / SEVERO		-1 3 / 1 4 / 3 3 / 3 / -17 / -0.58 / SEVERO		-1 3 / 1 4 / 3 3 / 3 / -17 / -0.58 / SEVERO					-1 3 / 1 4 / 3 3 / 3 / -17 / -0.58 / SEVERO	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 3 / -17 / -0.58 / SEVERO				-3.47	-0.069				0.00	0.000
			Erosionabilidad	30	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO		-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO	1 3 / 4 3 / 3 3 / 3 / 17 / 0.58 / SEVERO		1 3 / 2 4 / 3 3 / 3 / 18 / 0.63 / SEVERO	1 3 / 4 3 / 3 3 / 3 / 17 / 0.58 / SEVERO									-0.58	-0.017				0.00	0.000
			Estabilidad	20	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO		-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO	-1 3 / 1 4 / 3 3 / 1 / -15 / -0.47 / MODERADO	1 3 / 4 3 / 3 3 / 3 / 17 / 0.58 / SEVERO		1 3 / 4 3 / 3 3 / 3 / 17 / 0.58 / SEVERO	1 3 / 4 3 / 3 3 / 3 / 17 / 0.58 / SEVERO				1 3 / 2 4 / 3 3 / 3 / 18 / 0.63 / SEVERO	1 3 / 2 4 / 3 3 / 3 / 18 / 0.63 / SEVERO				0.63	0.013				0.00	0.000

Leyenda	
Signo	Acumulación
Extensión	Intensidad
Persistencia	Reversibilidad
Recuperabilidad	
Im	
IN	

MÁX	25
MIN	6

Sistema	Medio	Componente	Factor ambiental	PESO RELATIVO	CONSTRUCCIÓN																		EVALUACIÓN		OPERACIÓN			EVALUACIÓN	
					LIMPIEZA Y DESBROCE	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINARIA	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO	EXCAVACIÓN A MÁQUINA	EXCAVACIÓN A MANO	RESANTEO DE ZANJAS Y ESTRUCTURAS	ACARREO DE MATERIAL	RELLENO COMPACTADO DE MATERIAL DE EXC.	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	ARMADO DE ENCOFRADO	VERTIDO DE HORMIGÓN	COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANAS	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE SUBBASE	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE TURBA	COLOCACIÓN DE VEGETACIÓN	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	INSTALACIÓN DE BIODIGESTOR	ABSOLUTO	RELATIVO	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	DISPOSICIÓN DE LODOS EN PLATAFORMA	TRANSPORTE DE ESCOMBROS	ABSOLUTO	RELATIVO
NATURAL	Biótico	Vegetación y flora	Matorrales	40	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE												1 3 1 1 3 1 1 10 0.21 IRRELEVANTE			-0.84	-0.034				0.00	0.000
			Matorral enano	40	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE												1 3 1 1 3 1 1 10 0.21 IRRELEVANTE			-0.84	-0.034				0.00	0.000
			Herbáceos	40	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE												1 3 1 1 3 1 1 10 0.21 IRRELEVANTE			-0.84	-0.034				0.00	0.000
			Vasculares	20	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE												1 3 1 1 3 1 1 10 0.21 IRRELEVANTE			-0.84	-0.017				0.00	0.000
			No vasculares	20	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE												1 3 1 1 3 1 1 10 0.21 IRRELEVANTE			-0.84	-0.017				0.00	0.000
		Fauna	Aves	40	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO		-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO														-1.58	-0.063	-1 1 1 1 3 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 1 1 1 3 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE		-0.21	-0.008
	Perceptual	Paisaje	Cuenca visual	40	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO		-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO						-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO		-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO	1 3 1 1 3 3 1 12 0.32 MODERADO			-3.47	-0.139	1 3 1 1 3 3 1 12 0.32 MODERADO	1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE		0.11	0.004
			Calidad	40	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO		-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO						-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO		-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	1 3 1 1 3 3 1 12 0.32 MODERADO			-2.21	-0.088	1 3 1 1 3 3 1 12 0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE		0.11	0.004
			Singularidad	40	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO		-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO						-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO		-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	1 3 1 1 3 3 1 12 0.32 MODERADO			-2.21	-0.088	1 3 1 1 3 3 1 12 0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE		0.11	0.004
			Fragilidad	40	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO		-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO	-1 3 1 4 3 3 1 -15 -0.47 MODERADO						-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO		-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	1 3 1 1 3 3 1 12 0.32 MODERADO			-3.00	-0.120	1 3 1 1 3 3 1 12 0.32 MODERADO	1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE		0.11	0.004

Leyenda	
Signo	Acumulación
Extensión	Intensidad
Persistencia	Reversibilidad
Recuperabilidad	
Im	
IN	

MÁX	25
MIN	6

Sistema	Medio	Componente	Factor ambiental	PESO RELATIVO	CONSTRUCCIÓN: LIMPIEZA Y DESBROCE	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MAQUINARIA	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO	EXCAVACIÓN A MÁQUINA	EXCAVACIÓN A MANO	RESANTEO DE ZANJAS Y ESTRUCTURAS	ACARREO DE MATERIAL	RELLENO COMPACTADO DE MATERIAL DE EXC.	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	ARMADO DE ENCOFRADO	VERTIDO DE HORMIGÓN	COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANAS	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE SUBBASE	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE TURBA	COLOCACIÓN DE VEGETACIÓN	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	INSTALACIÓN DE BIODIGESTOR	EVALUACIÓN ABSOLUTO	EVALUACIÓN RELATIVO	OPERACIÓN: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	DISPOSICIÓN DE LODOS EN PLATAFORMA	TRANSPORTE DE ESCOMBROS	EVALUACIÓN ABSOLUTO	EVALUACIÓN RELATIVO
HUMANO	Territorial	Uso de suelo	Equipamiento	40																			0.00	0.000		1 1 1 1 1 1 1 1 3 1 3 1 1 1 8 8 0.11 0.11 IRRELEVANTE IRRELEVANTE		0.21	0.008
			Patrimonio natural	20																			0.00	0.000		1 1 1 1 1 1 1 1 3 1 3 1 1 1 8 8 0.11 0.11 IRRELEVANTE IRRELEVANTE		0.21	0.004
		Asentamientos poblacionales	Condiciones de circulación	40			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE		-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE											-0.53	-0.021			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-0.11	-0.004
			Infraestructura existente	30			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE		-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE											-0.53	-0.016			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-0.11	-0.003
		Infraestructura de conexión	Red de caminos y vías	30			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE		-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE											-0.53	-0.016			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-0.11	-0.003
	Núcleos habitados	Servicio y equipamiento	CISeAL	40			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE		-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE				-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE								-0.63	-0.025	-1 3 1 4 3 1 1 -13 -0.37 MODERADO	-1 3 1 4 3 1 1 -13 -0.37 MODERADO	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-0.84	-0.034
	Socio cultural	Población humana	Áreas recreativas	40	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-2.11	-0.084	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO		-0.63	-0.025
			Vida tradicional	30	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1.89	-0.057	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -12 -0.32 MODERADO	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-0.74	-0.022
			Salud publica	30			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE		-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE											-0.53	-0.016	1 3 1 4 3 3 1 15 0.47 MODERADO	-1 3 1 1 3 3 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 2 1 1 1 -9 -0.16 IRRELEVANTE	0.11	0.003
			Comodidad y movilidad	30			-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE		-1 3 1 1 1 1 1 -8 -0.11 IRRELEVANTE											-0.53	-0.016	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 1 1 3 1 1 -10 -0.21 IRRELEVANTE	-1 3 2 1 1 1 1 -9 -0.16 IRRELEVANTE	-0.58	-0.017
ABSOLUTO				1000	-5.16	-1.26	-6.53	-5.05	-6.53	-4.00	0.05	-1.26	0.21	0.89	-0.21	-2.32	-0.21	-1.89	-1.74	1.95	-0.37	-0.37	-33.79		-0.37	-3.26	-0.84	-4.47	
RELATIVO				1	-0.176	-0.041	-0.215	-0.174	-0.215	-0.141	-0.003	-0.043	0.003	0.019	-0.007	-0.087	-0.007	-0.076	-0.069	0.071	-0.014	-0.014		-1.19	-0.014	-0.125	-0.025		-0.165

Anexo No. 17 - Presupuesto y análisis de precios unitarios.

PRESUPUES DISEÑO PTAR PILOTO CAMPUS PUCE NAYÓN

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	ALCANTARILLADO				
1	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	126.45	1.63	206.11
2	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	83.50	1.44	120.24
3	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	100.10	3.50	350.35
4	RASANTEO DE ZANJAS	m2	83.50	1.50	125.25
5	READOQUINADO DE CAMINERÍA	m2	4.50	11.09	49.90
6	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=160 mm	m	126.45	13.27	1,677.99
7	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS	m3	51.70	7.74	400.16
	OBRA DE LLEGADA Y TRATAMIENTO PRELIMINAR				
8	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	1.56	1.63	2.54
9	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	1.50	1.63	2.44
10	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	1.54	1.44	2.22
11	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	0.77	16.12	12.41
12	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	m3	1.10	11.30	12.43
13	RASANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	1.56	1.50	2.34
14	RASANTEO DE ZANJAS	m2	0.90	1.50	1.35
15	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.05	137.13	6.86
16	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	1.00	107.55	107.55
17	REJILLA, VARILLA 10 mm, ESPACIAMIENTO LIBRE 25 mm	u	1.00	168.07	168.07
18	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=110 mm	m	1.50	8.97	13.45
19	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MEN(	m3	0.50	5.46	2.73
	TRATAMIENTO PRIMARIO				
20	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	0.88	1.63	1.43
21	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	1.80	1.63	2.93
22	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	0.88	1.44	1.27
23	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	2.58	16.12	41.59
24	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.12	137.13	16.46
25	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x5mm	m2	0.88	6.08	5.35
26	BIODIGESTOR	u	1.00	353.76	353.76
27	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	m3	1.65	11.30	18.64
28	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=50 mm	m	1.80	8.97	16.15
29	RASANTEO DE ZANJAS	m2	0.88	1.50	1.32
30	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MEN(	m3	0.80	5.46	4.37
31	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	2.00	107.55	215.10
	TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 1				
32	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	52.68	1.63	85.87
33	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	52.68	1.44	75.86
34	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	9.04	16.12	145.72
35	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	44.33	6.14	272.19
36	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m3.km	656.56	0.32	210.10
37	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	m2	21.86	3.50	76.51
38	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	26.86	1.50	40.29
39	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	m2	54.93	5.24	287.83
40	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	m	7.80	10.84	84.55
41	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	pto	4.00	5.61	22.44
42	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	u	45.00	2.16	97.20
43	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.10	137.13	13.16
44	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	2.00	107.55	215.10
45	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	u.km	540.00	0.03	16.20
	TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 2				
46	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	43.78	1.63	71.36
47	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	43.78	1.44	63.04
48	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	14.50	16.12	233.74
49	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	33.60	6.14	206.30
50	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m3.km	591.59	0.32	189.31

PRESUPUES DISEÑO PTAR PILOTO CAMPUS PUCE NAYÓN

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
51	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	m2	30.61	3.50	107.14
52	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	28.00	1.50	42.00
53	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	m2	56.46	5.24	295.85
54	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	m	8.05	10.84	87.26
55	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	pto	4.00	5.61	22.44
56	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	u	36.00	2.16	77.76
57	SUBBASE CLASE III (tendido y conformado)	m3	26.72	32.89	878.82
58	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.10	137.13	13.16
59	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	2.00	107.55	215.10
60	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	m3.km	432.00	0.03	12.96
61	TRANSPORTE DE SUBBASE	m3.km	587.84	0.03	17.64
	TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 3				
62	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	41.82	1.63	68.17
63	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	0.86	1.63	1.40
64	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	42.33	1.44	60.96
65	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	7.50	16.12	120.90
66	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	m3	0.63	11.30	7.12
67	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	32.63	6.14	200.35
68	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m3.km	493.55	0.32	157.94
69	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	m2	18.56	3.50	64.96
70	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	27.19	1.50	40.79
71	RASANTEO DE ZANJAS	m2	0.52	1.50	0.78
72	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	m2	50.24	5.24	263.26
73	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	m	67.05	10.84	726.82
74	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	pto	6.00	5.61	33.66
75	TUBERÍA DE VENTILACIÓN Di= 110 mm	pto	6.00	17.08	102.48
76	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	u	40.00	2.16	86.40
77	SUBBASE CLASE III (tendido y conformado)	m3	25.53	32.89	839.68
78	TURBA (INCLUYE TRANSPORTE)	m3	25.53	27.62	705.14
79	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.10	137.13	13.16
80	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	2.00	107.55	215.10
81	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	u.km	968.00	0.03	29.04
82	TRANSPORTE DE SUBBASE	m3.km	306.32	0.03	9.19
	TUBERÍAS DE CONEXIÓN				
83	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	1.92	1.63	3.13
84	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	52.95	1.63	86.31
85	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	33.69	1.44	48.51
86	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	m3	38.12	11.30	430.76
87	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	2.30	16.12	37.08
88	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	1.92	1.50	2.88
89	RASANTEO DE ZANJAS	m2	52.95	1.50	79.43
90	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.14	137.13	19.20
91	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	3.00	107.55	322.65
92	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=110 mm	m	52.95	8.97	474.96
93	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MEN(	m3	20.15	5.46	110.02
	SECADO DE LODOS				
94	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	65.00	1.63	105.95
95	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	65.00	1.44	93.60
96	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	26.00	6.14	159.64
97	HORMIGÓN SIMPLE f'c=210 kg/cm2	m3	6.50	169.88	1,104.22
98	RELLENO SUBBASE CLASE III (tendido, conformado y compact	m3	13.00	25.17	327.21
99	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x5mm	m2	65.00	6.08	395.20

TOTAL	15,667.71

Rubro No. 1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 2

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	DESBROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3300	1.19
				SUB - TOTAL (N)	1.19

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.25
PRECIO DE CALCULO	15	1.44

PRECIO	1.44

Rubro No. 3

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MÁQUINA H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.03
Excavadora	1.00	35.00	35.00	0.0700	2.45
				SUB - TOTAL (M)	2.48

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.0700	0.25
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	0.0700	0.03
Operador (Estr.Oc C1 GI)	1.00	4.04	4.04	0.0700	0.28
				SUB - TOTAL (N)	0.56

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	3.04
PRECIO DE CALCULO	15	3.50

PRECIO	3.50

Rubro No. 4

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RASANTEO DE ZANJAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 5

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	READOQUINADO DE CAMINERÍA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					0.80
				SUB - TOTAL (M)	0.80

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	8.00	3.60	28.80	0.2000	5.76
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.2000	1.46
Inspector (Estr.Oc B3)	1.00	4.05	4.05	0.2000	0.81
				SUB - TOTAL (N)	8.03

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Arena	m3	0.05	14.50	0.73
Cemento	saco	0.01	8.22	0.08
			SUB - TOTAL (O)	0.81

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	9.64
PRECIO DE CALCULO	15	11.09

PRECIO	11.09

Rubro No. 6

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=160 mm	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					0.12
				SUB - TOTAL (M)	0.12

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1600	0.58
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1600	0.58
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.1600	0.06
				SUB - TOTAL (N)	1.22

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Anillo Caucho	u	0.17	3.31	0.56
Tuberia pvc d/n d:160 mm	m	1.05	9.18	9.64
			SUB - TOTAL (O)	10.20

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	11.54
PRECIO DE CALCULO	15	13.27

PRECIO	13.27

Rubro No. 7

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Plancha vibroapisonadora	1.00	5.59	5.59	0.3333	1.86
Herramienta manual (20% M.O.)					0.75
				SUB - TOTAL (M)	2.61

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.3333	2.40
Inspector (Estr.Oc B3)	1.00	4.05	4.05	0.3333	1.35
				SUB - TOTAL (N)	3.75

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Agua	m3	0.50	0.74	0.37
			SUB - TOTAL (O)	0.37

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	6.73
PRECIO DE CALCULO	15	7.74

PRECIO	7.74

Rubro No. 8

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 9

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	DESBROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3300	1.19
				SUB - TOTAL (N)	1.19

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.25
PRECIO DE CALCULO	15	1.44

PRECIO	1.44

Rubro No. 11

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.67
				SUB - TOTAL (M)	0.67

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2308	8.86
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	1.2308	4.49
				SUB - TOTAL (N)	13.35

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	14.02
PRECIO DE CALCULO	15	16.12

PRECIO	16.12

Rubro No. 12

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.47
				SUB - TOTAL (M)	0.47

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2310	8.86
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	1.2310	0.50
				SUB - TOTAL (N)	9.36

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	9.83
PRECIO DE CALCULO	15	11.30

PRECIO	11.30

Rubro No. 13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RASANTEO DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 14

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RASANTEO DE ZANJAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 15

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					3.26
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	1.0000	3.92
				SUB - TOTAL (M)	7.18

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	1.0000	7.30
Peon (Estr.Oc E2)	6.00	3.60	21.60	1.0000	21.60
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	1.00	3.65	3.65	1.0000	3.65
				SUB - TOTAL (N)	32.55

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Cemento	saco	6.70	8.22	55.07
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
			SUB - TOTAL (O)	79.51

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	119.24
PRECIO DE CALCULO	15	137.13

PRECIO	137.13

Rubro No. 16

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.27
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	0.5000	1.96
				SUB - TOTAL (M)	2.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.5000	3.60
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.5000	1.82
				SUB - TOTAL (N)	5.42

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Clavos	Kg	0.02	3.28	0.07
Tabla de encofrado 0,20m	m	0.37	2.68	0.99
Alfajia 7 x 7 x 250	u	0.08	2.94	0.24
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Cemento	saco	7.21	8.22	59.27
Aditivo plastificante	kg	0.30	2.86	0.86
			SUB - TOTAL (O)	85.87

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	93.52
PRECIO DE CALCULO	15	107.55

PRECIO	107.55

Rubro No. 17

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REJILLA, VARILLA 10 mm, ESPACIAMIENTO LIBRE 25 mm	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					7.25
				SUB - TOTAL (M)	7.25

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	5.0000	36.00
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	5.0000	36.50
				SUB - TOTAL (N)	72.50

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Arena	m3	0.35	14.50	5.07
Agua	m3	0.03	0.74	0.02
Cemento	saco	0.42	8.22	3.45
Rejilla 0.75 x 1 m e= 2.5 cm	u	1.00	57.86	57.86
			SUB - TOTAL (O)	66.40

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	146.15
PRECIO DE CALCULO	15	168.07

PRECIO	168.07

Rubro No. 18

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=110 mm	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					0.12
				SUB - TOTAL (M)	0.12

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1600	0.58
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1600	0.58
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.1600	0.06
				SUB - TOTAL (N)	1.22

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Anillo Caucho	u	0.17	3.31	0.56
Codo 110mm x 45°	u	0.05	5.01	0.25
Tuberia pvc d/n d:110 mm	m	1.05	5.38	5.65
			SUB - TOTAL (O)	6.46

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	7.80
PRECIO DE CALCULO	15	8.97

PRECIO	8.97

Rubro No. 19

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RELLENO COMPACTADO DE TUBERIAS Y ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Plancha vibroapisonadora	1.00	5.59	5.59	0.3333	1.86
Herramienta manual (5% M.O.)					0.12
				SUB - TOTAL (M)	1.98

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.3333	2.40
				SUB - TOTAL (N)	2.40

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Agua	m3	0.50	0.74	0.37
			SUB - TOTAL (O)	0.37

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.75
PRECIO DE CALCULO	15	5.46

PRECIO	5.46

Rubro No. 20

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 21

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 22

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	DESBROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3300	1.19
				SUB - TOTAL (N)	1.19

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.25
PRECIO DE CALCULO	15	1.44

PRECIO	1.44

Rubro No. 23

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.67
				SUB - TOTAL (M)	0.67

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2308	8.86
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	1.2308	4.49
				SUB - TOTAL (N)	13.35

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	14.02
PRECIO DE CALCULO	15	16.12

PRECIO	16.12

Rubro No. 24

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					3.26
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	1.0000	3.92
				SUB - TOTAL (M)	7.18

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	1.0000	7.30
Peon (Estr.Oc E2)	6.00	3.60	21.60	1.0000	21.60
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	1.00	3.65	3.65	1.0000	3.65
				SUB - TOTAL (N)	32.55

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Cemento	saco	6.70	8.22	55.07
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
			SUB - TOTAL (O)	79.51

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	119.24
PRECIO DE CALCULO	15	137.13

PRECIO	137.13

Rubro No. 25

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x5mm	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.02
				SUB - TOTAL (M)	0.02

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1176	0.42
				SUB - TOTAL (N)	0.42

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Malla electrosoldada 150x150x5	m2	1.10	4.40	4.84
Alambre galvanizado No. 18	kg	0.01	1.10	0.01
			SUB - TOTAL (O)	4.85

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	5.29
PRECIO DE CALCULO	15	6.08

PRECIO	6.08

Rubro No. 26

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	BIODIGESTOR	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					4.50
				SUB - TOTAL (M)	4.50

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	8.0000	57.60
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	8.0000	3.23
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	8.0000	29.20
				SUB - TOTAL (N)	90.03

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Cemento	saco	6.70	8.22	55.07
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
Polipega	gal	0.01	52.90	0.53
Polilimpia	ga	0.01	31.98	0.32
Biodigestor Rotoplas 600 lts.	u	1.00	132.73	132.73
			SUB - TOTAL (O)	213.09

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	307.62
PRECIO DE CALCULO	15	353.76

PRECIO	353.76

Rubro No. 27

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.47
				SUB - TOTAL (M)	0.47

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2310	8.86
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	1.2310	0.50
				SUB - TOTAL (N)	9.36

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	9.83
PRECIO DE CALCULO	15	11.30

PRECIO	11.30

Rubro No. 28

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=50 mm	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					0.12
				SUB - TOTAL (M)	0.12

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1600	0.58
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1600	0.58
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.1600	0.06
				SUB - TOTAL (N)	1.22

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Anillo Caucho	u	0.17	3.31	0.56
Codo 110mm x 45°	u	0.05	5.01	0.25
Tuberia pvc d/n d:110 mm	m	1.05	5.38	5.65
			SUB - TOTAL (O)	6.46

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	7.80
PRECIO DE CALCULO	15	8.97

PRECIO	8.97

Rubro No. 29

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RASANTEO DE ZANJAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 30

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RELLENO COMPACTADO DE TUBERIAS Y ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Plancha vibroapisonadora	1.00	5.59	5.59	0.3333	1.86
Herramienta manual (5% M.O.)					0.12
				SUB - TOTAL (M)	1.98

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.3333	2.40
				SUB - TOTAL (N)	2.40

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Agua	m3	0.50	0.74	0.37
			SUB - TOTAL (O)	0.37

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.75
PRECIO DE CALCULO	15	5.46

PRECIO	5.46

Rubro No. 31

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.27
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	0.5000	1.96
				SUB - TOTAL (M)	2.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.5000	3.60
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.5000	1.82
				SUB - TOTAL (N)	5.42

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Clavos	Kg	0.02	3.28	0.07
Tabla de encofrado 0,20m	m	0.37	2.68	0.99
Alfajia 7 x 7 x 250	u	0.08	2.94	0.24
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Cemento	saco	7.21	8.22	59.27
Aditivo plastificante	kg	0.30	2.86	0.86
			SUB - TOTAL (O)	85.87

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	93.52
PRECIO DE CALCULO	15	107.55

PRECIO	107.55

Rubro No. 32

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 33

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	DESBROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3300	1.19
				SUB - TOTAL (N)	1.19

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.25
PRECIO DE CALCULO	15	1.44

PRECIO	1.44

Rubro No. 34

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.67
				SUB - TOTAL (M)	0.67

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2308	8.86
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	1.2308	4.49
				SUB - TOTAL (N)	13.35

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	14.02
PRECIO DE CALCULO	15	16.12

PRECIO	16.12

Rubro No. 35

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.05
Excavadora	1.00	35.00	35.00	0.1230	4.30
				SUB - TOTAL (M)	4.35

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	1.00	4.04	4.04	0.1230	0.50
Operador (Estr.Oc C1 GI)	0.10	4.04	0.40	0.1230	0.05
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1230	0.44
				SUB - TOTAL (N)	0.99

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	5.34
PRECIO DE CALCULO	15	6.14

PRECIO	6.14

Rubro No. 36

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	UNIDAD:	m3.km

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0067	0.23
				SUB - TOTAL (M)	0.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0067	0.03
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.0067	0.02
				SUB - TOTAL (N)	0.05

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	0.28
PRECIO DE CALCULO	15	0.32

PRECIO	0.32

Rubro No. 37

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.14
				SUB - TOTAL (M)	0.14

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.2000	1.44
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.2000	1.46
				SUB - TOTAL (N)	2.90

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	3.04
PRECIO DE CALCULO	15	3.50

PRECIO	3.50

Rubro No. 38

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 39

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.0516	0.37
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.0516	0.19
				SUB - TOTAL (N)	0.56

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Geomembrana e= 5 mm	m2	1.05	3.75	3.94
			SUB - TOTAL (O)	3.94

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.56
PRECIO DE CALCULO	15	5.24

PRECIO	5.24

Rubro No. 40

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERIA DE DISTRIBUCION Y DRENAJE DI=110 mm	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (0.05% M.O.)					0.00
				SUB - TOTAL (M)	0.00

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3640	1.31
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.3640	1.33
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.3640	0.15
				SUB - TOTAL (N)	2.79

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Polilimpia	ga	0.01	31.98	0.32
Polipega	gal	0.01	52.90	0.53
Tee pvc 110mm	u	0.20	5.29	1.06
Tubo PVC 110 mm	m	1.00	4.51	4.51
Tapon pvc 110mm - desague	u	0.40	0.56	0.22
			SUB - TOTAL (O)	6.64

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	9.43
PRECIO DE CALCULO	15	10.84

PRECIO	10.84

Rubro No. 41

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	UNIDAD:	pto

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.05
				SUB - TOTAL (M)	0.05

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.2500	0.90
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	0.2500	0.10
				SUB - TOTAL (N)	1.00

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tubo pvc 110mm	m	0.85	4.51	3.83
			SUB - TOTAL (O)	3.83

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.88
PRECIO DE CALCULO	15	5.61

PRECIO	5.61

Rubro No. 42

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.02
				SUB - TOTAL (M)	0.02

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1000	0.36
				SUB - TOTAL (N)	0.36

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Vegetacion	u	1.00	1.50	1.50
			SUB - TOTAL (O)	1.50

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.88
PRECIO DE CALCULO	15	2.16

PRECIO	2.16

Rubro No. 43

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					3.26
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	1.0000	3.92
				SUB - TOTAL (M)	7.18

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	1.0000	7.30
Peon (Estr.Oc E2)	6.00	3.60	21.60	1.0000	21.60
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	1.00	3.65	3.65	1.0000	3.65
				SUB - TOTAL (N)	32.55

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Cemento	saco	6.70	8.22	55.07
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
			SUB - TOTAL (O)	79.51

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	119.24
PRECIO DE CALCULO	15	137.13

PRECIO	137.13

Rubro No. 44

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.27
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	0.5000	1.96
				SUB - TOTAL (M)	2.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.5000	3.60
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.5000	1.82
				SUB - TOTAL (N)	5.42

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Clavos	Kg	0.02	3.28	0.07
Tabla de encofrado 0,20m	m	0.37	2.68	0.99
Alfajia 7 x 7 x 250	u	0.08	2.94	0.24
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Cemento	saco	7.21	8.22	59.27
Aditivo plastificante	kg	0.30	2.86	0.86
			SUB - TOTAL (O)	85.87

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	93.52
PRECIO DE CALCULO	15	107.55

PRECIO	107.55

Rubro No. 45

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	UNIDAD:	u.km

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0009	0.03
				SUB - TOTAL (M)	0.03

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0009	0.00
				SUB - TOTAL (N)	0.00

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	0.03
PRECIO DE CALCULO	15	0.03

PRECIO	0.03

Rubro No. 46

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 47

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	DESBROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3300	1.19
				SUB - TOTAL (N)	1.19

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.25
PRECIO DE CALCULO	15	1.44

PRECIO	1.44

Rubro No. 48

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.67
				SUB - TOTAL (M)	0.67

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2308	8.86
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	1.2308	4.49
				SUB - TOTAL (N)	13.35

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	14.02
PRECIO DE CALCULO	15	16.12

PRECIO	16.12

Rubro No. 49

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.05
Excavadora	1.00	35.00	35.00	0.1230	4.30
				SUB - TOTAL (M)	4.35

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	1.00	4.04	4.04	0.1230	0.50
Operador (Estr.Oc C1 GI)	0.10	4.04	0.40	0.1230	0.05
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1230	0.44
				SUB - TOTAL (N)	0.99

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	5.34
PRECIO DE CALCULO	15	6.14

PRECIO	6.14

Rubro No. 50

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	UNIDAD:	m3.km

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0067	0.23
				SUB - TOTAL (M)	0.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0067	0.03
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.0067	0.02
				SUB - TOTAL (N)	0.05

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	0.28
PRECIO DE CALCULO	15	0.32

PRECIO	0.32

Rubro No. 51

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.14
				SUB - TOTAL (M)	0.14

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.2000	1.44
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.2000	1.46
				SUB - TOTAL (N)	2.90

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	3.04
PRECIO DE CALCULO	15	3.50

PRECIO	3.50

Rubro No. 52

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 53

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.0516	0.37
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.0516	0.19
				SUB - TOTAL (N)	0.56

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Geomembrana e= 5 mm	m2	1.05	3.75	3.94
			SUB - TOTAL (O)	3.94

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.56
PRECIO DE CALCULO	15	5.24

PRECIO	5.24

Rubro No. 54

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERIA DE DISTRIBUCION Y DRENAJE DI=110 mm	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (0.05% M.O.)					0.00
				SUB - TOTAL (M)	0.00

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3640	1.31
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.3640	1.33
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.3640	0.15
				SUB - TOTAL (N)	2.79

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Polilimpia	ga	0.01	31.98	0.32
Polipega	gal	0.01	52.90	0.53
Tee pvc 110mm	u	0.20	5.29	1.06
Tubo PVC 110 mm	m	1.00	4.51	4.51
Tapon pvc 110mm - desague	u	0.40	0.56	0.22
			SUB - TOTAL (O)	6.64

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	9.43
PRECIO DE CALCULO	15	10.84

PRECIO	10.84

Rubro No. 55

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	UNIDAD:	pto

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.05
				SUB - TOTAL (M)	0.05

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.2500	0.90
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	0.2500	0.10
				SUB - TOTAL (N)	1.00

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tubo pvc 110mm	m	0.85	4.51	3.83
			SUB - TOTAL (O)	3.83

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.88
PRECIO DE CALCULO	15	5.61

PRECIO	5.61

Rubro No. 56

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.02
				SUB - TOTAL (M)	0.02

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1000	0.36
				SUB - TOTAL (N)	0.36

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Vegetacion	u	1.00	1.50	1.50
			SUB - TOTAL (O)	1.50

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.88
PRECIO DE CALCULO	15	2.16

PRECIO	2.16

Rubro No. 57

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	SUBBASE CLASE III (tendido y conformado)	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.47
				SUB - TOTAL (M)	0.47

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	4.00	3.60	14.40	0.5000	7.20
Operador (Estr.Oc C1 GI)	1.00	4.04	4.04	0.5000	2.02
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	0.10	3.65	0.36	0.5000	0.18
				SUB - TOTAL (N)	9.40

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Sub-base clase 3	m3	1.20	15.61	18.73
			SUB - TOTAL (O)	18.73

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	28.60
PRECIO DE CALCULO	15	32.89

PRECIO	32.89

Rubro No. 58

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					3.26
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	1.0000	3.92
				SUB - TOTAL (M)	7.18

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	1.0000	7.30
Peon (Estr.Oc E2)	6.00	3.60	21.60	1.0000	21.60
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	1.00	3.65	3.65	1.0000	3.65
				SUB - TOTAL (N)	32.55

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Cemento	saco	6.70	8.22	55.07
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
			SUB - TOTAL (O)	79.51

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	119.24
PRECIO DE CALCULO	15	137.13

PRECIO	137.13

Rubro No. 59

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.27
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	0.5000	1.96
				SUB - TOTAL (M)	2.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.5000	3.60
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.5000	1.82
				SUB - TOTAL (N)	5.42

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Clavos	Kg	0.02	3.28	0.07
Tabla de encofrado 0,20m	m	0.37	2.68	0.99
Alfajia 7 x 7 x 250	u	0.08	2.94	0.24
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Cemento	saco	7.21	8.22	59.27
Aditivo plastificante	kg	0.30	2.86	0.86
			SUB - TOTAL (O)	85.87

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	93.52
PRECIO DE CALCULO	15	107.55

PRECIO	107.55

Rubro No. 60

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	UNIDAD:	m3.km

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0009	0.03
				SUB - TOTAL (M)	0.03

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0009	0.00
				SUB - TOTAL (N)	0.00

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	0.03
PRECIO DE CALCULO	15	0.03

PRECIO	0.03

Rubro No. 61

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TRANSPORTE DE SUBBASE	UNIDAD:	m3.km

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0009	0.03
				SUB - TOTAL (M)	0.03

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0009	0.00
				SUB - TOTAL (N)	0.00

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	0.03
PRECIO DE CALCULO	15	0.03

PRECIO	0.03

Rubro No. 62

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 63

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 64

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	DESBROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3300	1.19
				SUB - TOTAL (N)	1.19

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.25
PRECIO DE CALCULO	15	1.44

PRECIO	1.44

Rubro No. 65

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.67
				SUB - TOTAL (M)	0.67

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2308	8.86
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	1.2308	4.49
				SUB - TOTAL (N)	13.35

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	14.02
PRECIO DE CALCULO	15	16.12

PRECIO	16.12

Rubro No. 66

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.47
				SUB - TOTAL (M)	0.47

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2310	8.86
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	1.2310	0.50
				SUB - TOTAL (N)	9.36

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	9.83
PRECIO DE CALCULO	15	11.30

PRECIO	11.30

Rubro No. 67

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.05
Excavadora	1.00	35.00	35.00	0.1230	4.30
				SUB - TOTAL (M)	4.35

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	1.00	4.04	4.04	0.1230	0.50
Operador (Estr.Oc C1 GI)	0.10	4.04	0.40	0.1230	0.05
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1230	0.44
				SUB - TOTAL (N)	0.99

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	5.34
PRECIO DE CALCULO	15	6.14

PRECIO	6.14

Rubro No. 68

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	UNIDAD:	m3.km

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0067	0.23
				SUB - TOTAL (M)	0.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0067	0.03
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.0067	0.02
				SUB - TOTAL (N)	0.05

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	0.28
PRECIO DE CALCULO	15	0.32

PRECIO	0.32

Rubro No. 69

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.14
				SUB - TOTAL (M)	0.14

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.2000	1.44
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.2000	1.46
				SUB - TOTAL (N)	2.90

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	3.04
PRECIO DE CALCULO	15	3.50

PRECIO	3.50

Rubro No. 70

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 71

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RASANTEO DE ZANJAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 72

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.0516	0.37
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.0516	0.19
				SUB - TOTAL (N)	0.56

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Geomembrana e= 5 mm	m2	1.05	3.75	3.94
			SUB - TOTAL (O)	3.94

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.56
PRECIO DE CALCULO	15	5.24

PRECIO	5.24

Rubro No. 73

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERIA DE DISTRIBUCION Y DRENAJE DI=110 mm	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (0.05% M.O.)					0.00
				SUB - TOTAL (M)	0.00

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3640	1.31
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.3640	1.33
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.3640	0.15
				SUB - TOTAL (N)	2.79

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Polilimpia	ga	0.01	31.98	0.32
Polipega	gal	0.01	52.90	0.53
Tee pvc 110mm	u	0.20	5.29	1.06
Tubo PVC 110 mm	m	1.00	4.51	4.51
Tapon pvc 110mm - desague	u	0.40	0.56	0.22
			SUB - TOTAL (O)	6.64

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	9.43
PRECIO DE CALCULO	15	10.84

PRECIO	10.84

Rubro No. 74

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	UNIDAD:	pto

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.05
				SUB - TOTAL (M)	0.05

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.2500	0.90
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	0.2500	0.10
				SUB - TOTAL (N)	1.00

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tubo pvc 110mm	m	0.85	4.51	3.83
			SUB - TOTAL (O)	3.83

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.88
PRECIO DE CALCULO	15	5.61

PRECIO	5.61

Rubro No. 75

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERÍA DE VENTILACIÓN Di= 110 mm	UNIDAD:	pto

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.32
				SUB - TOTAL (M)	0.32

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.8500	3.06
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.8500	3.10
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.8500	0.34
				SUB - TOTAL (N)	6.50

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Polipega	gal	0.01	52.90	0.53
Polilimpia	ga	0.01	31.98	0.32
Tee 110 mm	u	1.00	2.67	2.67
Tubo pvc 110mm	m	1.00	4.51	4.51
			SUB - TOTAL (O)	8.03

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	14.85
PRECIO DE CALCULO	15	17.08

PRECIO	17.08

Rubro No. 76

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.02
				SUB - TOTAL (M)	0.02

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1000	0.36
				SUB - TOTAL (N)	0.36

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Vegetacion	u	1.00	1.50	1.50
			SUB - TOTAL (O)	1.50

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.88
PRECIO DE CALCULO	15	2.16

PRECIO	2.16

Rubro No. 77

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	SUBBASE CLASE III (tendido y conformado)	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.47
				SUB - TOTAL (M)	0.47

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	4.00	3.60	14.40	0.5000	7.20
Operador (Estr.Oc C1 GI)	1.00	4.04	4.04	0.5000	2.02
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	0.10	3.65	0.36	0.5000	0.18
				SUB - TOTAL (N)	9.40

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Sub-base clase 3	m3	1.20	15.61	18.73
			SUB - TOTAL (O)	18.73

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	28.60
PRECIO DE CALCULO	15	32.89

PRECIO	32.89

Rubro No. 78

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TURBA (INCLUYE TRANSPORTE)	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0094	0.32
Herramienta manual	1.00	0.30	0.30	0.1000	0.03
				SUB - TOTAL (M)	0.35

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0094	0.04
Peon (Estr.Oc E2)	4.00	3.60	14.40	0.1000	1.44
Operador (Estr.Oc C1 GI)	1.00	4.04	4.04	0.1000	0.40
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	0.10	3.65	0.36	0.1000	0.04
				SUB - TOTAL (N)	1.92

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Turba	m3	1.50	14.50	21.75
			SUB - TOTAL (O)	21.75

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	24.02
PRECIO DE CALCULO	15	27.62

PRECIO	27.62

Rubro No. 79

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					3.26
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	1.0000	3.92
				SUB - TOTAL (M)	7.18

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	1.0000	7.30
Peon (Estr.Oc E2)	6.00	3.60	21.60	1.0000	21.60
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	1.00	3.65	3.65	1.0000	3.65
				SUB - TOTAL (N)	32.55

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Cemento	saco	6.70	8.22	55.07
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
			SUB - TOTAL (O)	79.51

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	119.24
PRECIO DE CALCULO	15	137.13

PRECIO	137.13

Rubro No. 80

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.27
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	0.5000	1.96
				SUB - TOTAL (M)	2.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.5000	3.60
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.5000	1.82
				SUB - TOTAL (N)	5.42

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Clavos	Kg	0.02	3.28	0.07
Tabla de encofrado 0,20m	m	0.37	2.68	0.99
Alfajia 7 x 7 x 250	u	0.08	2.94	0.24
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Cemento	saco	7.21	8.22	59.27
Aditivo plastificante	kg	0.30	2.86	0.86
			SUB - TOTAL (O)	85.87

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		25.00	93.52
PRECIO DE CALCULO		15	107.55

PRECIO	107.55

Rubro No. 81

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	UNIDAD:	u.km

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0009	0.03
				SUB - TOTAL (M)	0.03

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0009	0.00
				SUB - TOTAL (N)	0.00

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	0.03
PRECIO DE CALCULO	15	0.03

PRECIO	0.03

Rubro No. 82

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TRANSPORTE DE SUBBASE	UNIDAD:	m3.km

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Volqueta	1.00	33.60	33.60	0.0009	0.03
				SUB - TOTAL (M)	0.03

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Chofer (Estr.Oc. C1)	1.00	4.04	4.04	0.0009	0.00
				SUB - TOTAL (N)	0.00

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	0.03
PRECIO DE CALCULO	15	0.03

PRECIO	0.03

Rubro No. 83

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 84

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 85

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	DESBROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3300	1.19
				SUB - TOTAL (N)	1.19

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		25.00	1.25
PRECIO DE CALCULO		15	1.44

PRECIO	1.44

Rubro No. 86

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.47
				SUB - TOTAL (M)	0.47

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2310	8.86
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	0.10	4.04	0.40	1.2310	0.50
				SUB - TOTAL (N)	9.36

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	9.83
PRECIO DE CALCULO	15	11.30

PRECIO	11.30

Rubro No. 87

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.67
				SUB - TOTAL (M)	0.67

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	1.2308	8.86
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	1.2308	4.49
				SUB - TOTAL (N)	13.35

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	14.02
PRECIO DE CALCULO	15	16.12

PRECIO	16.12

Rubro No. 88

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 89

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RASANTEO DE ZANJAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					0.22
				SUB - TOTAL (M)	0.22

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1000	0.36
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.1000	0.72
				SUB - TOTAL (N)	1.08

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.30
PRECIO DE CALCULO	15	1.50

PRECIO	1.50

Rubro No. 90

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					3.26
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	1.0000	3.92
				SUB - TOTAL (M)	7.18

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	1.0000	7.30
Peon (Estr.Oc E2)	6.00	3.60	21.60	1.0000	21.60
Operador Equipo Liviano (Est. Oc. D2)	1.00	3.65	3.65	1.0000	3.65
				SUB - TOTAL (N)	32.55

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Cemento	saco	6.70	8.22	55.07
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
			SUB - TOTAL (O)	79.51

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	119.24
PRECIO DE CALCULO	15	137.13

PRECIO	137.13

Rubro No. 91

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	UNIDAD:	u

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.27
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	0.5000	1.96
				SUB - TOTAL (M)	2.23

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.5000	3.60
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.5000	1.82
				SUB - TOTAL (N)	5.42

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Clavos	Kg	0.02	3.28	0.07
Tabla de encofrado 0,20m	m	0.37	2.68	0.99
Alfajia 7 x 7 x 250	u	0.08	2.94	0.24
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
Agua	m3	0.24	0.74	0.18
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Cemento	saco	7.21	8.22	59.27
Aditivo plastificante	kg	0.30	2.86	0.86
			SUB - TOTAL (O)	85.87

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		25.00	93.52
PRECIO DE CALCULO		15	107.55

PRECIO	107.55

Rubro No. 92

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=110 mm	UNIDAD:	m

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (10% M.O.)					0.12
				SUB - TOTAL (M)	0.12

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1600	0.58
Plomero (Estr.Oc D2)	1.00	3.65	3.65	0.1600	0.58
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.1600	0.06
				SUB - TOTAL (N)	1.22

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Anillo Caucho	u	0.17	3.31	0.56
Codo 110mm x 45°	u	0.05	5.01	0.25
Tuberia pvc d/n d:110 mm	m	1.05	5.38	5.65
			SUB - TOTAL (O)	6.46

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	7.80
PRECIO DE CALCULO	15	8.97

PRECIO	8.97

Rubro No. 93

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RELLENO COMPACTADO DE TUBERIAS Y ESTRUCTURAS MENORES	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Plancha vibroapisonadora	1.00	5.59	5.59	0.3333	1.86
Herramienta manual (5% M.O.)					0.12
				SUB - TOTAL (M)	1.98

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	2.00	3.60	7.20	0.3333	2.40
				SUB - TOTAL (N)	2.40

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Agua	m3	0.50	0.74	0.37
			SUB - TOTAL (O)	0.37

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	4.75
PRECIO DE CALCULO	15	5.46

PRECIO	5.46

Rubro No. 94

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estacion total	1.00	3.75	3.75	0.0800	0.30
Herramienta manual (10% M.O.)					0.09
				SUB - TOTAL (M)	0.39

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cadenero (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	0.0800	0.58
Topografo (Estr.Oc C1)	1.00	4.04	4.04	0.0800	0.32
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.O	0.10	4.04	0.40	0.0800	0.03
				SUB - TOTAL (N)	0.93

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Tiras 2.5 x 2.5 x 250	u	0.20	0.49	0.10
			SUB - TOTAL (O)	0.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	1.42
PRECIO DE CALCULO	15	1.63

PRECIO	1.63

Rubro No. 95

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	DESBROCE Y LIMPIEZA	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.06

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.3300	1.19
				SUB - TOTAL (N)	1.19

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		25.00	1.25
PRECIO DE CALCULO		15	1.44

PRECIO	1.44

Rubro No. 96

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.05
Excavadora	1.00	35.00	35.00	0.1230	4.30
				SUB - TOTAL (M)	4.35

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc	1.00	4.04	4.04	0.1230	0.50
Operador (Estr.Oc C1 GI)	0.10	4.04	0.40	0.1230	0.05
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1230	0.44
				SUB - TOTAL (N)	0.99

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
			SUB - TOTAL (O)	0.00

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	5.34
PRECIO DE CALCULO	15	6.14

PRECIO	6.14

Rubro No. 97

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	HORMIGÓN SIMPLE f'c=210 kg/cm2	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (20% M.O.)					9.47
Vibrador	1.00	3.17	3.17	1.0000	3.17
Concretera 1 saco	1.00	3.92	3.92	1.0000	3.92
				SUB - TOTAL (M)	16.56

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Inspector (Estr.Oc B3)	1.00	4.05	4.05	1.0000	4.05
Albañil (Estr.Oc D2)	2.00	3.65	7.30	1.0000	7.30
Peon (Estr.Oc E2)	10.00	3.60	36.00	1.0000	36.00
				SUB - TOTAL (N)	47.35

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Ripio	m3	0.95	15.61	14.83
Agua	m3	0.20	0.74	0.15
Cemento	kg	330.00	0.18	59.40
Arena	m3	0.65	14.50	9.43
			SUB - TOTAL (O)	83.81

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	147.72
PRECIO DE CALCULO	15	169.88

PRECIO	169.88

Rubro No. 98

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	RELLENO SUBBASE CLASE III (tendido, conformado y compactado)	UNIDAD:	m3

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Caminón cisterna 13 TON 10000 LT.	0.10	30.24	3.02	0.1000	0.30
Plancha vibroapisonadora	1.00	5.59	5.59	0.1000	0.56
Herramienta manual	2.00	0.30	0.60	0.1000	0.06
				SUB - TOTAL (M)	0.92

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	4.00	3.60	14.40	0.1000	1.44
Operador de equipo pesado (Estrc.Oc C2 GI	1.00	3.85	3.85	0.1000	0.38
Chofer (Est.Oc C1)	0.10	5.29	0.53	0.1000	0.05
				SUB - TOTAL (N)	1.87

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Agua	m3	0.50	0.74	0.37
Sub-base clase 3	m3	1.20	15.61	18.73
			SUB - TOTAL (O)	19.10

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	21.89
PRECIO DE CALCULO	15	25.17

PRECIO	25.17

Rubro No. 99

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x5mm	UNIDAD:	m2

EQUIPO

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual (5% M.O.)					0.02
				SUB - TOTAL (M)	0.02

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1.00	3.60	3.60	0.1176	0.42
				SUB - TOTAL (N)	0.42

MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Malla electrosoldada 150x150x5	m2	1.10	4.40	4.84
Alambre galvanizado No. 18	kg	0.01	1.10	0.01
			SUB - TOTAL (O)	4.85

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
				SUB - TOTAL (N)	

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		0.07
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	25.00	5.29
PRECIO DE CALCULO	15	6.08

PRECIO	6.08

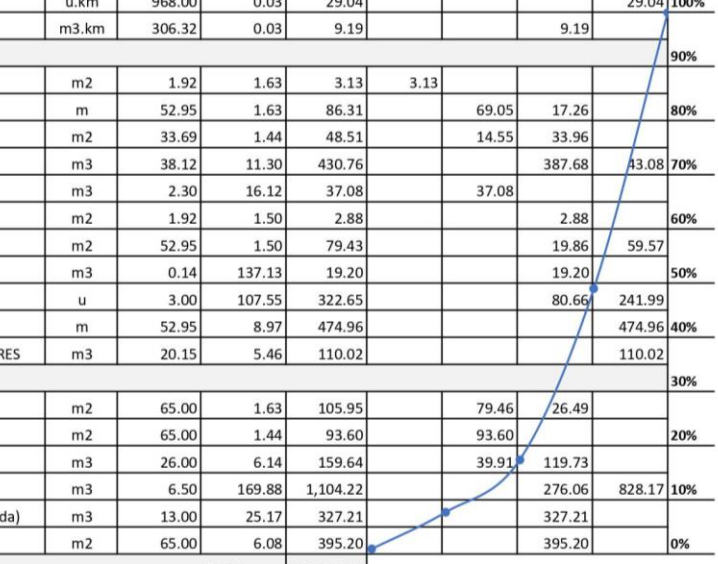
Anexo No. 18 – Cronograma y ruta crítica

CRONOGRAMA PTAR PILOTO CAMPUS PUCE NAYÓN

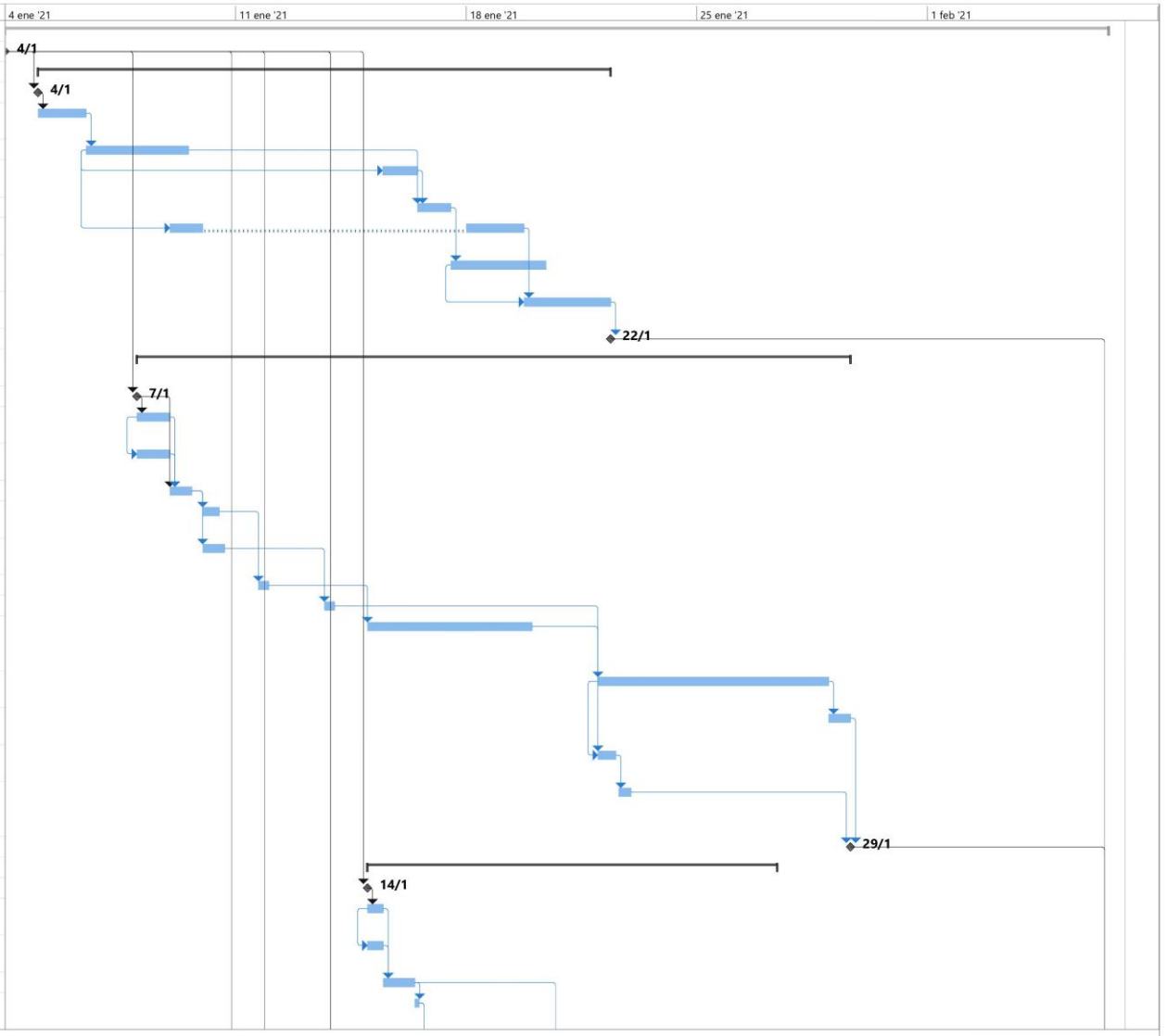
NOMBRE ANDREÍNA BELEN DAMIÁN CHALÁN
DESCRIPCIÓN: CRONOGRAMA

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	ALCANTARILLADO								
1	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	126.45	1.63	206.11	154.58	51.53		
2	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	83.50	1.44	120.24		120.24		
3	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	100.10	3.50	350.35		87.590	262.760	
4	RASANTEO DE ZANJAS	m2	83.50	1.50	125.25			125.25	
5	READOQUINADO DE CAMINERÍA	m2	4.50	11.09	49.90	24.95			24.95
6	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=160 mm	m	126.45	13.27	1,677.99			671.2	1,006.79
7	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS	m3	51.70	7.74	400.16			100.04	300.12
	OBRA DE LLEGADA Y TRATAMIENTO PRELIMINAR								
8	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	1.56	1.63	2.54	2.54			
9	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	1.50	1.63	2.44		2.44		
10	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	1.54	1.44	2.22		1.67	0.55	
11	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	0.77	16.12	12.41	12.41			
12	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	m3	1.10	11.30	12.43			12.43	
13	RASANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	1.56	1.50	2.34		2.34		
14	RASANTEO DE ZANJAS	m2	0.90	1.50	1.35			1.35	
15	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.05	137.13	6.86		5.15	1.71	
16	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	1.00	107.55	107.55			26.89	80.66
17	REJILLA, VARILLA 10 mm, ESPACIAMIENTO LIBRE 25 mm	u	1.00	168.07	168.07				168.07
18	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=110 mm	m	1.50	8.97	13.45				13.45
19	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MENORES	m3	0.50	5.46	2.73				2.73
	TRATAMIENTO PRIMARIO								
20	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	0.88	1.63	1.43	1.43			
21	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	1.80	1.63	2.93		2.93		
22	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	0.88	1.44	1.27	1.02	0.25		
23	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	2.58	16.12	41.59		41.59		
24	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.12	137.13	16.46		16.46		
25	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x5mm	m2	0.88	6.08	5.35		5.35		
26	BIODIGESTOR	u	1.00	353.76	353.76				353.76
27	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	m3	1.65	11.30	18.64			18.64	
28	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=50 mm	m	1.80	8.97	16.15				16.15
29	RASANTEO DE ZANJAS	m2	0.88	1.50	1.32			1.32	
30	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MENORES	m3	0.80	5.46	4.37				4.37
31	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	2.00	107.55	215.10	32.27	75.29	107.55	
	TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 1								
32	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	52.68	1.63	85.87	85.87			
33	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	52.68	1.44	75.86	75.86			
34	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	9.04	16.12	145.72	145.72			
35	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	44.33	6.14	272.19		68.05	204.14	
36	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m3.km	656.56	0.32	210.10				210.10
37	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	m2	21.86	3.50	76.51			76.51	
38	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	26.86	1.50	40.29			40.29	
39	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	m2	54.93	5.24	287.83			287.83	
40	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	m	7.80	10.84	84.55				84.55
41	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	pto	4.00	5.61	22.44				22.44
42	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	u	45.00	2.16	97.20				97.20
43	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.10	137.13	13.16		13.16		
44	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	2.00	107.55	215.10		53.78	161.33	
45	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	u.km	540.00	0.03	16.20				16.20
	TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 2								
46	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	43.78	1.63	71.36	71.36			
47	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	43.78	1.44	63.04	63.04			
48	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	14.50	16.12	233.74	140.24	93.50		
49	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	33.60	6.14	206.30		51.58	154.73	
50	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m3.km	591.59	0.32	189.31				189.31
51	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	m2	30.61	3.50	107.14		107.14		
52	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	28.00	1.50	42.00		42.00		
53	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	m2	56.46	5.24	295.85			295.85	
54	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	m	8.05	10.84	87.26				87.26
55	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	pto	4.00	5.61	22.44				22.44
56	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	u	36.00	2.16	77.76				77.76
57	SUBBASE CLASE III (tendido y conformado)	m3	26.72	32.89	878.82				878.82

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	
58	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.10	137.13	13.16		13.16			
59	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	2.00	107.55	215.10			53.78	161.33	
60	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	m3.km	432.00	0.03	12.96				12.96	
61	TRANSPORTE DE SUBBASE	m3.km	587.84	0.03	17.64		17.64			
	TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 3									
62	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	41.82	1.63	68.17	68.17				
63	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	0.86	1.63	1.40	1.40				
64	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	42.33	1.44	60.96	60.96				
65	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	7.50	16.12	120.90	120.90				
66	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	m3	0.63	11.30	7.12	7.12				
67	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	32.63	6.14	200.35		50.09	150.26		
68	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m3.km	493.55	0.32	157.94		157.94			
69	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	m2	18.56	3.50	64.96		64.96			
70	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	27.19	1.50	40.79		40.79			
71	RASANTEO DE ZANJAS	m2	0.52	1.50	0.78		0.20	0.59		
72	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA	m2	50.24	5.24	263.26			263.26		
73	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	m	67.05	10.84	726.82				726.82	
74	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	pto	6.00	5.61	33.66				33.66	
75	TUBERÍA DE VENTILACIÓN Di= 110 mm	pto	6.00	17.08	102.48				102.48	
76	VEGETACIÓN (NO INCLUYE TRANSPORTE)	u	40.00	2.16	86.40				86.40	
77	SUBBASE CLASE III (tendido y conformado)	m3	25.53	32.89	839.68			209.92	629.76	
78	TURBA (INCLUYE TRANSPORTE)	m3	25.53	27.62	705.14				705.14	
79	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.10	137.13	13.16		13.16			
79	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	2.00	107.55	215.10			53.78	161.33	
80	TRANSPORTE DE VEGETACIÓN	u.km	968.00	0.03	29.04				29.04	100%
81	TRANSPORTE DE SUBBASE	m3.km	306.32	0.03	9.19			9.19		
	TUBERÍAS DE CONEXIÓN									90%
82	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	1.92	1.63	3.13	3.13				
83	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	m	52.95	1.63	86.31		69.05	17.26		80%
84	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	33.69	1.44	48.51		14.55	33.96		
85	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	m3	38.12	11.30	430.76			387.68	43.08	70%
86	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	m3	2.30	16.12	37.08		37.08			
87	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	m2	1.92	1.50	2.88			2.88		60%
88	RASANTEO DE ZANJAS	m2	52.95	1.50	79.43			19.86	59.57	
89	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	m3	0.14	137.13	19.20			19.20		50%
90	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	u	3.00	107.55	322.65			80.66	241.99	
91	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=110 mm	m	52.95	8.97	474.96				474.96	40%
92	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MENORES	m3	20.15	5.46	110.02				110.02	
	SECADO DE LODOS									30%
93	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	65.00	1.63	105.95		79.46	26.49		
94	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	65.00	1.44	93.60		93.60			20%
95	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	m3	26.00	6.14	159.64		39.91	119.73		
96	HORMIGÓN SIMPLE f'c=210 kg/cm2	m3	6.50	169.88	1,104.22			276.06	828.17	10%
97	RELLENO SUBBASE CLASE III (tendido, conformado y compactada)	m3	13.00	25.17	327.21			327.21		
98	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x5mm	m2	65.00	6.08	395.20			395.20		0%
				TOTAL	**15,667.71**					
					MONTO PARCIAL	1,072.97	1,533.61	4,997.31	8,063.83	
					PORCENTAJE PARCIAL	6.85%	9.79%	31.90%	51.47%	
					MONTO ACUMULADO	1,072.97	2,606.58	7,603.89	15,667.71	
					PORCENTAJE ACUMULADO	6.85	16.64	48.53	100.00	

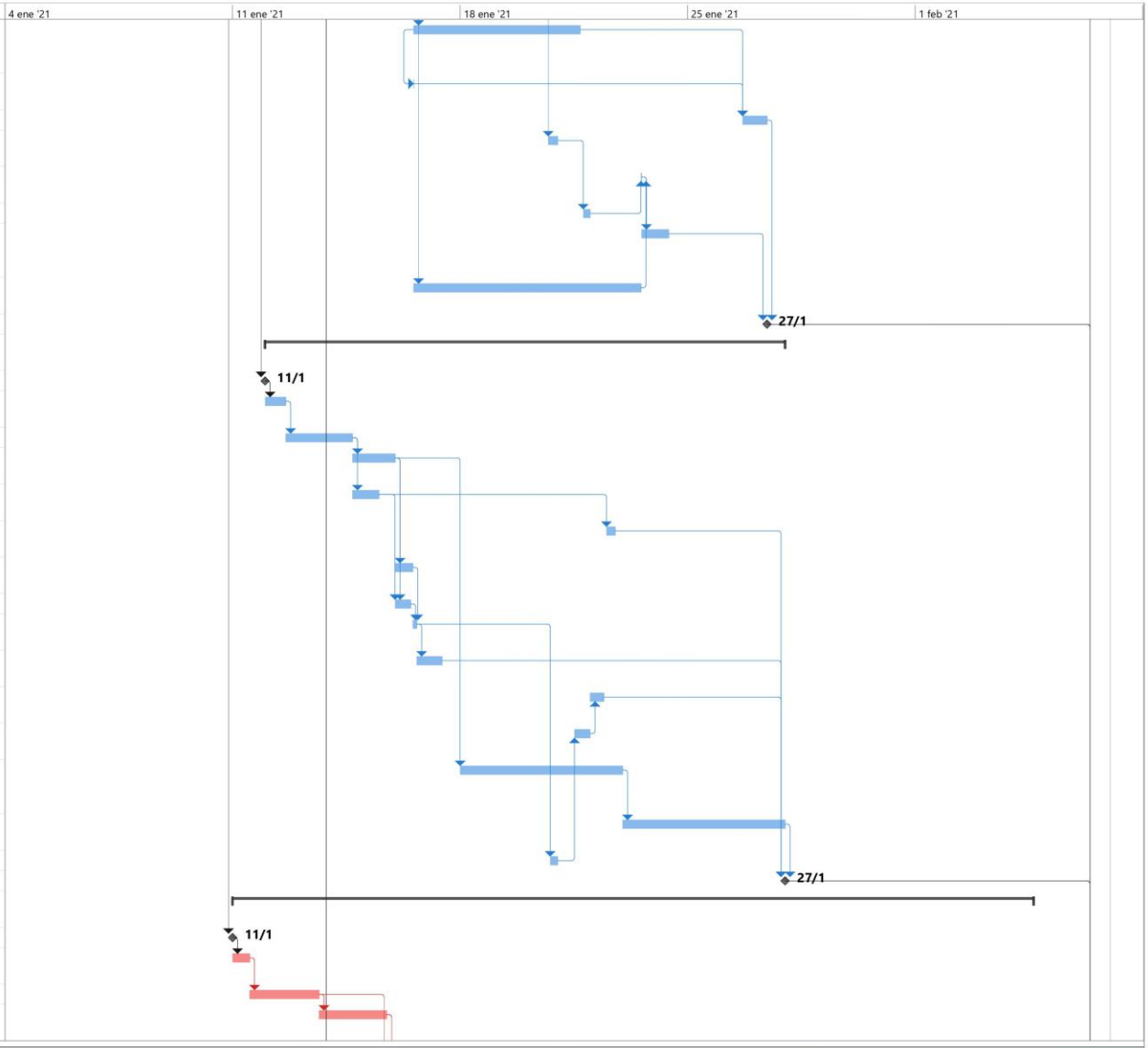


Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
0	**PLANTA DE TRATAMIENTO**	**24.88 días?**	**lun 4/1/21**	**sáb 6/2/21**
1	INICIO	0 días?	lun 4/1/21	lun 4/1/21
2	**ALCANTARILLADO**	**13.15 días**	**lun 4/1/21**	**vie 22/1/21**
3	INICIO FASE	0 días	lun 4/1/21	lun 4/1/21
4	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	1.26 días	mar 5/1/21	mié 6/1/21
5	DESBROCE Y LIMPIEZA	3.44 días	mié 6/1/21	sáb 9/1/21
6	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MÁQUINA H=0-2.5 m	1.3 días	vie 15/1/21	sáb 16/1/21
7	RASANTEO DE ZANJAS	1.04 días	sáb 16/1/21	dom 17/1/21
8	READOQUINADO DE CAMINERÍA	3 días	sáb 9/1/21	mar 19/1/21
9	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=160	2.53 días	dom 17/1/21	mié 20/1/21
10	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS	2.15 días	mar 19/1/21	vie 22/1/21
11	FIN FASE	0 días	vie 22/1/21	vie 22/1/21
12	**OBRA DE LLEGADA Y TRATAMIENTO PRELIMINAR**	**15.88 días**	**jue 7/1/21**	**vie 29/1/21**
13	INICIO	0 días	jue 7/1/21	jue 7/1/21
14	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	1 día	vie 8/1/21	vie 8/1/21
15	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	1 día	vie 8/1/21	vie 8/1/21
16	DESBROCE Y LIMPIEZA	1 día	sáb 9/1/21	sáb 9/1/21
17	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	0.5 días	dom 10/1/21	dom 10/1/21
18	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	1 día	dom 10/1/21	dom 10/1/21
19	RASANTEO DE ESTRUCTURA	0.3 días	lun 11/1/21	lun 11/1/21
20	RASANTEO DE ZANJAS	0.3 días	mié 13/1/21	mié 13/1/21
21	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	5 días	vie 15/1/21	mar 19/1/21
22	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	7 días	vie 22/1/21	jue 28/1/21
23	REJILLA, VARILLA 10 mm, ESPACIAMIENTO LIBRE 25	0.63 días	vie 29/1/21	vie 29/1/21
24	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=110	0.5 días	vie 22/1/21	vie 22/1/21
25	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MENORES	0.5 días	vie 22/1/21	vie 22/1/21
26	FIN	0 días	vie 29/1/21	vie 29/1/21
27	**TRATAMIENTO PRIMARIO**	**8.32 días**	**jue 14/1/21**	**mié 27/1/21**
28	INICIO DE FASE	0 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
29	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	0.3 días	vie 15/1/21	vie 15/1/21
30	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	0.3 días	vie 15/1/21	vie 15/1/21
31	DESBROCE Y LIMPIEZA	1 día	vie 15/1/21	sáb 16/1/21
32	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	0.4 días	sáb 16/1/21	sáb 16/1/21



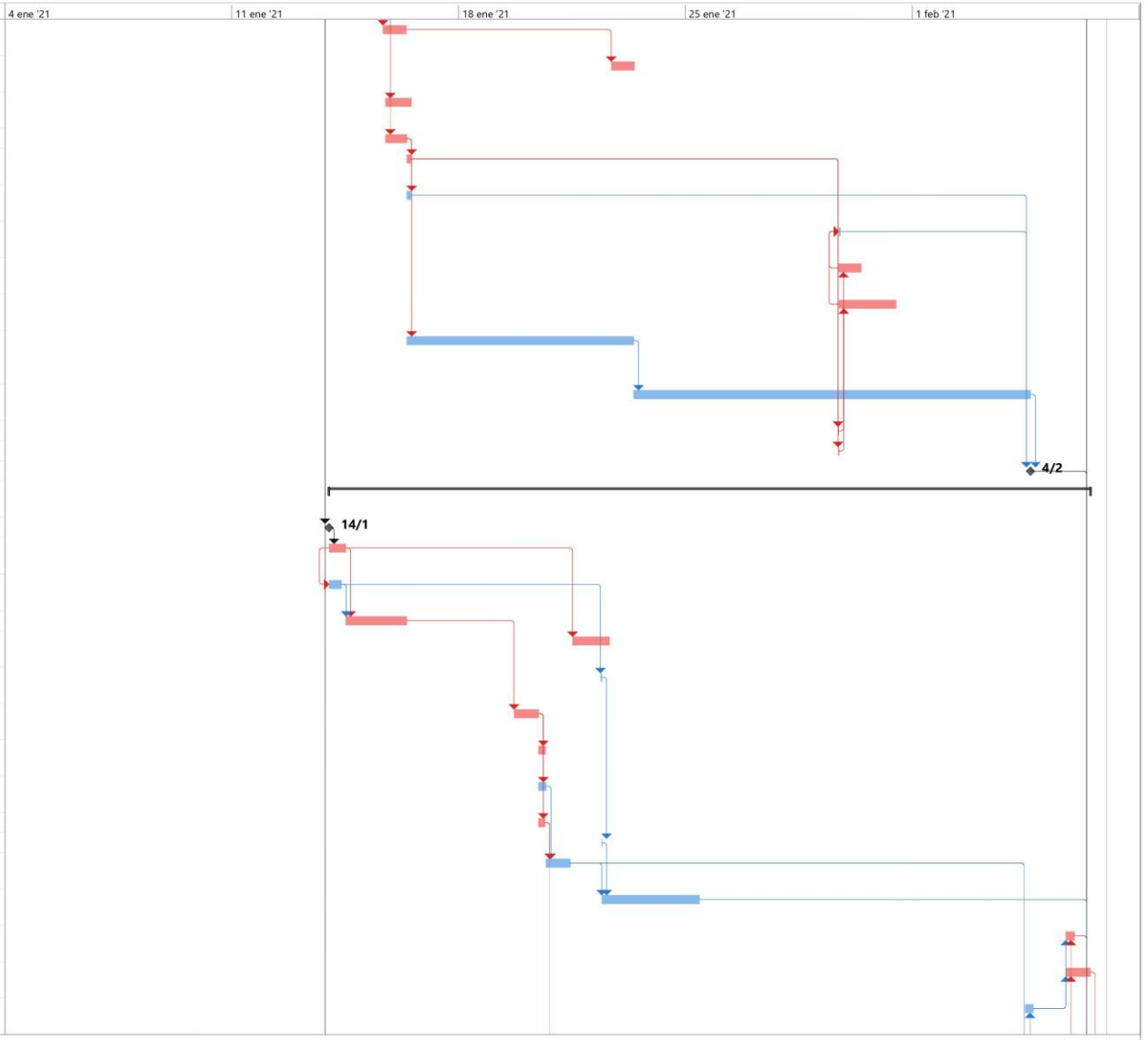
Tarea · Resumen del proyecto · Tarea manual · solo el comienzo · Fecha límite · Progreso manual
División · Tarea inactiva · solo duración · solo fin · Tareas críticas
Hito · Hito inactivo · Informe de resumen manual · Tareas externas · División crítica
Resumen · Resumen inactivo · Resumen manual · Hito externo · Progreso

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
33	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	5 días	sáb 16/1/21	jue 21/1/21
34	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x5mm	0.01 días	sáb 16/1/21	sáb 16/1/21
35	BIODIGESTOR	0.5 días	mar 26/1/21	mié 27/1/21
36	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	0.25 días	mié 20/1/21	mié 20/1/21
37	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=50	0.04 días	sáb 23/1/21	sáb 23/1/21
38	RASANTEO DE ZANJAS	0.01 días	jue 21/1/21	jue 21/1/21
39	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MENORES	0.5 días	sáb 23/1/21	dom 24/1/21
40	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	7 días	sáb 16/1/21	sáb 23/1/21
41	FIN DE FASE	0 días	mié 27/1/21	mié 27/1/21
42	**TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 1**	**12 días**	**lun 11/1/21**	**mié 27/1/21**
43	INICIO DE FASE	0 días	lun 11/1/21	lun 11/1/21
44	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	0.53 días	mar 12/1/21	mar 12/1/21
45	DESBROCE Y LIMPIEZA	2.17 días	mar 12/1/21	jue 14/1/21
46	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	1.39 días	jue 14/1/21	sáb 16/1/21
47	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	0.68 días	jue 14/1/21	vie 15/1/21
48	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	0.55 días	vie 22/1/21	vie 22/1/21
49	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	0.55 días	sáb 16/1/21	sáb 16/1/21
50	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	0.34 días	sáb 16/1/21	sáb 16/1/21
51	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE	0.35 días	sáb 16/1/21	sáb 16/1/21
52	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	0.35 días	sáb 16/1/21	dom 17/1/21
53	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	0.13 días	vie 22/1/21	vie 22/1/21
54	VEGETACIÓN NO INCLUYE TRANSPORTE	0.56 días	jue 21/1/21	jue 21/1/21
55	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	5 días	lun 18/1/21	vie 22/1/21
56	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	5 días	sáb 23/1/21	mié 27/1/21
57	TRANSPORTE DE VEGETACIÓ	0.06 días	mié 20/1/21	mié 20/1/21
58	FIN DE FASE	0 días	mié 27/1/21	mié 27/1/21
59	**TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 2**	**18.68 días**	**lun 11/1/21**	**jue 4/2/21**
60	INICIO DE FASE	0 días	lun 11/1/21	lun 11/1/21
61	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	0.44 días	lun 11/1/21	lun 11/1/21
62	DESBROCE Y LIMPIEZA	2.17 días	lun 11/1/21	mié 13/1/21
63	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	2.23 días	mié 13/1/21	vie 15/1/21



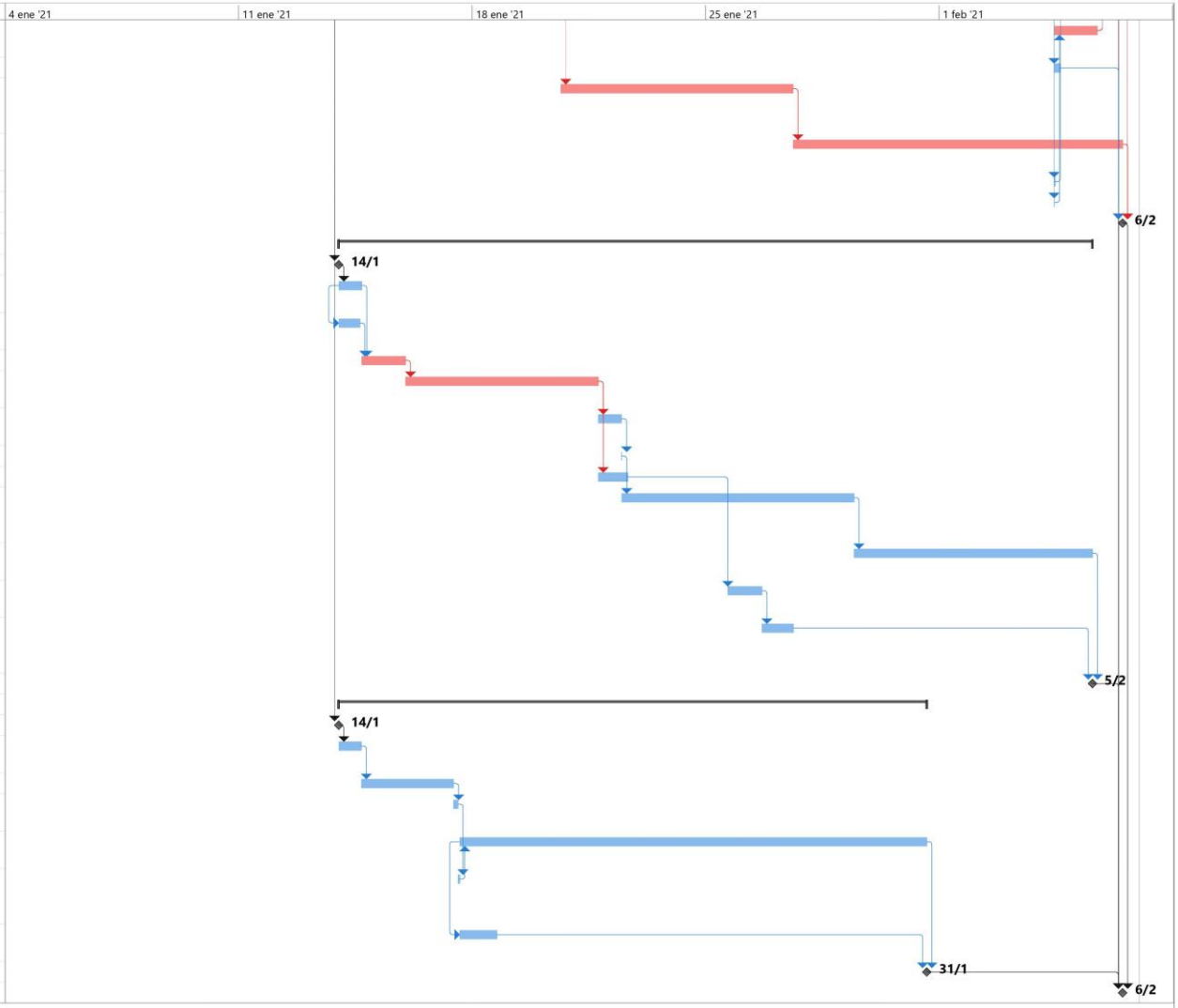
Tarea
División
Hito
Resumen
Resumen del proyecto
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Tarea manual
solo duración
Informe de resumen manual
Resumen manual
solo el comienzo
solo fin
Tareas externas
Hito externo
Fecha límite
Tareas críticas
División crítica
Progreso
Progreso manual

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
64	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	0.52 días	vie 15/1/21	sáb 16/1/21
65	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	0.5 días	vie 22/1/21	sáb 23/1/21
66	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	0.77 días	vie 15/1/21	sáb 16/1/21
67	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	0.35 días	vie 15/1/21	sáb 16/1/21
68	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE	0.36 días	sáb 16/1/21	sáb 16/1/21
69	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	0.37 días	sáb 16/1/21	sáb 16/1/21
70	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	0.13 días	vie 29/1/21	vie 29/1/21
71	VEGETACIÓN NO INCLUYE TRANSPORTE	0.45 días	vie 29/1/21	sáb 30/1/21
72	SUBBASE CLASE III tendido y conformado	1.67 días	vie 29/1/21	dom 31/1/21
73	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	5 días	sáb 16/1/21	sáb 23/1/21
74	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	8.81 días	sáb 23/1/21	jue 4/2/21
75	TRANSPORTE DE VEGETACIÓ	0.05 días	vie 29/1/21	vie 29/1/21
76	TRANSPORTE DE SUBBASE	0.07 días	vie 29/1/21	vie 29/1/21
77	FIN DE FASE	0 días	jue 4/2/21	jue 4/2/21
78	**TRATAMIENTO SECUNDARIO-LAGUNA No. 3**	**16.88 días**	**jue 14/1/21**	**sáb 6/2/21**
79	INICIO DE FASE	0 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
80	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	0.42 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
81	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	0.01 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
82	DESBROCE Y LIMPIEZA	1.75 días	jue 14/1/21	sáb 16/1/21
83	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	1.15 días	jue 21/1/21	vie 22/1/21
84	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	0.1 días	vie 22/1/21	vie 22/1/21
85	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	0.5 días	mar 19/1/21	mié 20/1/21
86	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	0.41 días	mié 20/1/21	mié 20/1/21
87	CONFORMACIÓN DE TALUDES A MANO	0.46 días	mié 20/1/21	mié 20/1/21
88	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	0.34 días	mié 20/1/21	mié 20/1/21
89	RASANTEO DE ZANJAS	0.01 días	vie 22/1/21	vie 22/1/21
90	INSTALACIÓN Y SUMINISTRO DE	0.5 días	mié 20/1/21	jue 21/1/21
91	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN Y DRENAJE DI=110 mm	3.05 días	vie 22/1/21	lun 25/1/21
92	TUBERÍA MUESTREADORA Di= 110 mm	0.19 días	vie 5/2/21	sáb 6/2/21
93	TUBERÍA DE VENTILACIÓN Di= 110 mm	0.64 días	vie 5/2/21	sáb 6/2/21
94	VEGETACIÓN NO INCLUYE TRANSPORTE	0.5 días	jue 4/2/21	jue 4/2/21



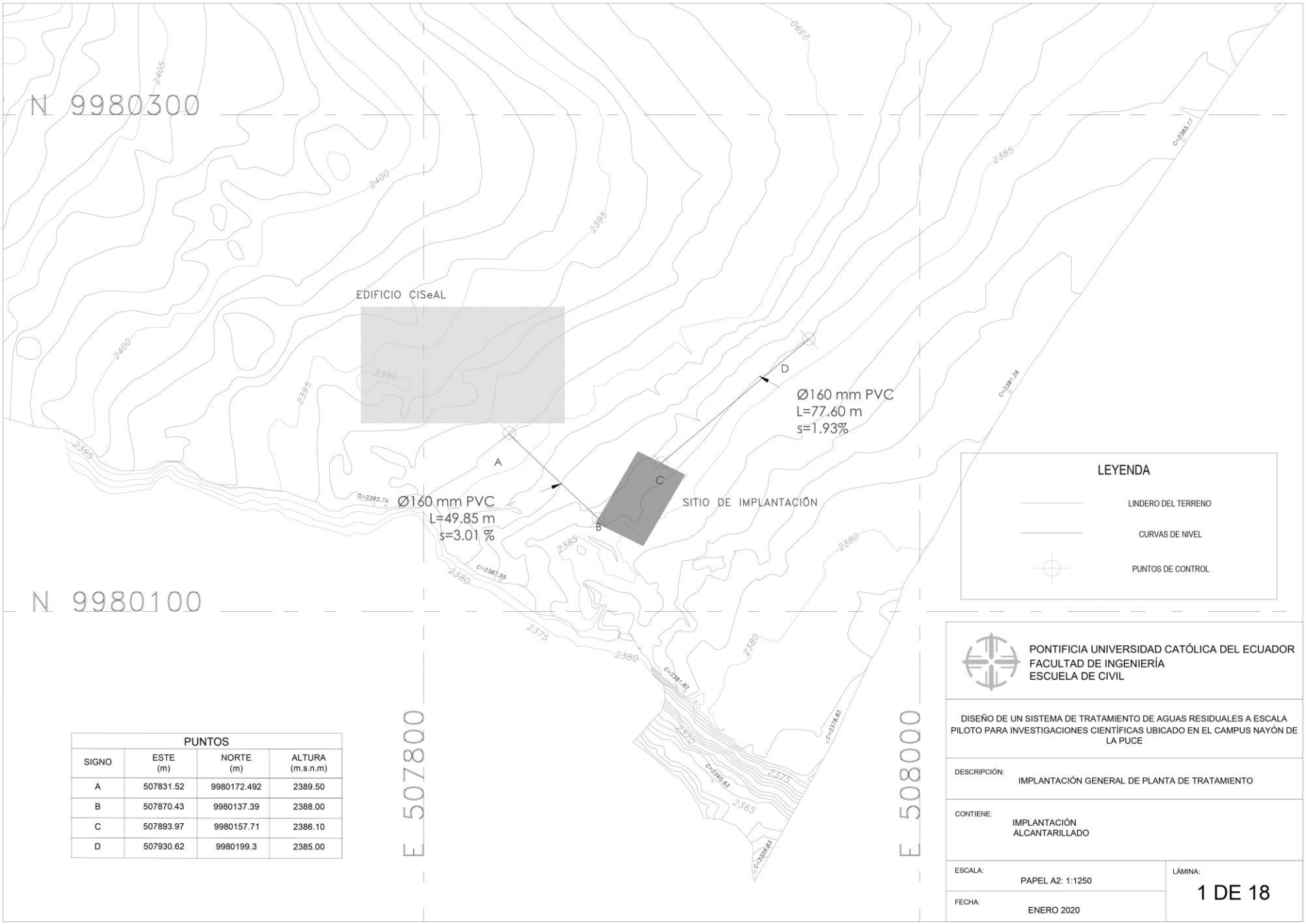
Tarea
División
Hito
Resumen
Resumen del proyecto
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Tarea manual
solo duración
Informe de resumen manual
Resumen manual
solo el comienzo
solo fin
Tareas externas
Hito externo
Fecha límite
Tareas críticas
División crítica
Progreso
Progreso manual

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
95	SUBBASE CLASE III tendido y conformado	1.6 días	jue 4/2/21	vie 5/2/21
96	TURBA INCLUYE TRANSPORT	0.32 días	jue 4/2/21	jue 4/2/21
97	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	4.88 días	mié 20/1/21	mié 27/1/21
98	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	7.28 días	mié 27/1/21	sáb 6/2/21
99	TRANSPORTE DE VEGETACIÓ	0.11 días	jue 4/2/21	jue 4/2/21
100	TRANSPORTE DE SUBBASE	0.03 días	jue 4/2/21	jue 4/2/21
101	FIN DE FASE	0 días	sáb 6/2/21	sáb 6/2/21
102	**TUBERÍAS DE CONEXIÓN**	**16.54 días**	**jue 14/1/21**	**vie 5/2/21**
103	INICIO DE FASE	0 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
104	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	0.7 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
105	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE EJES	0.53 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
106	DESBROCE Y LIMPIEZA	1.39 días	jue 14/1/21	sáb 16/1/21
107	EXCAVACIÓN DE ZANJA A MANO H=0-2.5 m	5.87 días	sáb 16/1/21	jue 21/1/21
108	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	0.35 días	jue 21/1/21	vie 22/1/21
109	RESANTEO DE ESTRUCTURAS	0.02 días	vie 22/1/21	vie 22/1/21
110	RASANTEO DE ZANJAS	0.66 días	jue 21/1/21	vie 22/1/21
111	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c=180kg/cm2 e=7.5 cm	4.88 días	vie 22/1/21	vie 29/1/21
112	CAJAS DE REVISIÓN h=0.6x0.6x0.6	5.33 días	vie 29/1/21	vie 5/2/21
113	TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DI=110	1.06 días	lun 25/1/21	mar 26/1/21
114	RELLENO COMPACTADO DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS MENORES	0.84 días	mar 26/1/21	mié 27/1/21
115	FIN DE FASE	0 días	vie 5/2/21	vie 5/2/21
116	**SECADO DE LODOS**	**11.88 días**	**jue 14/1/21**	**dom 31/1/21**
117	INICIO DE FASE	0 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
118	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	0.65 días	jue 14/1/21	jue 14/1/21
119	DESBROCE Y LIMPIEZA	2.68 días	jue 14/1/21	dom 17/1/21
120	EXCAVACIÓN A MÁQUINA H=0-2.5 m	0.4 días	dom 17/1/21	dom 17/1/21
121	HORMIGÓN SIMPLE f'c=210 kg/cm2	10 días	dom 17/1/21	dom 31/1/21
122	RELLENO SUBBASE CLASE III tendido, conformado y compactada	0.16 días	dom 17/1/21	dom 17/1/21
123	MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x5mm	0.96 días	dom 17/1/21	lun 18/1/21
124	FIN DE FASE	0 días	dom 31/1/21	dom 31/1/21
125	FIN	0 días?	sáb 6/2/21	sáb 6/2/21





Anexo No. 19 - Planos



PUNTOS			
SIGNO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA (m.s.n.m)
A	507831.52	9980172.492	2389.50
B	507870.43	9980137.39	2388.00
C	507893.97	9980157.71	2386.10
D	507930.62	9980199.3	2385.00

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

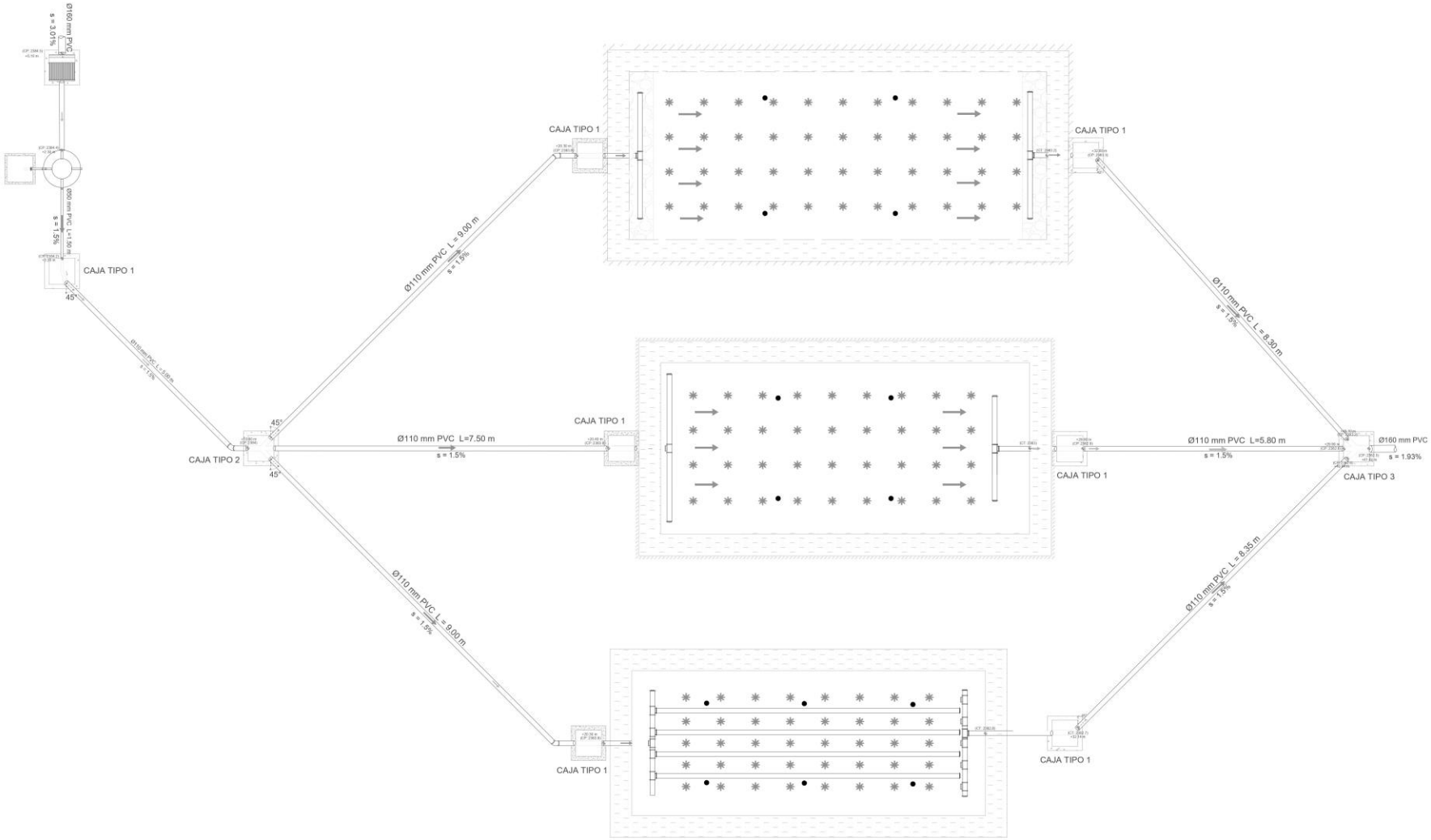
DESCRIPCIÓN: IMPLANTACIÓN GENERAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO

CONTIENE: IMPLANTACIÓN ALCANTARILLADO

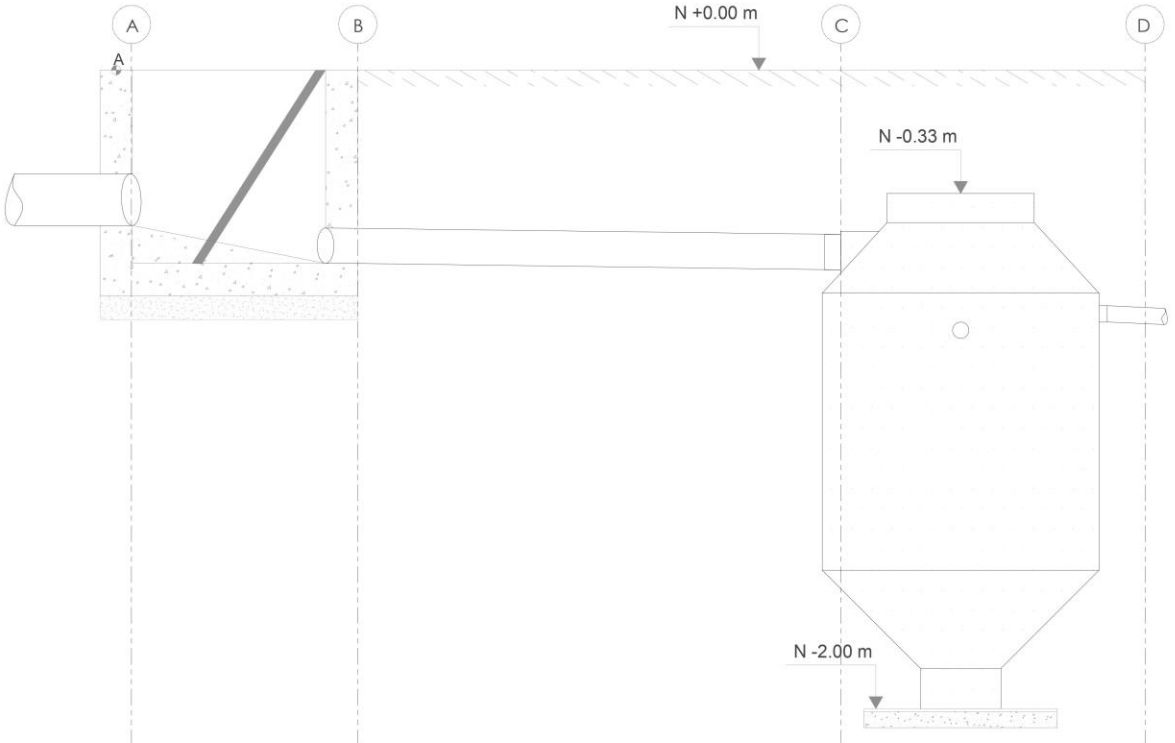
ESCALA: PAPEL A2: 1:1250

FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 1 DE 18



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE CIVIL	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE		
DESCRIPCIÓN: DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PTAR PILOTO		ESCALA: PAPEL A2 - 1:60	LÁMINA: 2 DE 18
CONTIENE: VISTA EN PLANTA		FECHA: ENERO 2020	



CARACTERÍSTICAS					1Ø110 mm L=1.50 m s=1.5%					BIODIGESTOR CAP. 600 L	
COTAS	TERRENO	2386.1	2386		2386	2386	2386	2385.9	2385.9		2385.9
	PROYECTO TUBERÍA	2384.5			2384.4				2384.4		
ABSCISA (m)		+0.10	+0.50		+0.80	+1.20	+1.60	+2.00	+2.30	+3.20	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DESCRIPCIÓN: PERFIL OBRA DE LLEGADA Y TRATAMIENTO PRIMARIO

ESCALA: PAPEL A2 - 1:10

LÁMINA: 3 DE 18

CONTIENE: PERFIL, ABSCISAS, COTAS Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

FECHA: ENERO 2020

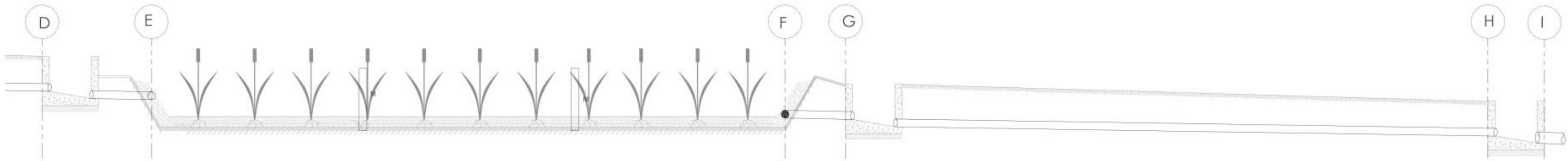
COORDENADAS P. A
9980172.492 m N
507831.521 m E
2385 m.s.n.m



ESCALA 1:35

1Ø110 mm L=1.50 m s=1.5%	CT1	1Ø110 mm L=5.00 m s=1.5%	CT2	1Ø110 mm L=9.00 m s=1.5%	CT1	1Ø110 mm L=0.85 m s=1.5%

COTAS – TERRENO NATURAL	2385.8	2385.8	2385.8	2386	2386	2385.9	2385.9	2385.8	2385.8	2385.8	2385.7	2385.7	2385.7
COTAS – PROYECTO TUBERÍA	2384.2	2384.2	2386			2384	2383.9				2383.8	2383.7	2383.7
ABSCISA (m)	+3.20	+4.70	+5.50	+6.00	+6.50	+10.50	+11.30	+13.30	+15.80	+18.30	+20.30	+21.10	+21.95



ESCALA 1:40

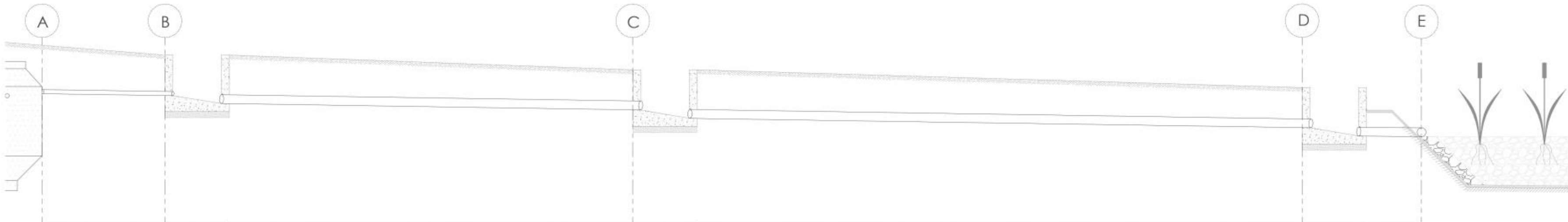
CT1	LAGUNA No. 1 L = 8.98 m H inicial= 0.75 m	1Ø110 mm L=0.85 m s=1.5%	CT1	1Ø110 mm L=8.30 m s=1.5%	CT3

COTAS – TERRENO NATURAL	2385.7	2385.7	2385.8	2385.8	2385.8	2385.8	2385.8	2385.8	2385.7	2385.7	2385.7
COTAS – PROYECTO TUBERÍA	2383.8	2383.7			2383.4	2383.4	2383.5			2383.8	2383.7
ABSCISA (m)	+20.30	+21.95	+24.60	+27.20	+30.94	+31.80	+32.60	+36.10	+39.60	+40.10	+36.50

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

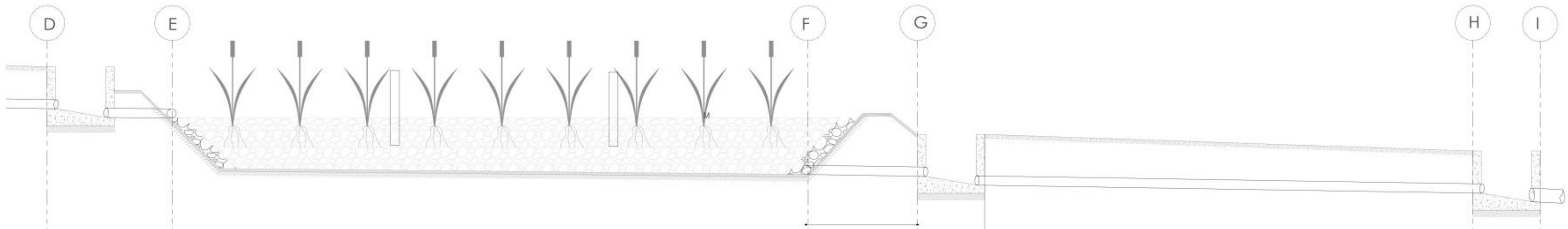
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DESCRIPCIÓN: PERFIL A LAGUNA No. 1	ESCALA: PAPEL A2 - INDICADA	LÁMINA: 4 DE 18
CONTIENE: PERFIL, ABSCISAS, COTAS Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	FECHA: ENERO 2020	



1Ø110 mm L=1.50 m s=1.5%	CT1	1Ø110 mm L=5.00 m s=1.5%	CT2	1Ø110 mm L=7.50 m s=1.5%	CT1	1Ø110 mm L=0.65 m s=1.5%

ABSCISA (m)	COTAS – TERRENO NATURAL	COTAS – PROYECTO TUBERÍA
+3.20	2385.8	2384.2
+4.70	2385.8	2384.2
+5.50	2385.8	2386.0
+6.00	2386	
+6.50	2386	
+10.50	2385.9	2384.0
+11.30	2385.9	2383.9
+13.10	2385.9	
+15.10	2385.9	
+17.00	2385.9	
+18.80	2385.7	2383.8
+19.60	2385.7	2383.7
+20.25	2385.7	2383.7



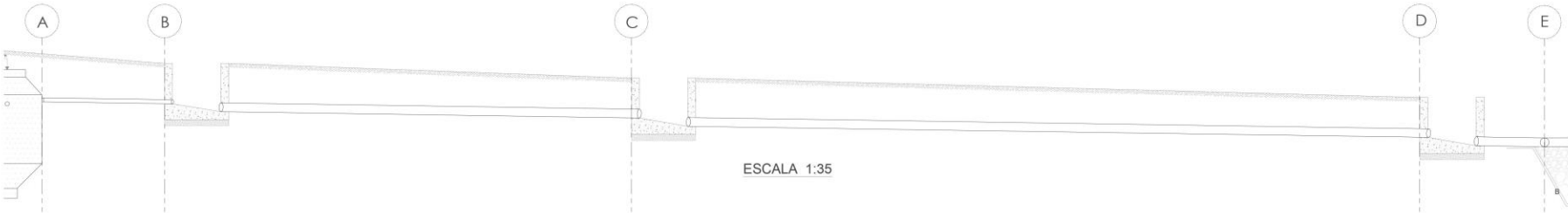
CT1	LAGUNA No. 2 L = 7.30 m H inicial= 0.70 m	1Ø110 mm L=1.30 m s=1.5%	CT1	1Ø110 mm L=5.80 m s=1.5%	CT3

ABSCISA (m)	COTAS – TERRENO NATURAL	COTAS – PROYECTO TUBERÍA
+18.80	2385.7	2383.8
+20.25	2385.8	2383.7
+22.90	2385.8	
+25.50	2385.8	
+27.80	2385.9	2383.0
+29.10	2385.9	2383.0
+29.90	2385.9	2382.9
+32.10	2385.9	
+34.30	2385.8	
+35.70	2385.7	2383.8
+36.50	2385.7	2383.7

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

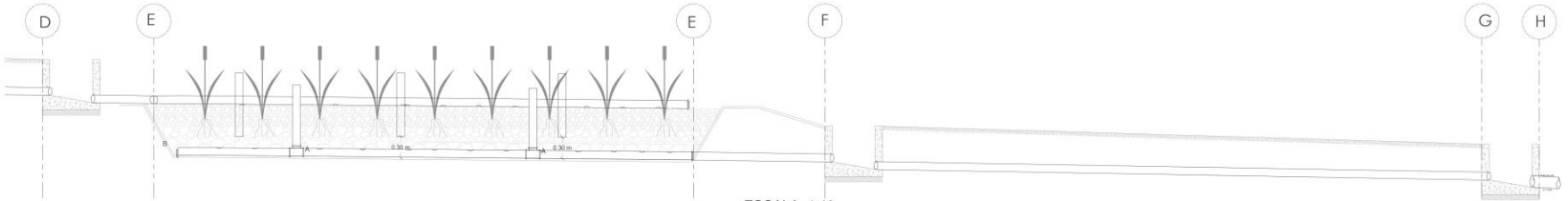
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DESCRIPCIÓN: PERFIL A LAGUNA No. 2	ESCALA: PAPEL A2 - 1:35	LÁMINA: 5 DE 18
CONTIENE: PERFIL, ABSCISAS, COTAS Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	FECHA: ENERO 2020	



ESCALA 1:35

			1Ø110 mm L=1.50 m s=1.5%		CT1		1Ø110 mm L=5.00 m s=1.5%				CT2		1Ø110 mm L=9.00 m s=1.5%					CT1		1Ø110 mm L=0.85 m s=1.5%					
2385.8	COTAS	TERRENO NATURAL	2385.8	2385.8		2386		2386			2385.9	2385.9		2385.7		2385.6		2385.6	2385.6			2385.6				2385.6
2384.2		PROYECTO TUBERÍA	2384.2	2386							2384	2383.9						2383.8	2383.7			2383.7				2383.7
+3.20		ABSCISA (m)	+4.70	+5.50		+6.00		+6.50			+10.50	+11.30		+13.30		+15.80		+18.30	+20.30		+21.10					+21.95

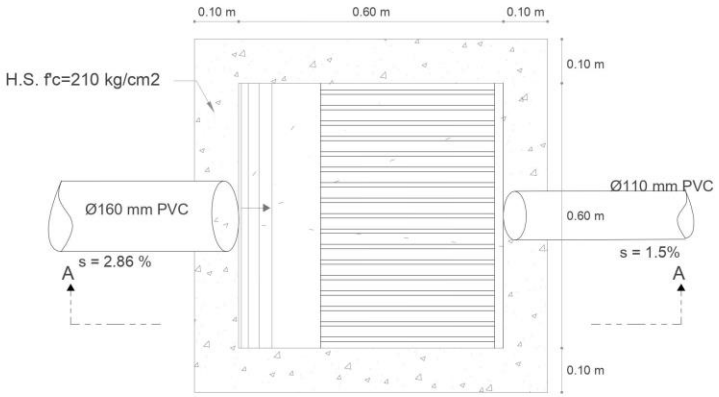


ESCALA 1:40

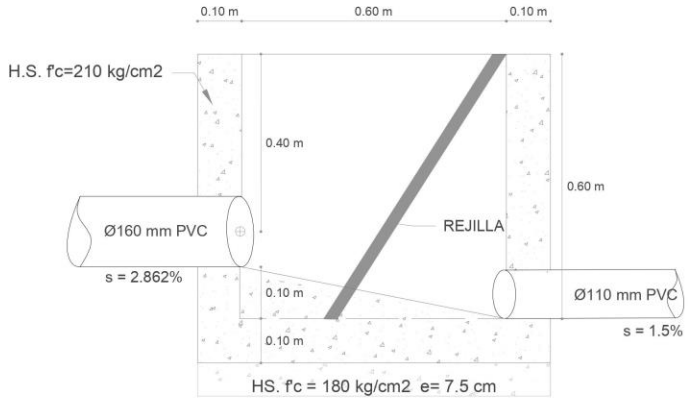
			CT1			LAGUNA No. 3 L = 7.54 m H inicial= 0.70 m						1Ø110 mm L=1.85 m s=1.5%		CT1				1Ø110 mm L=8.35 m s=1.5%						CT3		
2385.7	COTAS	TERRENO NATURAL	2385.3		2385.4		2385.4		2385.4		2385.4		2385.4	2385.4		2385.6		2385.6	2385.6			2385.6				2385.6
2383.8		PROYECTO TUBERÍA	2383.7						2382.9		2382.8		2382.7						2382.6			2382.5				
+20.30		ABSCISA (m)	+21.95		+23.94		+27.23		+29.49		+31.34		+32.14			+35.04		+37.95	+40.64			+41.44				

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE CIVIL	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE	
DESCRIPCIÓN: PERFIL TRATAMIENTO PRIMARIO A LAGUNA No. 1 Y 2	ESCALA: PAPEL A2 - INDICADA	LÁMINA: 6 DE 18
CONTIENE: PERFIL, ABSCISAS, COTAS Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	FECHA: ENERO 2020	

OBRA DE LLEGADA Y TRATAMIENTO PRELIMINAR



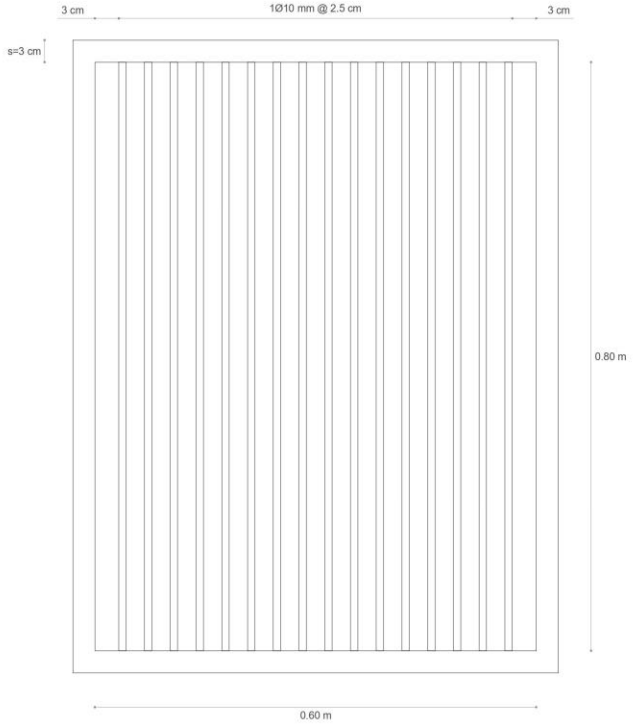
VISTA EN PLANTA



CORTE A-A

ESCALA 1:10

H



DETALLE REJILLA

ESCALA 1:6

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DESCRIPCIÓN: OBRA DE LLEGADA, MUESTREO Y TRATAMIENTO PRELIMINAR

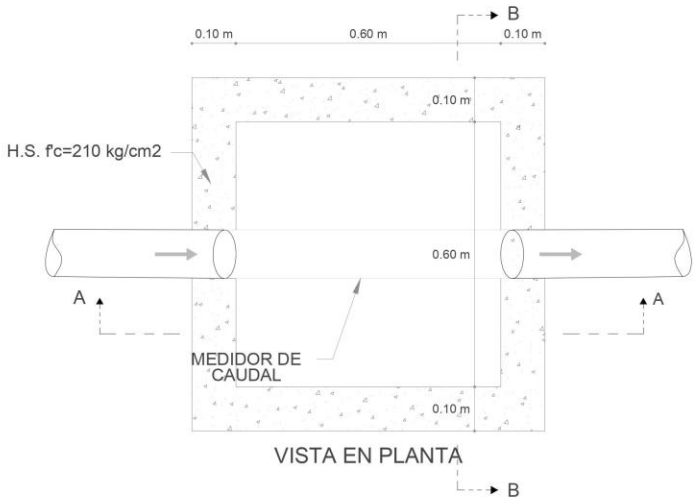
CONTIENE: OBRA DE LLEGADA
TRATAMIENTO PRELIMINAR: REJILLA

ESCALA: PAPEL A3: INDICADA

FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 7 DE 18

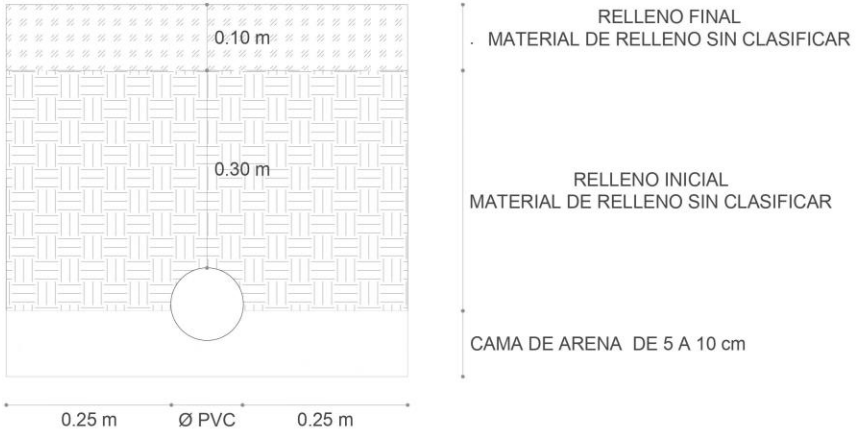
CAJA DE REVISIÓN

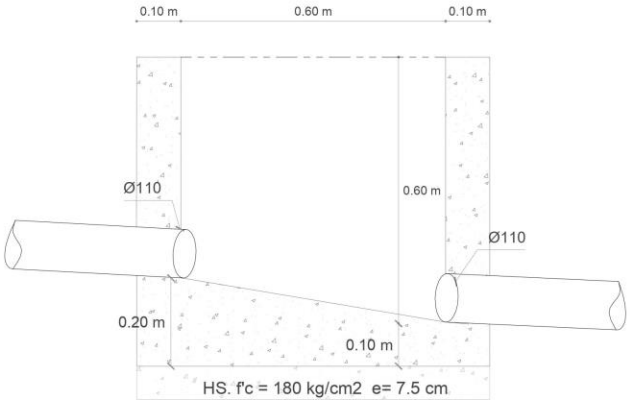


VISTA EN PLANTA

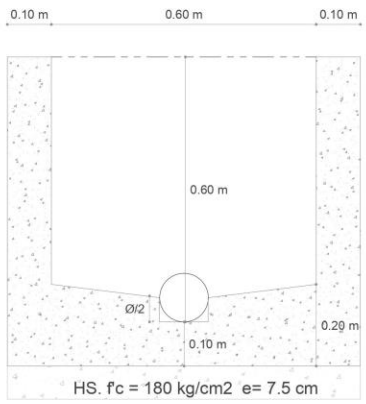
DISPOCISIÓN DE TUBERÍA DE CONEXIÓN ENTRE TRATAMIENTOS

DIMENSIONES MÍNIMAS





CORTE A-A



CORTE B-B

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DESCRIPCIÓN: CAJA DE REVISIÓN

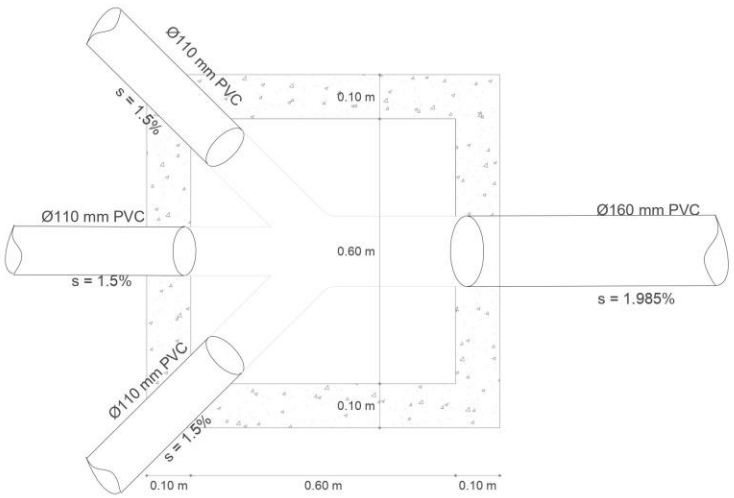
CONTIENE: VISTA EN PLANTA
CORTES

ESCALA: PAPEL A3 - 1:10

FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 8 DE 18

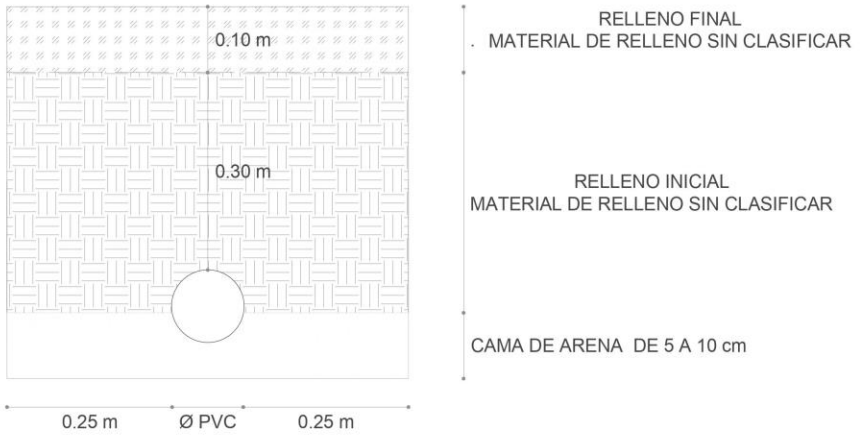
CAJA ESPECIAL TIPO 2



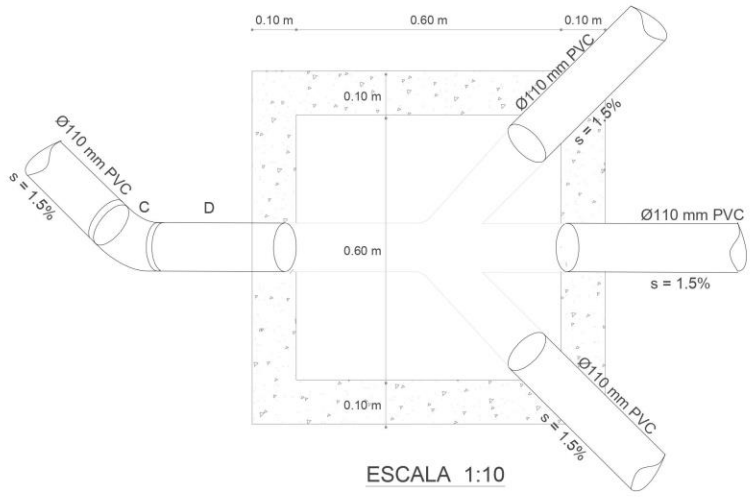
ESCALA 1:10

DISPOCISIÓN DE TUBERÍA DE CONEXIÓN ENTRE TRATAMIENTOS

DIMENSIONES MÍNIMAS



CAJA ESPECIAL TIPO 3



ESCALA 1:10

LISTA DE ACCESORIOS				
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
C	110	3		CODO 45° PVC
D	110	3	0.20	TUBERÍA CORTA Ø110 mm PVC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DESCRIPCIÓN: CAJAS ESPECIALES Y DISPOSICIÓN DE TUBERÍA Ø110 mm

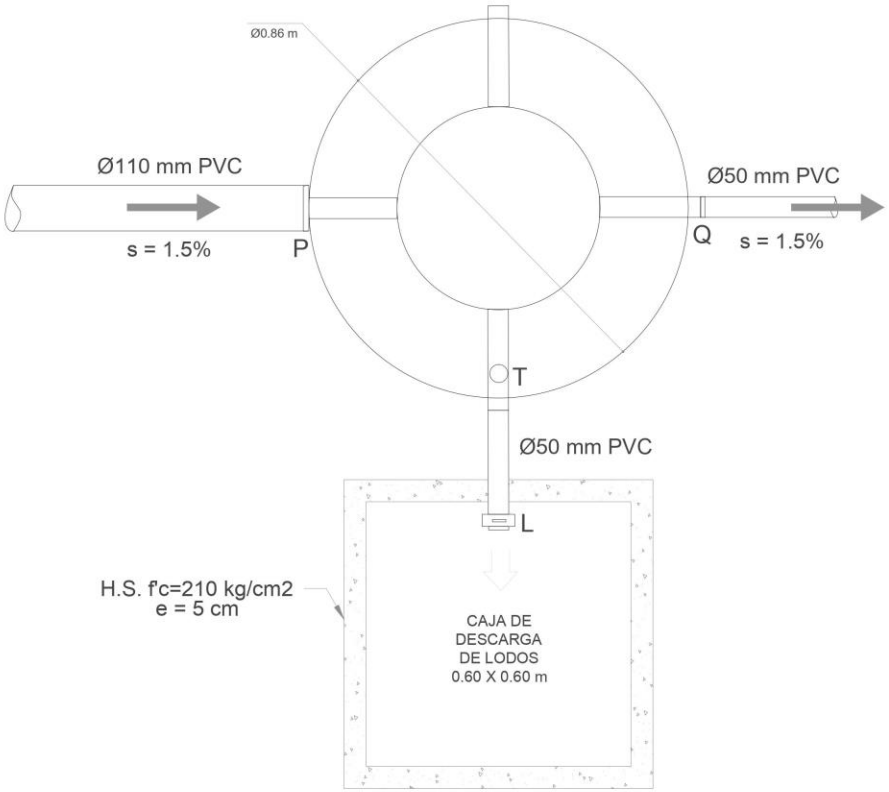
CONTIENE: CAJA ESPECIAL TIPO 2 Y 3
DISPOSICIÓN DE TUBERÍA DE CONEXIÓN ENTRE TRATAMIENTOS

ESCALA: PAPEL A3: INDICADA

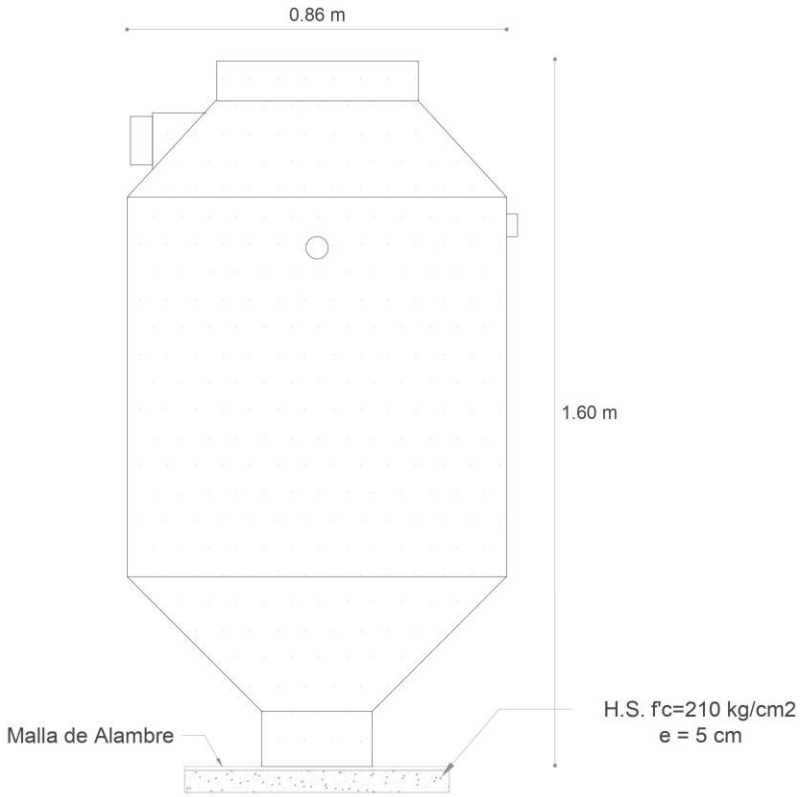
FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 9 DE 18

PLANTA BIODIGESTOR



ELEVACIÓN BIODIGESTOR



LISTA DE ACCESORIOS				
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
P	110	1		UNIÓN PEGANTE
Q	50	1		UNIÓN PEGANTE
L	110	1		LLAVE MARIPOSA
T	110	1		TAP+ON DE REJILLA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

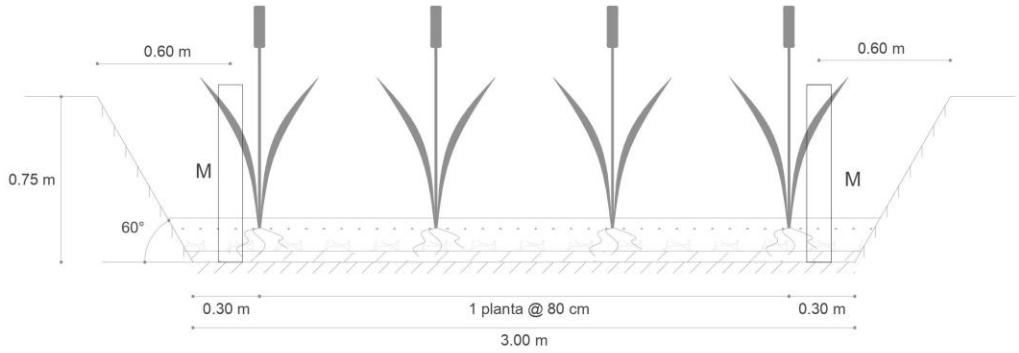
DESCRIPCIÓN: TRATAMIENTO PRIMARIO

CONTIENE: TRATAMIENTO PRIMARIO
BIODIGESTOR EN ELEVACIÓN Y CORTE

ESCALA: PAPEL A3 - 1:10

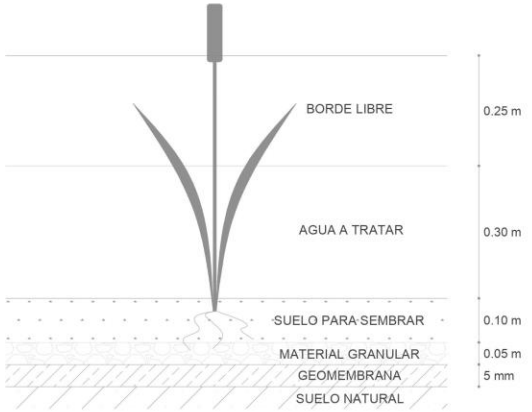
FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 10 DE 18



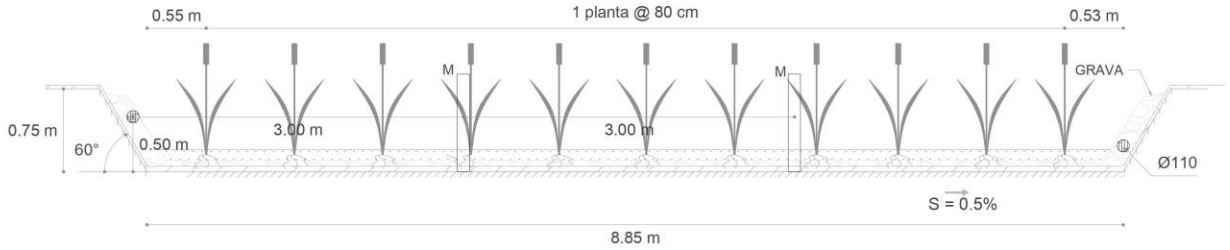
CORTE TRANSVERSAL FWS

ESCALA 1:20



DISPOSICIÓN HUMEDAL FWS

ESCALA 1:10



CORTE LONGITUDINAL FWS

ESCALA 1:40

LISTA DE ACCESORIOS			
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
M	110	4	MUESTREADOR TUBERÍA PVC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

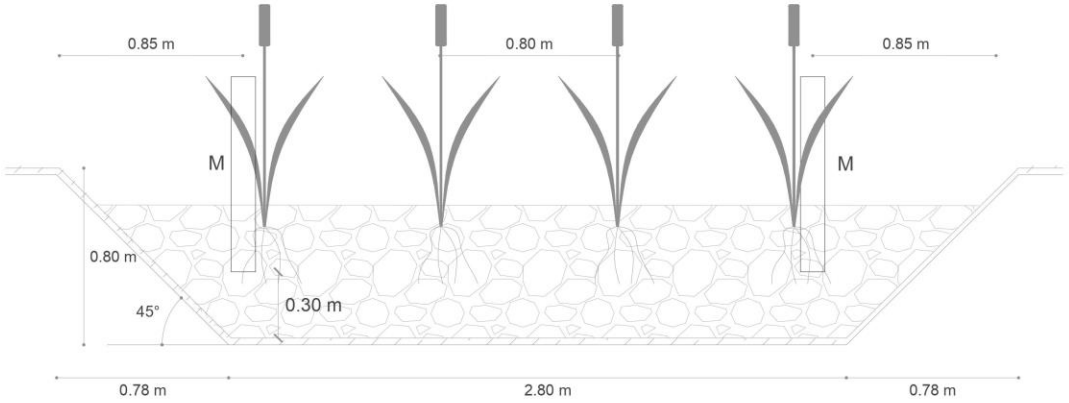
DESCRIPCIÓN: HUMEDAL DE FLUJO SUPERFICIAL (FWS)

CONTIENE:
DISPOSICIÓN
CORTE TRANSVERSAL
CORTE LONGITUDINAL

ESCALA: PAPEL A3: INDICADA

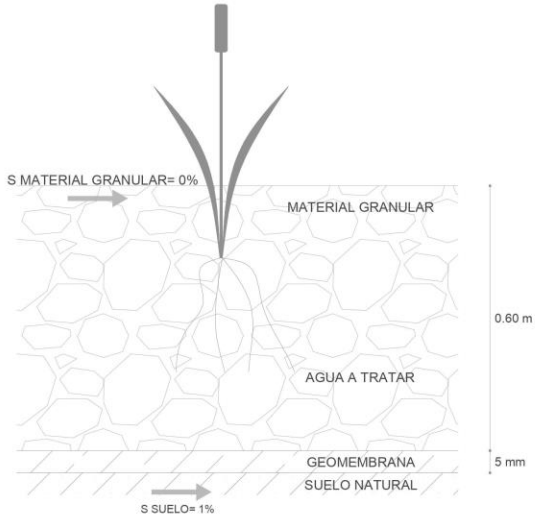
FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 11 DE 18



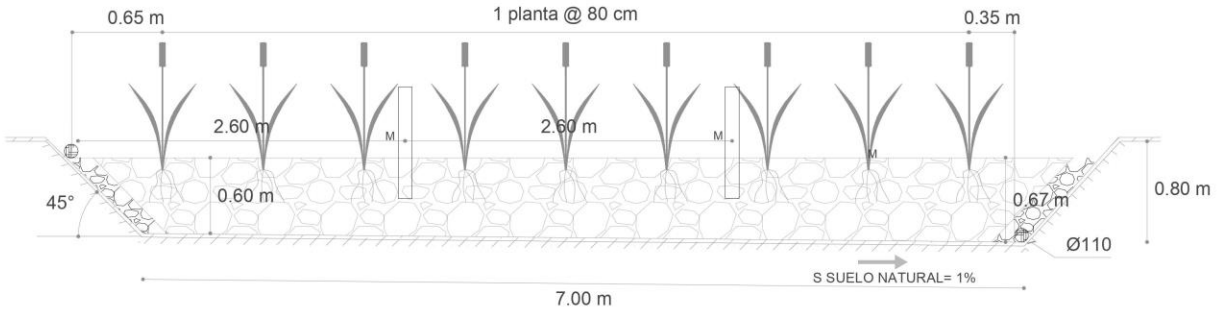
CORTE TRANSVERSAL SSF H

ESCALA 1:20



DISPOSICIÓN HUMEDAL SSF H

ESCALA 1:10



CORTE LONGITUDINAL SSF H

ESCALA 1:35

LISTA DE ACCESORIOS			
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
M	110	4	MUESTREADOR TUBERÍA PVC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

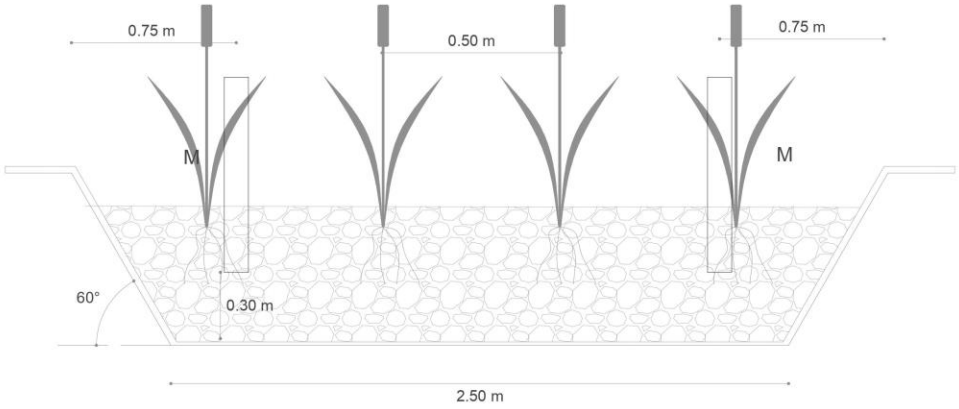
DESCRIPCIÓN: HUMEDAL DE FLUJO SUB-SUPERFICIAL HORIZONTAL (SSF H)

CONTIENE:
DISPOSICIÓN
CORTE TRANSVERSAL
CORTE LONGITUDINAL

ESCALA: INDICADA

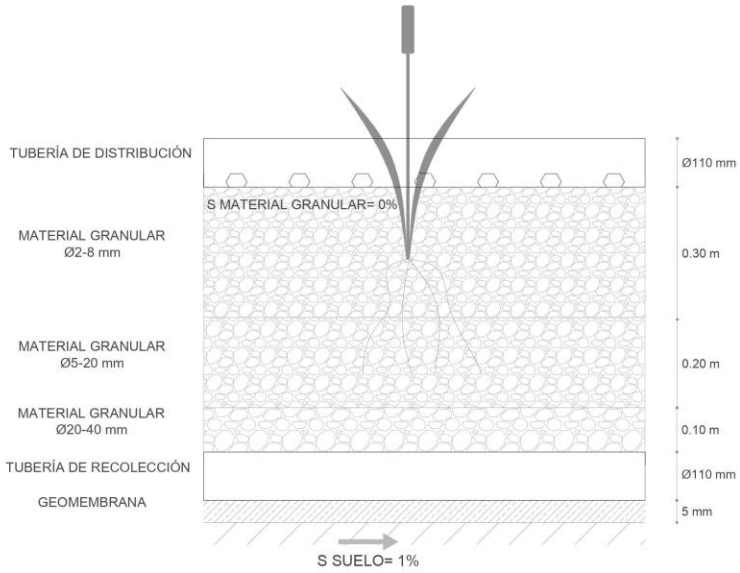
FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 12 DE 18



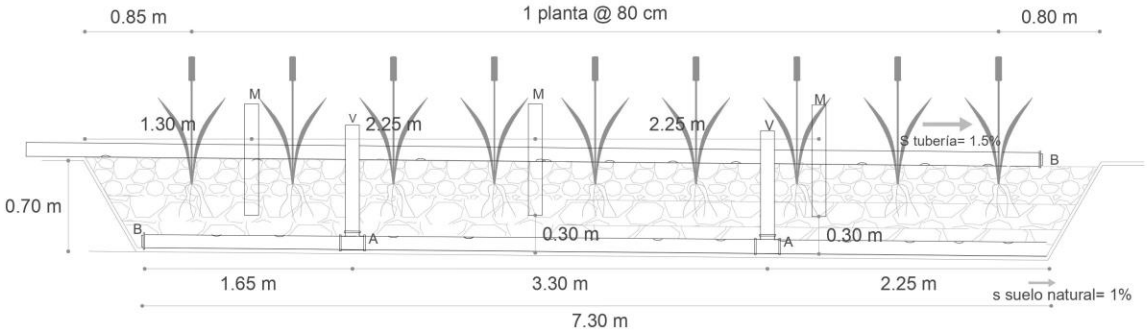
CORTE TRANSVERSAL SSF V

ESCALA 1:20



DISPOSICIÓN HUMEDAL SSF V

ESCALA 1:10



CORTE LONGITUDINAL SSF V

ESCALA 1:35

LISTA DE ACCESORIOS				
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
V	110	10	0.80	MUESTREADOR TUBERÍA PVC
A	110	10		UNIÓN TEE PVC
B	110	9		TAPÓN PVC
M	110	6	0.80	MUESTREADOR TUBERÍA PVC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

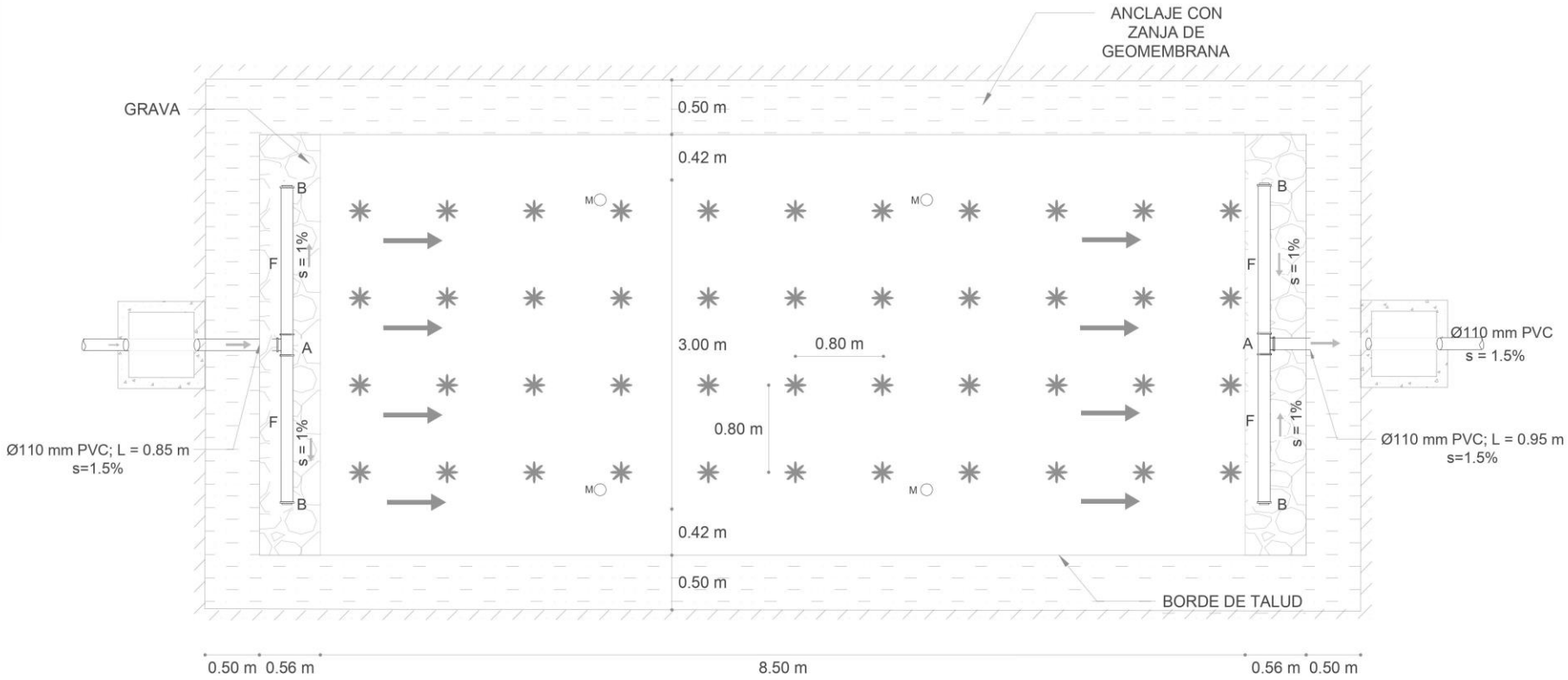
DESCRIPCIÓN: HUMEDAL DE FLUJO SUPERFICIAL (FWS)

CONTIENE:
DISPOSICIÓN
CORTE TRANSVERSAL
CORTE LONGITUDINAL

ESCALA: PAPEL A3: INDICADA

LÁMINA: 13 DE 18

FECHA: ENERO 2020

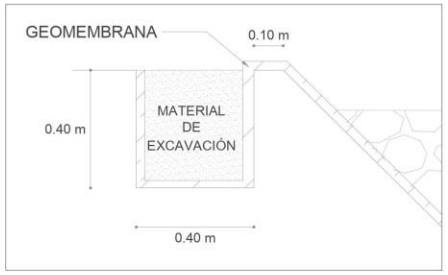


VISTA EN PLANTA FWS

ESCALA 1:35

LISTA DE ACCESORIOS				
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
M	110	4	0.80	MUESTREADOR TUBERÍA PVC
A	110	2		UNIÓN TEE PVC
B	110	4		TAPÓN PVC
F	110	4	1.50	TUBERÍA PVC PERFORADA

DETALLE DEL ANCLAJE DE GEOMEMBRANA



ESCALA 1:15

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

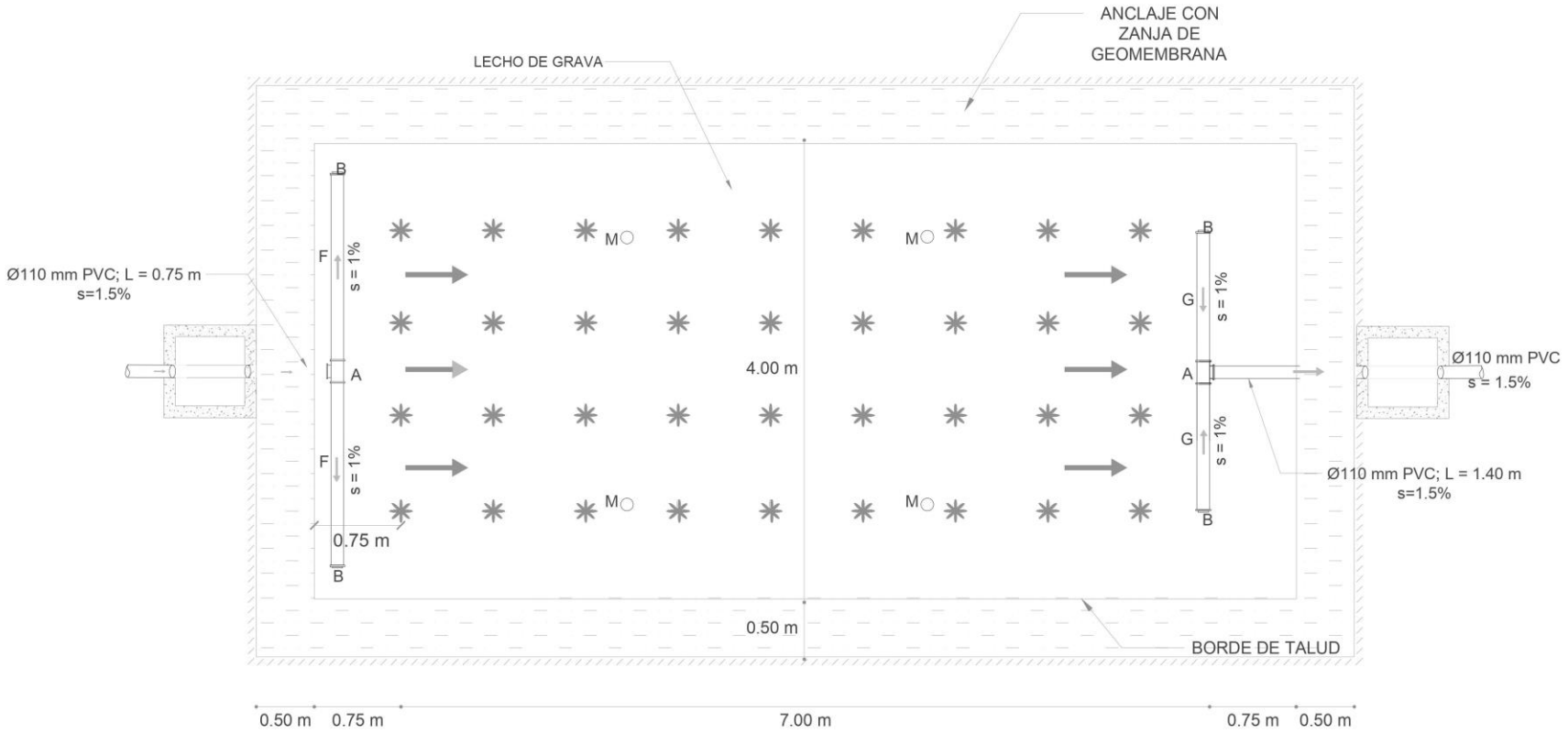
DESCRIPCIÓN: HUMEDAL DE FLUJO SUPERFICIAL

ESCALA: PAPEL A3 - INDICADA

LÁMINA: 14 DE 18

CONTIENE: VISTA EN PLANTA

FECHA: ENERO 2020

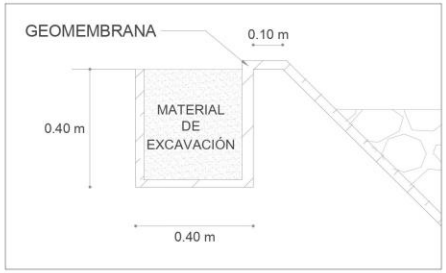


VISTA EN PLANTA SSF H

ESCALA 1:35

LISTA DE ACCESORIOS				
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
M	110	4	0.80	MUESTREADOR TUBERÍA PVC
A	110	2		UNIÓN TEE PVC
B	110	4		TAPÓN PVC
F	110	2	1.70	TUBERÍA PVC PERFORADA
G	110	2	1.25	TUBERÍA PVC PERFORADA

DETALLE DEL ANCLAJE DE GEOMEMBRANA



ESCALA 1:15

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

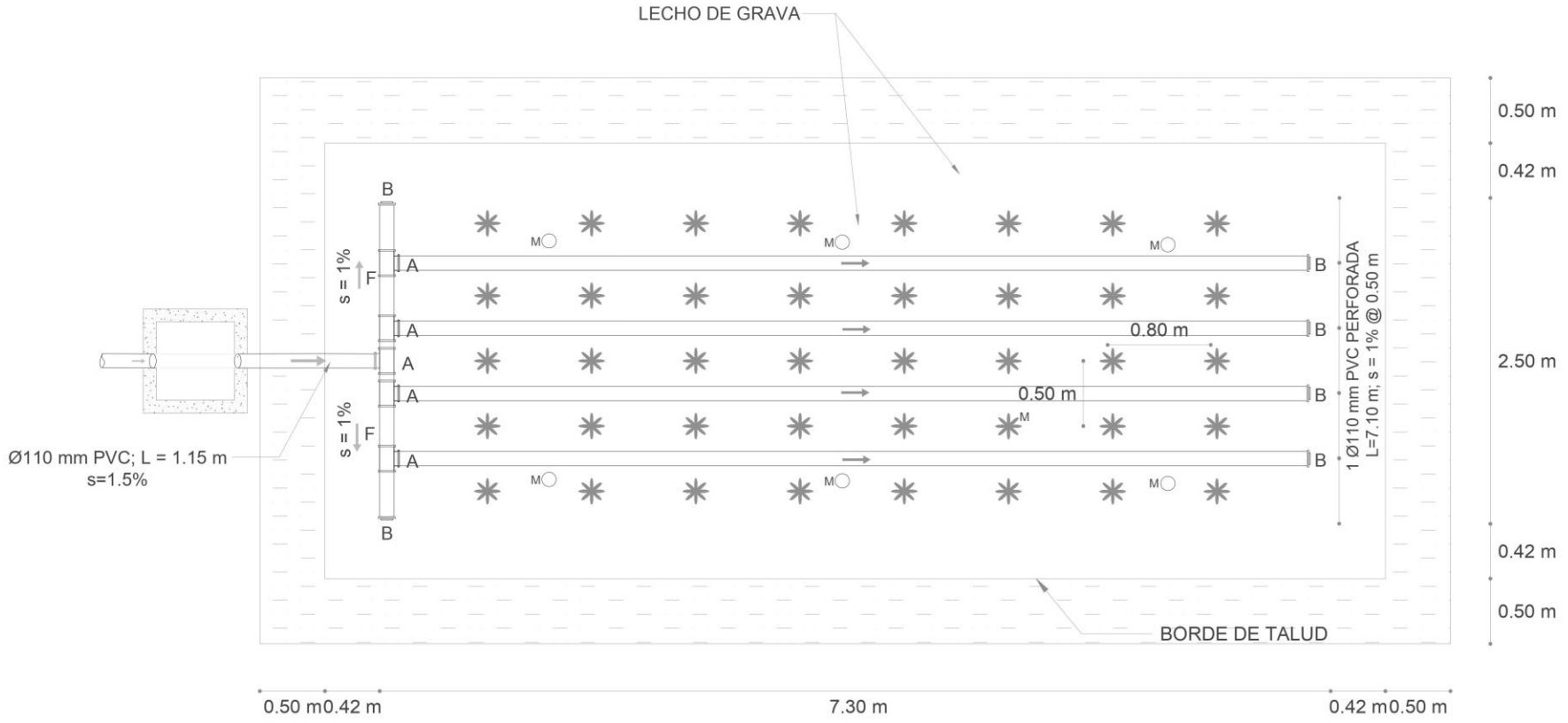
DESCRIPCIÓN: HUMEDAL DE FLUJO SUB SUPERFICIAL (FLUJO HORIZONTAL)

ESCALA: PAPEL A3 - INDICADA

LÁMINA: 15 DE 18

CONTIENE: VISTA EN PLANTA

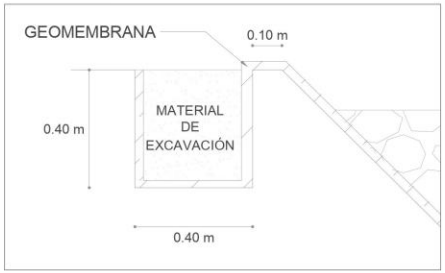
FECHA: ENERO 2020



VISTA EN PLANTA SSF V
N +0.00
ESCALA 1:30

LISTA DE ACCESORIOS				
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
M	110	6	0.80	MUESTREADOR TUBERÍA PVC
A	110	4		UNIÓN TEE PVC
B	110	6		TAPÓN PVC
F	110	2	1.20	TUBERÍA PVC

DETALLE DEL ANCLAJE DE GEOMEMBRANA



ESCALA 1:15

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

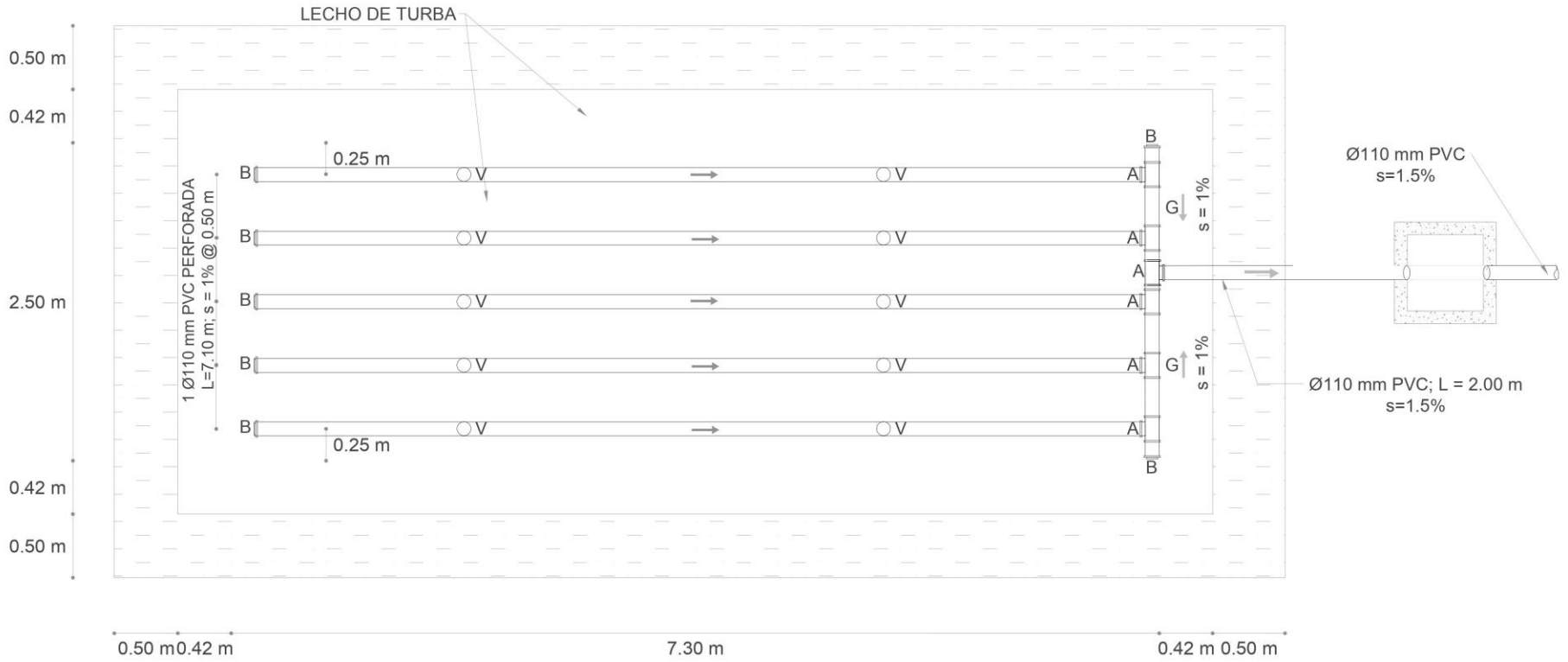
DESCRIPCIÓN: HUMEDAL DE FLUJO SUB SUPERFICIAL (FLUJO VERTICAL)

CONTIENE: VISTA EN PLANTA
NIVEL DE AGUAS 0+000

ESCALA: PAPEL A3 - INDICADA

FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 16 DE 18



VISTA EN PLANTA SSF V
N-0.70 m
ESCALA 1:30

LISTA DE ACCESORIOS				
SIGNO	Ø (mm)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
V	110	10	0.80	MUESTREADOR TUBERÍA PVC
A	110	5		UNIÓN TEE PVC
B	110	7		TAPÓN PVC
G	110	2	1.45	TUBERÍA PVC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DESCRIPCIÓN: HUMEDAL DE FLUJO SUB SUPERFICIAL (FLUJO VERTICAL)

ESCALA: PAPEL A3 - INDICADA

LÁMINA: 17 DE 18

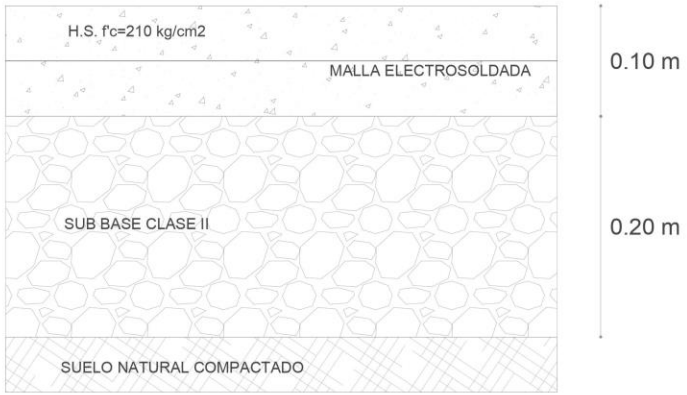
CONTIENE: VISTA EN PLANTA
NIVEL DE AGUAS -0.70 m

FECHA: ENERO 2020



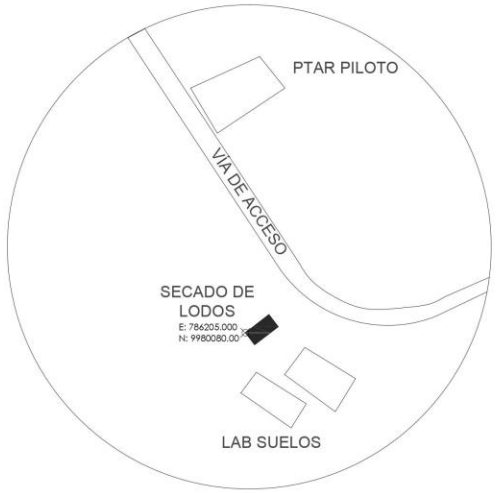
VISTA EN PLANTA SSF V

ESCALA 1:50



CORTE A-A

ESCALA 1:4



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS UBICADO EN EL CAMPUS NAYÓN DE LA PUCE

DESCRIPCIÓN: SECADO DE LODOS

CONTIENE: VISTA EN PLANTA Y CORTE DE LA PLATAFORMA PARA EL SECADO DE LODOS

ESCALA: PAPEL A3 - 1:10

FECHA: ENERO 2020

LÁMINA: 18 DE 18